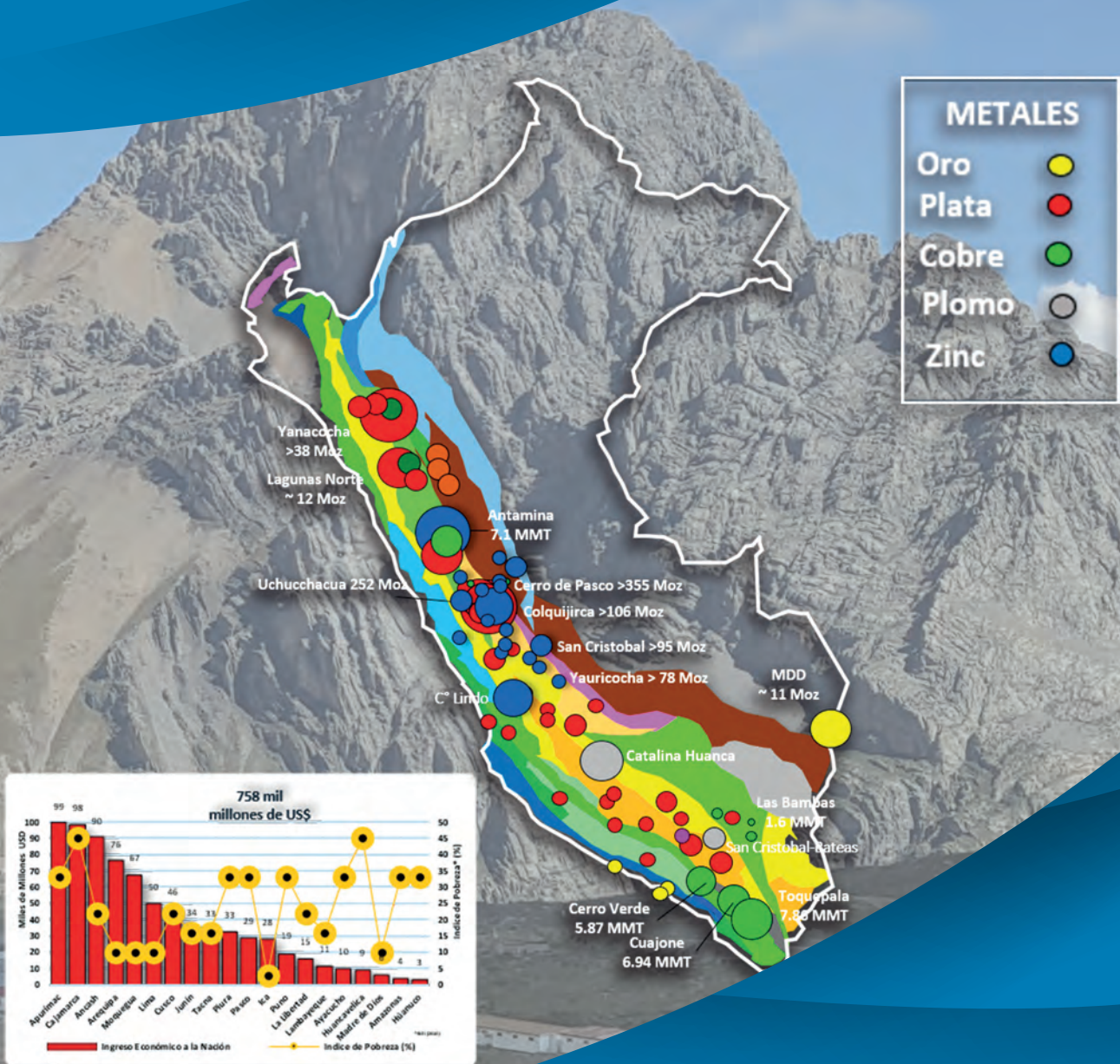


INGEMMET, Boletín Serie B: Geología Económica
N° 86

Compendio minería y yacimientos minerales del Perú



Lima, Perú
2023

Italo Rodríguez Morante
 Jorge Acosta Ale
 Pedro Tumialán De la Cruz
 Thierry P. A. Sempere
 †Carlos Bustamante Baldeón

Dina Huanacuni Mamani
 Eder Villarreal Jaramillo
 Gerardo Trelles Vásquez
 Jhonny Torre Antay



**INGEMMET, Boletín Serie B: Geología Económica
N° 86**

Compendio minería y yacimientos minerales del Perú

Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

Italo Rodríguez Morante

Jorge Acosta Ale

Pedro Tumialán De la Cruz

Thierry P. A. Sempere

† Carlos Bustamante Baldeón

Dina Huanacuni Mamani

Eder Villarreal Jaramillo

Gerardo Trelles Vásquez

Jhonny Torre Antay

**Lima, Perú
2023**

Compendio minería y yacimientos minerales del Perú
INGEMMET, Boletín Serie B: Geología Económica
N° 86

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2023-08942
ISBN: 978-612-47898-5-4

Autores:

Italo Rodríguez Morante

Jorge Acosta Ale

Pedro Tumialán De la Cruz

Thierry P. A. Sempere

† Carlos Bustamante Baldeón

Dina Huanacuni Mamani

Eder Villarreal Jaramillo

Gerardo Trelles Vásquez

Jhonny Torre Antay

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú
Primera edición digital, octubre de 2023

© **INGEMMET**

Presidente Ejecutivo: Henry Luna Córdova.

Gerente General: Esteban Mario Bertarelli Bustamante.

Comité Editor: William Martínez Valladares, Carlos Miranda Vargas.

Dirección encargada del estudio

Dirección de Recursos Minerales y Energéticos: William Martínez Valladares.

Unidad encargada de edición

Unidad de Relaciones Institucionales: Carlos Miranda Vargas.

Revisión Técnica: Jorge Acosta Ale.

Revisor Externo: Luis Chirif Rivera.

Corrección gramatical y de estilo: Nelly Córdova Núñez.

Diagramación: Erick Rodríguez Zelada.

Fotografía de la carátula: La carátula presenta el mapa metalogenético del Perú sobre el fondo de la mina Iscaycruz y un diagrama del Ingreso Económico a la Nación vs Índice de Pobreza (%).

Referencia bibliográfica

Rodríguez, I.; Acosta, J.; Tumialán, P.; Sempere, T.; Bustamante, C.; Huanacuni, D.; Villarreal, E.; Trelles, G. & Torre, J. (2023) - Compendio minería y yacimientos minerales del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica, 86, 489 p.*

Publicación disponible en libre acceso en el Repositorio Institucional del INGEMMET. La utilización, traducción y creación de obras derivadas de la presente publicación están autorizadas, a condición de que se cite la fuente original ya sea contenida en medio impreso o digital y no se haga uso con propósitos comerciales <https://repositorio.ingemmet.gob.pe>.

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Contenido

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I.....	13
HISTORIA DE LA MINERÍA EN EL PERÚ.....	13
1.1 HISTORIA DE LA MINERÍA DURANTE EL PREINCANATO, INCANATO Y LA COLONIA.....	13
1.1.1 El Preincanato.....	13
1.1.2 El incanato.....	21
1.1.3 La Colonia.....	25
1.2 HISTORIA DE LA MINERÍA EN LOS ÚLTIMOS 200 AÑOS.....	35
1.2.1 Transición entre el régimen colonial y la República del Perú.....	35
1.2.2 Desde la independencia hasta fines del siglo XIX.....	42
CAPÍTULO II.....	65
ÉPOCAS METALOGENÉTICAS DEL PERÚ.....	65
2.1 PROTEROZOICO.....	65
2.2 PALEOZOICO.....	66
2.3 MESOZOICO.....	67
2.3.1 Triásico – Jurásico (250-152 Ma).....	67
2.3.2 Cretácico inferior (145-100 Ma).....	67
2.3.3 Cretácico superior (100-66 Ma).....	68
2.4 CENOZOICO.....	70
2.4.1 Paleoceno – Eoceno (66-40 Ma).....	70
2.4.2 Eoceno – Mioceno (40-13 Ma).....	70
2.4.3 Mioceno-Plioceno (23-2 Ma).....	72
CAPÍTULO III.....	75
EVOLUCIÓN TECTÓNICA Y MAGMATISMO DEL PERÚ.....	75
3.1 PROTEROZOICO Y PALEOZOICO.....	75
3.2 MESOZOICO Y CENOZOICO.....	78
CAPÍTULO IV.....	83
FRANJAS METALOGENÉTICAS.....	83
4.1 FRANJAS METALOGENÉTICAS.....	83
4.1.1 I. Franja de Au en rocas metasedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico.....	84
4.1.2 II. Franja de depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico.....	84
4.1.3 III. Franja de depósitos de U-W-Sn-Mo, Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos y pórfidos-skarn de Cu-Ag del Pérmico Triásico.....	84
4.1.4 IV. Franja de pórfidos Cu-Mo del Jurásico medio - superior.....	85

4.1.5	V. Franja de depósitos de Cu-Fe-Au (IOCG) del Jurásico medio-superior	85
4.1.6	VI. Franja de pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior	85
4.1.7	VII. Franja de Sulfuros masivos volcanogénicos de Cu-Zn-Au del Cretácico inferior	85
4.1.8	VIII Franja de depósitos de Cu-Fe-Au (IOCG) del Cretácico inferior	85
4.1.9	IX Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusiones de Cretácico superior.....	85
4.1.10	X. Franja de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior	86
4.1.11	XI. Franja de sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno	86
4.1.12	XII. Franja de epitermales de Au-Ag del Cretácico superior-Paleoceno	86
4.1.13	XIII. Franja de pórfidos de Cu-Mo y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Paleoceno-Eoceno.....	86
4.1.14	XIV. Franja de depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusiones del Eoceno.....	86
4.1.15	XV. Franja de pórfidos-skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno	87
4.1.16	XVI. Franja de depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno.....	87
4.1.17	XVII. Franja epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno	87
4.1.18	XVIII. Franja de epitermales de Au-Ag del Oligoceno.....	88
4.1.19	XIX. Franja de depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos, Epitermales de Ag-Pb-Zn (Au) y depósitos de uranio del Oligoceno-Mioceno	88
4.1.20	XIX-A. Depósitos de U-Li y epitermales asociados al Magmatismo de Trasarco del Mio-plioceno	88
4.1.21	XX. Franja de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno	89
4.1.22	XXI. Franja de epitermales de Au-Ag del Mioceno	89
4.1.23	XXI-A. Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas volcánicas	89
4.1.24	XXI-B. Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias	90
4.1.25	XXI-C. Depósitos polimetálicos Pb-Zn-Cu con superposición epidermal de Au-Ag.....	90
4.1.26	XXII. Franja de depósitos de W-Mo-Cu relacionados con intrusivos del Mioceno superior.....	90
4.1.27	XXIII. Franja de epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno	90
CAPÍTULO V.....		91
YACIMIENTOS MINERALES.....		91
5.1	YACIMIENTOS DE COBRE DE TIPO PÓRFIDO EN EL PERÚ.....	91
5.1.1	Generalidades.....	91
5.1.2	Los pórfidos de cobre del Perú	95
5.2	SKARN Cu Y OTROS	142
5.2.1	Generalidades.....	142
5.2.2	Clasificación de los skarns.....	144
5.2.3	Yacimientos de skarn en el Perú.....	146
5.3	YACIMIENTOS EPITERMALES.....	162
5.3.1	Generalidades.....	162
5.3.2	Clasificación de depósitos epitermales	164
5.3.3	Yacimientos epitermales en Perú.....	166
5.4	DEPÓSITOS POLIMETÁLICOS Pb, Zn, Cu Y OTROS.....	193
5.4.1	Generalidades.....	193
5.4.2	Yacimientos polimetálicos en el Perú.....	195
5.5	YACIMIENTOS TIPO IOCG Y AFINES	226
5.5.1	Generalidades.....	226
5.5.2	Clasificación de los depósitos tipo IOCG	228
5.5.3	Yacimientos mineros tipo IOCG en el Perú.....	229
5.6	SULFUROS MASIVOS VOLCANOGÉNICOS	238
5.6.1	Generalidades.....	238
5.6.2	Cuenca Lancones	238
5.6.3	Cuenca Huarney y cuenca Cañete	247

5.7	DEPÓSITOS OROGÉNICOS	255
5.7.1	Generalidades	255
5.7.2	Metalogenia	257
5.7.3	Depósitos orogénicos en el Perú	259
5.8	YACIMIENTOS ESTRATOLIGADOS	268
5.8.1	Generalidades	268
5.8.2	Yacimientos Mississippi Valley Type (MVT)	269
5.8.3	Yacimientos tipo Mississippi Valley (MVT) en el Perú	270
5.8.4	Depósitos sedimentarios exhalativos (SEDEX)	281
5.8.5	Depósitos tipo SEDEX en el Perú	281
5.8.6	Depósitos tipo Red Bed	284
5.8.7	Yacimientos tipo Red Bed en el Perú	285
5.9	YACIMIENTOS DE SN-W RELACIONADOS A INTRUSIVOS	287
5.9.1	Generalidades	287
5.9.2	Yacimientos de SN-W relacionados a intrusivos en el Perú	289
5.10	DEPÓSITOS DE URANIO	296
5.10.1	Generalidades	296
5.10.2	Tipos de depósitos de uranio	297
5.10.3	Depósitos de uranio en el Perú	301
5.11	DEPÓSITOS TIPO PLACER	305
5.11.1	Generalidades	305
5.11.2	Clasificación de depósitos tipo placeres	305
5.11.3	Depósitos tipo placer en el Perú	306
5.11.4	Depósitos aluviales de oro – Sector Norte	309
5.11.5	Depósitos aluviales de oro – Sector Sur	313
CAPÍTULO VI	317
	DESARROLLO DE LA MINERÍA EN EL PERÚ	317
6.1	PANORAMA ECONÓMICO-MINERO 1980-1990	317
6.1.1	Contexto panorámico previo a la privatización	317
6.1.2	Economía peruana y contexto internacional en los años ochenta	319
6.1.3	Perú y principales minerales ofertados al mundo	321
6.1.4	Política económica y política minera	327
6.2	EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LA MINERÍA	332
6.3	INSUFICIENTE DINAMISMO EN LA PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE MINERALES	338
6.4	NUEVAS REGLAS Y LA ORIENTACIÓN DE LA POLÍTICA MINERA	345
6.5	MINPECO DEJA CONDICIÓN MONOPÓLICA EN COMERCIALIZACIÓN	346
6.6	MINERÍA EN EL SIGLO XX	350
6.6.1	Incertidumbre y los protagonistas de la economía en el siglo XX	350
6.6.2	Evolución de los precios de los principales metales	364
6.6.3	Oferta de minerales producidos por Perú	367
6.6.4	Inversiones en explotación y exploración	371
6.6.5	Problemas y desafíos de la minería en el siglo XXI	376
6.6.6	La minería y conflictividad social en el siglo XXI	379
6.7	CONTRIBUCIÓN DE LA MINERÍA AL CRECIMIENTO Y LA REDUCCIÓN DE LA POBREZA	385
6.8	TENDENCIAS EN LA MINERÍA DEL SIGLO XXI CLÚSTER MINERO DEL SUR DEL PERÚ PARA LA SIGUIENTE DÉCADA	395
6.9	PANORAMA ECONÓMICO-MINERO 1990-2000	399

6.10 LA DEMANDA DE MINERALES EN LA GLOBALIZACIÓN	401
6.10.1 Evolución del consumo de minerales	401
6.10.2 Evolución de los precios de los principales metales	407
6.11 GLOBALIZACIÓN E INVERSIONES HACIA AMÉRICA LATINA	414
6.12 GRANDES CAMBIOS EN LA GESTIÓN PÚBLICA Y MINERA	417
6.12.1 Política económica 1990-2000	417
6.12.2 Afluencia de inversiones extranjeras	427
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	435
ANEXO 1	467
RELACIÓN DE ACTIVOS DEL ESTADO PRIVATIZADOS Y/O TRANSFERIDOS	467
RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES	479

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet), ente rector de la geología en el Perú encargado de realizar y fomentar la investigación de los recursos minerales a través de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, ha elaborado el Compendio minería y yacimientos minerales del Perú. Este trabajo surge de la necesidad de promover la historia minera en el Perú, difundir los principales yacimientos mineros en el siglo XXI y resaltar la importancia de la minería en la evolución y desarrollo de nuestra sociedad. Brinda información de los yacimientos minerales del Perú con información y descripción de sus principales rasgos geológicos, metalogenéticos, controles estructurales, las principales guías de mineralización e información histórica minera de los yacimientos peruanos y su incidencia en el desarrollo económico nacional.

El Compendio minería y yacimientos minerales del Perú se compone de seis capítulos. En el capítulo I se describe la "Historia de la minería en el Perú", desde el preincanato, la colonia, la transición de la colonia a la república y desde la Independencia hasta fines del siglo XIX. En el capítulo II se describen las diferentes "Épocas metalogenéticas del Perú" en el Proterozoico, Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico; el capítulo III comprende la "Evolución tectónica y magmatismo del Perú"; el capítulo IV, las "Franjas metalogenéticas". El capítulo V comprende los "Yacimientos minerales": yacimientos de cobre tipo pórfido en el Perú, Skarn Cu y otros, yacimientos

epitermales, depósitos polimetálicos Pb, Zn, Cu, yacimiento IOCG y afines, sulfuros masivos volcanogénicos, depósitos orogénicos, yacimientos estratoligados, yacimientos de Sn-W relacionados a intrusivos, depósitos de uranio y depósitos tipo placer. Finalmente, el capítulo VI presenta el "Desarrollo de la minería en el Perú" con la descripción del panorama económico-minero 1980-1990, la evolución de la producción y minería, y el panorama económico-minero 1990-2000.

La finalidad de este compendio es continuar el esfuerzo y la vocación por la investigación, y sumar nuestra pequeña contribución en la promoción y difusión de la historia minera peruana hasta la actualidad, ampliando el conocimiento de los descubrimientos geológicos que han generado el descubrimiento de yacimientos mineros y el desarrollo de unidades mineras. Asimismo, se pretende incentivar a las generaciones futuras, en especial a los ingenieros especialistas y amantes de las ciencias geológicas a continuar con nuevos estudios que generen relevancia en el presente siglo a favor del desarrollo de nuestra sociedad. El presente trabajo de investigación se realizó mediante la recopilación de información sistemática de publicaciones de Ingemmet, y recopilación de fichas bibliográficas e información pública que se localiza en las diferentes páginas electrónicas de empresas mineras e instituciones no gubernamentales.

ABSTRACT

The Geological, Mining and Metallurgical Institute (Ingemmet) is the governing institution of the geology of Peru. It is responsible for the conducting and promoting research on mineral resources. It also has developed the "Mining and Mineral Deposits of Peru Compendium" through the Department of Mineral and Energy Resources. This compendium emerges from the need to promote mining history in Peru, to spread the main mining deposits in the 21st century and to highlight the importance of mining in the evolution and development of our society. It provides information on Peru's mineral deposits, with information and description of their main geological and metallogenic features, structural controls, the main mineralization guides and historical mining information on Peruvian deposits and their impact on national economic development.

The "Mining and Mineral Deposits of Peru Compendium" is composed of six chapters that describe the History of Mining activity in Peru, from the Pre Inca period, the Colony, and the Colonial Transition to the Republic and from Independence to the end of the 19th Century. Then, Chapter II describes the different Metallogenic Epochs of Peru in the Proterozoic, Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic. Chapter III describes the Tectonic Evolution and Magmatism of Peru. Also, chapter IV describes the Metallogenic Belts. Later, chapter V describes

Mineral Deposits: Porphyry copper deposits in Peru, Skarn Cu and others, epithermal deposits, polymetallic deposits Pb, Zn, Cu; IOCG and related deposits, Volcanogenic Massive Sulfides, orogenic deposits, stratabound deposits, Sn-W deposits related to intrusives, uranium deposits and placer deposits. Finally, Chapter VI describes the development of mining activity in Peru, with the description of the economic-mining panorama 1980-1990 with the evolution of production and mining activity, and the economic-mining panorama 1990-2000.

The purpose of the compendium is to continue the effort and vocation for research, and to add our small contribution in the promotion and diffusion of the history of Peruvian mining activity up to the present time, as well as extending the knowledge of the geological discoveries that have generated the discovery of mining deposits and the development of mining units. Also, the aim is to encourage future generations, especially engineers and geological science lovers, to continue with new studies that will generate relevance in the present century in favor of the development of our society. This research was carried out by systematically compiling information from Ingemmet publications, compilation of bibliographic files and public information found in the different websites of mining companies and non-governmental institutions.

INTRODUCCIÓN

El Compendio minería y yacimientos minerales del Perú pretende ser una sucesión de investigaciones relevantes y servir como base para geólogos entusiastas que deseen aportar al universo de conocimientos geológicos del país en futuras ediciones. La última investigación de este tipo se realizó hace 19 años y se denominó Compendio de Yacimientos Minerales del Perú [Boletín B 10]. Dicho trabajo fue elaborado por el Ing. Pedro Tumialán de la Cruz y publicado en el año 2003. El Compendio de yacimientos minerales del Perú brinda una guía recopilatoria de los yacimientos minerales del país, detallando los procesos de formación, metalogenia y la descripción de sus principales rasgos geológicos, controles estructurales, las principales guías de mineralización e información histórica minera de los yacimientos peruanos y su incidencia en el desarrollo económico nacional. Cabe mencionar que la clasificación propuesta en dicha publicación está basada en la guía de Guilbert y Parks, *The Geology of Ore Deposits* (1986).

Es antecedente el monumental estudio del Dr. Mario Samamé Boggio, *El Perú Minero*, el cual consiste en 14 tomos distribuidos en 19 volúmenes publicados entre los años 1979 y 1998. Esta es una obra espléndida y extensa que da a conocer la riqueza geológica minera existente en el territorio peruano, brinda información histórica y la recopilación bibliográfica de grandes investigadores. Asimismo, describe la minería en todas sus manifestaciones desde los primeros inicios de la minería peruana y el ámbito minero.

Por ello, el presente Compendio de minería y yacimientos minerales del Perú es una investigación que parte de la necesidad de promover la historia minera en el Perú, difundir los principales yacimientos mineros en el siglo XXI y resaltar la

importancia de la minería en la evolución y desarrollo de nuestra sociedad. Este estudio se realizó mediante la recopilación de información sistemática de publicaciones de Ingemmet y de la **recopilación de fichas bibliográficas e información pública** que se localiza en las diferentes páginas electrónicas de empresas mineras e instituciones no gubernamentales.

Sentimos que hemos cumplido con la principal misión que nos propusimos a inicios de esta investigación: aportar y brindar una visión general del Perú sobre el alcance y contribución de los recursos mineros que se alojan en nuestro territorio peruano.

Es loable mencionar el equipo de investigadores y profesionales que se han sumado a este notable esfuerzo, los ingenieros Henry Luna, Jorge Chira, William Martínez, Jorge Acosta, Italo Rodríguez, Dina Huanacuni, Eder Villarreal, Gerardo Trelles, Jhonny Torre y Jose Ramírez.

Nuestro reconocimiento al Ing. Pedro Tumialán de la Cruz, autor del Compendio de Yacimientos Minerales del Perú del año 2003. En esta nueva investigación, el Ing. Tumialán dio inicio con la elaboración del capítulo I "Historia de la minería en el Perú". Agradecemos también al Dr. Thierry P. A. Sempere por su contribución "Una breve historia de la minería metálica en el Perú en los últimos doscientos años" y la investigación de "Yacimientos de cobre de tipo pórfido en el Perú", comprendidos en los capítulos I y VI, respectivamente; asimismo, al Econ. Carlos Enrique Bustamante, autor del "Desarrollo de la Minería Peruana en la última década 1990 al 2020". Finalmente, nuestro agradecimiento a nuestros destacados colaboradores y profesionales Christian Andía, Adrián Cumpa, Mayra Ccanchi, Melissa López, Edgar Yataco, Erika Cristobal y Cindy Torre por el trabajo encomendado.

CAPÍTULO I

HISTORIA DE LA MINERÍA EN EL PERÚ

1.1 HISTORIA DE LA MINERÍA DURANTE EL PREINCANATO, INCANATO Y LA COLONIA

Pedro H. Tumialán

Existieron muchas razones que llevaron al hombre de esa época a buscar minerales. Desde tiempos antiguos, el hombre andino utilizaba los recursos de la tierra para obtener pigmentos con fines estéticos.

La necesidad por tener herramientas con materiales especiales que tengan propiedades como resistencia, maleabilidad, ductilidad, capacidad de ser fundidos, algo que no habían hallado en las piedras, llevaron a los preincaicos a buscar y encontrar nuevos materiales (metales) para la elaboración de objetos con símbolos de sus creencias.

Para la búsqueda de los recursos de la tierra, los mineros antiguos se basaron en el color y la forma de los elementos. En algunos casos, era necesaria la asociación con otros elementos del entorno y la coloración de los cerros. La búsqueda del antiguo minero se fue diversificando, pues su experiencia le enseñó que era capaz de identificar y encontrar no uno sino varios minerales.

La minería comprende la exploración geológica, la explotación del material metálico y no metálico, y el proceso metalúrgico para obtener beneficio del material extraído.

Como elementos no metálicos consideramos la sal, las arcillas para la elaboración de los huacos, platos, tasas y ollas, los suelos arcillosos para la preparación de adobes en las edificaciones, y las rocas duras para la construcción de la base de sus viviendas y la construcción de canales de agua para el abastecimiento en asentamientos humanos.

1.1.1 El Preincanato

Rowe (1959) plantea un esquema de los tiempos de cada cultura que se llaman Horizontes e Intermedios. Estos lapsos facilitan la investigación y explicación de diversas manifestaciones culturales.

"... Se denomina Horizonte un período de uniformidad cultural, una franja de tiempo dentro de la cual se dan ciertas manifestaciones culturales. Se tendrían tres horizontes culturales: Temprano, Medio y Tardío. Se llama Intermedio un período en el que existe una gran diversidad cultural...".

En la figura 1.1 se muestra las referencias cronológicas de las culturas preincaicas.

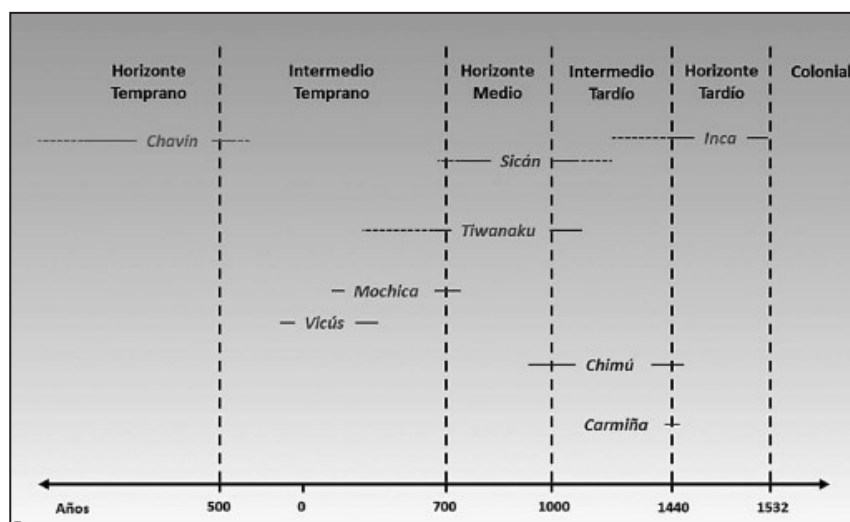


Figura 1.1 Horizontes, periodos y culturas
Fuente: Rovira (2017)

En la franja volcánica cenozoica de la Cordillera Occidental, se evidencia la presencia de volcanes en Arequipa y Ayacucho con emanaciones de aguas termales con sal (Cl, Na), litio, boro, desde el preincanato hasta la fecha actual del volcán Pichu Pichu, aledaño a la laguna Salinas en Arequipa. En la laguna Parinacochas, por la emanación del volcán Sara Sara en Ayacucho, actualmente sigue el proceso en época de sequía. Hay restos de sal que sirven de consumo a los animales que se encuentran cercanos al volcán Sara Sara. Este fenómeno se produce desde el preincanato, incanato, coloniaje y república. Se expondrá los aspectos sobre el uso de las arcillas en el preincanato e incanato, en la alimentación, en el lavado y sobre la utilización de la papa. Todos estos elementos revirtieron en beneficio de nuestros antepasados dedicados a la minería. Respecto a la utilización de la arcilla en el preincanato e incanato, existe una gran variedad de arcillas, siendo algunas muy ricas en magnesio.

En el preincanato e incanato y actualmente en Puno se come el shacu; la papa cocida untada con una arcilla rica en magnesio se utiliza como medicina para el estómago. Cierta tipo de arcillas de color blanco, que disuelven las grasas, se usan como jabón en el lavado de ropa. Otro tipo de arcilla de color ligeramente verdoso, llamado "greda", se usa para el lavado del cabello y se comporta mejor que un champú o jabón. Si examinamos en detalle los usos y costumbres de nuestros antepasados (preincanato e incanato), podemos hoy aprender mucho de ellos. Lo expresado se basa en la observación personal hecha en los departamentos de Junín y Puno. En la Cordillera Subandina, al este de la Cordillera Oriental, se localizan domos de sal, como el de San Blas ubicado en el departamento de Cerro de Pasco, que servían de consumo para los antiguos pobladores del preincanato e incanato.

En la actualidad, la sal se forma en las lagunas aledañas a las playas, cuyas aguas saladas al evaporarse provocan que esta se precipite. En quechua, la palabra "sal" se denomina cachi, como el río Cachi en Ayacucho. Cachihuancaray es un lugar de explotación de sal en Apurímac; Ayarcachi representa uno de los hermanos Ayar de la leyenda del preincanato.

Para conservar la papa y sobre todo para hacer uso de su almidón, tenemos el chuño que es el resultado de la deshidratación del tubérculo; se seca en la intemperie y a baja temperatura. El chuño se puede guardar por un tiempo prolongado y no cambia su poder nutritivo; fue usado por los antiguos mineros.

Aprovecho estas líneas para referirme a la penicilina, antibiótico descubierto por el Premio Nobel Alexander Fleming. Por casualidad, Fleming dejó en una placa de vidrio bacterias-

bacilos; el jugo de la papa en el vidrio, que tenía otro tipo de bacilos, dio lugar a un elemento que estaba destruyendo a los bacilos. Fleming estudió este fenómeno y así descubrió la penicilina. Por ello, recibió el Premio Nobel en Medicina. Con relación a este aspecto, en la sierra, desde las épocas del preincanato e incanato, coloniaje y república, los pobladores dejan fermentar la papa en una corriente de agua por cierto tiempo y obtienen el tocosh. Si están delicados de salud, en especial de los bronquios, suelen comerlo para curarse, ya que contiene penicilina; también, lo consumen las mujeres después del parto para evitar riesgo de infección. Era usado por los antiguos mineros del preincanato e incanato.

Las culturas del preincanato e incanato hasta nuestros días mastican la hoja de coca para tener más energía durante el trabajo; en quechua se llama el chacchado. Actualmente, en las minas del Perú y en los trabajos comunales, aún se mastica la hoja de coca para soportar las faenas de trabajo.

El aprovechamiento de los recursos minerales está presente en la práctica social del hombre desde tiempos remotos. Expondremos conceptos sobre nuestros antepasados cuando eran pueblos que se dedicaban a la caza con armas rudimentarias de piedras afiladas, viviendas muy rústicas de piedra y barro, más antiguas o de la misma época de los faraones de la cultura egipcia.

El arqueólogo Richard Mc. Neish (Estados Unidos) en Paccaicasa, región Ayacucho, encontró instrumentos líticos en 1969, con una antigüedad de 18 000 a 20 000 años a. C. (Samamé, 1979). Esta edad es de 13 000 a 15 000 años antes de la época de los faraones de Egipto, cuya edad más antigua es de 5000 años, con la diferencia de que la cultura egipcia era superior. Se encontraron talleres líticos, astillas de piedra, como esquirias, en el valle del Chillón. El historiador José Antonio del Busto asume una edad entre 11 000 a 7000 a. C. (Del Busto, 1985).

En las cuevas de Toquepala, cerca al yacimiento del pórfido de cobre del mismo nombre, en la década del 50 del siglo pasado, se hallaron pinturas rupestres y restos orgánicos de una edad estimada de 7617 a 7527 años a. C. En las exploraciones realizadas por el arqueólogo Augusto Cardich en Lauricocha, entre Cerro de Pasco y Huánuco, se encontró cadáveres de niños con una antigüedad de 8000 años a. C., estaban recubiertos con tierra de color ocre, ostentando cuentas de collar con la forma de cubos de turquesa y un agujero para pasar una cuerda, además de una gran cantidad de hierro granulado con algo de magnetita; consecuentemente, esto demuestra el pleno conocimiento que nuestros antepasados tenían acerca de las técnicas de la minería y la metalurgia.

Además, se encontraron abundantes instrumentos de sílex, con un acabado mejor y evidentes avances técnicos de manufactura, tales como retoques bifaciales, puntas triangulares, etc., correspondiente al periodo comprendido entre los 6000 y 3000 a. C. (Sutta, 2011).

El descubrimiento del hombre de Paiján por Augusto Cardich se ubica en la costa norte, con una edad de 7566 años. Estos hombres usaban armas arrojadas con puntas líticas. En el departamento de Áncash, el arqueólogo halló semillas de leguminosas con las que preparaban harina para su alimentación. Estas semillas eran molidas en batanes, piedra cóncava con un ligero hundimiento sobre la cual actúa otra piedra ligeramente alargada como un elipsoide, cuyo movimiento es manual.

La edad aproximada es de 10 000 a 3000 años a. C. (Kaulicke, 1994).

El hombre de Paracas usaba armas arrojadas con puntas líticas; vivió hace 9000 años antes de la cultura Paracas, de 700 años a. C. a 200 años d. C. El descubrimiento de Engel del Hombre de Cabeza Larga igualmente se ubica en Paracas, con antigüedad de 5000 años, y el hombre de Pucusana hace 7540 años. Todas estas evidencias se datan antes del preincanato (Engel, 1966).

Pobladores preincaicos

Seguidamente, viene la formación de pequeños asentamientos humanos. El hombre dedicado a la caza va paulatinamente a iniciarse en la agricultura como en la Tablada de Lurín, al sur de Lima, de 7150 años a. C. Fue estudiado por la arqueóloga Josefina Ramos de Cox (Samamé, 1979). El batán que se usaba para moler los granos y que aún se utiliza en los pueblos de la sierra.

Templos preincaicos

Julio C. Tello llegó por primera vez a Kotosh, cerca de la ciudad de Huánuco, en donde se encuentra el Templo de las Manos Cruzadas, llamado así por tener dos altorrelieves en barro en forma de sendos brazos cruzados. Construido en el año 2240 años a. C. (Del Busto, 1985), Kotosh está conformado por una serie de edificios de piedra y barro con plantas cuadrangulares.

El templo de Chuquitanta fue descubierto por Engel en 1965. Está ubicado al norte de Lima en la margen izquierda del río Chillón. Tiene una edad de 3570 años (Samamé, 1979). Está construido de piedras y barro, es ligeramente piramidal y con puertas tapiadas. Tiene, asimismo, escalinatas y superposición de estructuras, estando todo el edificio relleno con material rocoso dentro de grandes redes.

Cerca de la ciudad de Casma se encuentra el templo de las Haldas con 1600 años a. C. (Engel, 1966). Se conoce la presencia de una zona de cantera, la cual pudo haber sido aprovechada para la extracción de piedras para erigir muchos de los edificios dispersos en el complejo arqueológico.

Cultura preincaica de Caral

Fue descubierta por la arqueóloga Ruth Martha Shady Solís en 1997. Está ubicada en el valle de Supe, desarrollada de 3000 a 1800 años a. C. (Shady, 2011). Es una de las culturas más antiguas de América; hubo extracción de suelo y roca, que fueron utilizados para la elaboración de la base de sus viviendas y la construcción de canales de transporte de agua como en todas las culturas del preincanato.

La arquitectura Caral es impresionante por sus edificios monumentales y sus grandes ciudades con ingeniosas construcciones de barro, piedra, troncos y materiales vegetales.

Para la construcción, emplearon la técnica de shicras que consiste en bolsas de fibras rellenas de piedras. Estas bolsas eran utilizadas para realizar las plataformas de los templos, logrando estabilizar las bases para prevenir los derrumbes a causa de los sismos.

Las evidencias arqueológicas indican que tuvieron recintos que eran usados como talleres de producción artesanal para el suministro de artículos suntuarios. Están conformados por tres amplios recintos cuadrangulares. En los pisos se hallaron pequeñas oquedades selladas con una capa de arcilla, que contenían cuentas de crisocola, siderita, calcita, cuarzo lechoso, cristal de roca y *Spondylus princeps*. Junto a estas se encontraron desechos de talla, y herramientas de piedra y hueso (Shady, 2006).

Cultura preincaica de Chavín de Huántar

Entre las principales culturas preincaicas de la Cordillera Interandina podemos considerar la cultura Chavín de Huántar. Se desarrolló entre los años 900 a 500 años a. C. Fue descubierta por Julio C. Tello; se ubica en la provincia de Huari, departamento de Áncash (Samamé, 1979).

Se destaca la Estela de Raymondi, una losa de granito de 1.98 m por 0.74 m. Una de sus caras está trabajada en bajo relieve, representa una divinidad clásica con dos báculos que está presente en multitud de civilizaciones posteriores a Chavín (Bouso Aragonés, Juan). El Templo y el Castillo están hechos de rocas; entre ellas, se encuentran las lajas de arenisca de la Formación Chimú del Grupo Goyllarisquiza del Cretáceo inferior, lo que significa que hubo explotación minera de rocas como minería no metálica. De igual manera, se encuentran

el Lanzón, monolito de granodiorita de 5.53 m de altura que representa un personaje antropomorfo de pie con su superficie decorada en técnica de bajo relieve; el Obelisco Tello; las cabezas clavadas talladas en roca ígnea expuestas en sus muros; la cornisa de los cóndores.

En la cultura Chavín, se halla una cerámica propia, dominando el trabajo con la arcilla, la explotación de la arcilla y la minería no metálica de la extracción de rocas de areniscas y rocas ígneas (Kaulicke, 1994).

Una de las evidencias de metalurgia más antigua en el Perú se tiene en la cultura Chavín, que comienza a trabajar el oro en aleación con plata y cobre. Muchas de las piedras metálicas decorativas muestran diseños complicados y simbolismos complejos, orientados hacia la naturaleza, los animales y formas zoomorfas, lo que indica una era de alta cultura; el proceso de fabricación de esas piezas debe haber incluido la soldadura o el uso de una amalgama para soldar (Sutta, 2011).

Se encontraron aleaciones de oro-plata-cobre en discos de oreja, adorno de cuello, nariguera. Significa que hubo explotación de

oro, plata y cobre en el arte del trabajo de los metales referidos; asimismo, muestran destreza del acabado de oro, plata y cobre.

En la minería de recursos metálicos, el oro es el metal más antiguo debido a la facilidad con que se puede encontrar en muchos ríos y arroyos. Sin embargo, la evidencia arqueológica indica su ausencia en sitios precerámicos (Engel, 1958). El oro apareció en la arqueología del Perú en 800 – 1000 a. C. durante el tiempo de Chavín; su uso creció notablemente durante el tiempo de Moche, Chimú y en el tiempo de los incas. Como se sabe, el oro es el primer metal utilizado por las sociedades prehispánicas. El contexto metalúrgico de Chavín nos ha dejado excelentes obras sobre finas láminas recortadas (figura 1.2). Esto indica hasta qué punto los orfebres conocían las propiedades mecánicas del metal noble, especialmente su maleabilidad (Rovira, 2017).

Según Petersen (1970), se utilizó la esteatita para la fabricación de platos y vasos artesanales. La esteatita es una roca metamórfica compuesta en gran parte de talco y serpentina (figura 1.3).



Figura 1.2 Ornamento de oro hallado en Chongoyape

Fuente: National Museum of the Archaeology, Anthropology, and History of Perú (MNAHP)



Figura 1.3 Muestra de esteatita

Cultura preincaica de Vicús

La cultura Vicús es una cultura arqueológica del Antiguo Perú que se desarrolló entre los años 150 a. C. y 400 d. C. en el periodo del Intermedio Temprano. Se encuentra en la costa norte de los Andes centrales del Perú. Su sede administrativa se localiza en el cerro Vicús (Lambayeque) que da nombre a esta cultura; sirvió de enlace con otras ciudades andinas.

El único caso de arquitectura monumental conocido se asemeja a una tola. Estructuras sobrepuestas de planta oval y recintos rectangulares internos estaban construidos con altos muros en una modalidad de quincha (barro embutido).

Los vicús tenían un amplio dominio de las técnicas metalúrgicas. Eran conocedores de las aleaciones de la plata, el oro y el cobre; usaron estos metales en la elaboración de sus instrumentos de labranza y orfebrería. Se referencia que no existen diferencias

tecnológicas entre los artefactos en estilo Vicús y en estilo Mochica. Las materias primas principales son el cobre y el oro. La plata fue utilizada solo en aleaciones ternarias. Se usaron sofisticadas técnicas de dorado por reducción, por inmersión en fundición y por enchapado de reposición electroquímica.

La mayoría de los artefactos, coronas y diademas, pectorales, cinturones, narigueros y adornos labiales-tembetás están hechos de placas laminadas con la decoración repujada, calada o incisa; las uniones son mecánicas. Se conoce, también, artefactos vaciados en moldes bivalvos y univalvos, cabezas de porra, ganchos de estólicia, puntas y cuchillos.

Kauffman (1978) menciona que existen algunas piezas de plata en las culturas Vicús y Frías, considerándolas "evidentemente premoche". Actualmente, se sabe que las culturas Vicús y Moche coincidieron cronológicamente en una amplia horquilla temporal y estética.



Figura 1.4 Nariguera bimetálica, elaborada con láminas de oro y plata

Limata et al. (2006) hicieron un estudio tecnológico de oro de una nariguera Vicús y encajaría en un contexto metalúrgico mochica bien desarrollado. En la cultura Vicús, los trabajos de aleación con oro y plata se los conoce como “champi”. En la figura 1.4, se puede apreciar una nariguera bimetálica (oro y plata) con diseños de felinos, aves y círculos concéntricos.

Como explotación minera no metálica se encuentra la arcilla y como explotación minera metálica, los metales referidos (Ravines, 1994). Con respecto a los cerámicos de Vicús, se utilizaron pastas de arcillas (grupo de la caolinita) con contenidos de materiales no plásticos (entre 30 % y 40 %). Este último daba una mayor resistencia a la pasta y evitaba que se raje la cerámica durante el secado o la cocción.

Cultura preincaica de Paracas

La cultura preincaica de Paracas, descubierta por Julio C. Tello en 1925, se desarrolló entre 700 años a. C. a 200 años d. C., con una textilera admirable, una alfarería eficiente y prácticas quirúrgicas de trepanación de cráneos con cuchillos de obsidiana. En el uso metálico, usaron el oro, la plata y el cobre (Del Busto, 1985).

En una de las cavernas se encontró un envoltorio con cuchillos de obsidiana provistos de sus respectivos mangos, manchados de sangre, junto con una cucharilla o cureta hecha de diente de cachalote, roscas de algodón para proteger las heridas, paños, vendas e hilos. Los cuchillos de obsidiana son de diversos tamaños. Unos son instrumentos punzantes como si hubieran sido usados para practicar las sangrías; otros verdaderos bisturís con los que se puede cortar y cercenar fácilmente las partes

blandas; y otros más grandes, destinados a trabajar en el hueso. No se encuentran objetos de plata, pero sí de oro laminado, papiráceo y algunos objetos de cobre.

Cultura preincaica de Nazca

La cultura de Nasca, descubierta por Max Uhle en 1901, tiene una cerámica admirable; se desarrolló de 100 a 800 años d. C. Su metalurgia presenta piezas de oro forjadas con martillo de piedra (Del Busto, 2011).

Los nazca utilizaron como principal técnica el adobe. Destaca el complejo arqueológico de Cahuachi, a orillas del río Grande, con su templo de corte piramidal, de terrazas superpuestas, y su palacio de los jefes guerreros, en medio de seis barrios o complejos arquitectónicos bien definidos. Debió ser el principal centro administrativo y de culto de los nazca.

Utilizaban el oro y la plata laminado para hacer máscaras, orejeras, narigueras y otros objetos rituales, adornados por medio del repujado. Estos objetos eran para usos ceremoniales y religiosos.

En esta cultura debemos destacar las líneas de Nasca, grandes figuras dibujadas en el suelo que representan animales. La arqueóloga alemana María Reiche estudió el significado de las referidas figuras.

Cultura preincaica de Mochica

La cultura Mochica es una cultura arqueológica del Antiguo Perú que se desarrolló en el Intermedio Temprano entre los años 100 a. C. y 800 d. C. Se encuentra ubicado en el valle Moche, cerca de la ciudad de Trujillo, departamento de la Libertad.

La cultura Mochica elaboró los huacos más expresivos de las culturas preincaicas, además de la utilización del oro, plata y bronce, con trabajos de minería no metálica para obtener arcilla y minería metálica para la obtención de los metales (Del Busto, 1985). Son considerados los mejores alfareros.

La cultura Mochica se desarrolló en los valles de Pacasmayo, Chicama, Virú, Santa y sobre todo en el valle de Moche en Trujillo. Tuvo un gran apogeo entre los siglos III y IX de la era actual (Del Busto, 1985). Levantaron templos

religiosos con adobes de barro como la Huaca del Sol y la Huaca de la Luna.

El Señor de Sipán fue encontrado por el arqueólogo Walter Alva en 1987. Se halló con todos sus objetos intactos, fallecido de aproximadamente 30 a 40 años. El Señor de Sipán estaba cubierto con impresionantes ornamentos de oro, plata, turquesas y pectorales de concha. Como se halló intacto, similar al faraón Tutankamón de la cultura egipcia, se lo conoce como el Tutankamón peruano.



Figura 1.5 Orfebrería Mochica. Nariguera con incrustaciones de turquesa

Fuente: Museo de Oro del Perú y Armas del Mundo (M. Gonzáles)

Los metalurgistas y orfebres mochicas conocían y utilizaban las distintas propiedades de los metales y aleaciones para elaborar piezas únicas. Con los metales fue posible obtener aleaciones conocidas como la tumbaga (aleación binaria o ternaria de Au, Ag, Cu), los bronce, tanto arsenicales como estañíferos (Cu-As, Cu-Sn) (Carcedo, 1999^a).

La gran cantidad de artefactos mochica encontrados arqueológicamente como tocados, narigueras, collares, sonajeros, protectores coxales, copas, entre otros, fueron elaborados mediante técnicas metalúrgicas (figura 1.5).

Para expresar sus creencias, una de las características más importantes en la decoración de los objetos metálicos mochica es el añadido de materiales distintos (Carcedo y Vetter, 1999), por ejemplo, cuando se agregan piedras semipreciosas verdes (crisocola, malaquita, turquesa), azules (lapislázuli o sodalita), variedades de cuarzos colorados como la amatista (Alva &

Donnan, 1993) y materiales como conchas de spondylus, nácar, huesos, pinturas, entre otros (Carcedo, 1999).

Cultura preincaica Chimú

La cultura preincaica Chimú se desarrolló de 1200 a 1460 años d. C., realizaron trabajos excepcionales en metales (Samamé, 1979). En esta cultura se elaboró el Tumi de oro, un cuchillo ceremonial encontrado en Batán Grande, que fue robado del lugar de exhibición de piezas arqueológicas y fundido para su venta. Solo quedan las vistas fotográficas de esta pieza (Ravines, 1994).

La ciudad de barro de Chan Chan se ubica entre los distritos de Trujillo y Huanchaco; fue la capital de la cultura Chimú, con un área de 18 km². En esta ciudad del preincanato como en otras ciudades hay canales para el transporte de agua y reservorios para almacenarla. Dentro de la ciudad de Chan Chan se

encuentra un reservorio de agua en forma de cono invertido de 20 metros de diámetro y 5 metros de altura totalmente empedrado su superficie. Esto significa que, en el preincanato, la ciudad de Chan Chan no tenía agua suficiente para todo el año. Este mismo problema ha sufrido Trujillo, antes del proyecto Chavimochic; Trujillo abastecía de agua a su población cada 8 horas por sectores, actualmente ha superado este problema con agua que viene del río Santa. La elaboración del reservorio referido con un empedrado y el canal de alimentación de agua igualmente empedrado ha desaparecido; estuvieron relacionados a la obtención de las rocas con la minería no metálica en el preincanato.

Los historiadores mencionan la aleación del bronce (Del Busto, 1985). El bronce es la aleación del estaño y el cobre. Geológicamente, el estaño no se encuentra en el centro ni en el norte de Perú, solo abunda en Bolivia y podría prolongarse su presencia a Puno en la Cordillera Oriental. Este metal puede haber sido transportado al centro y norte del Perú, y tener la aleación de bronce.

La cultura Chimú se extendió desde la Libertad a Lambayeque. Se considera que fueron los mejores orfebres que utilizaron el oro, plata y bronce (Ravines, 1994).

Cultura preincaica de Tiahuanaco

La cultura Tiahuanaco es una cultura arqueológica del Antiguo Perú que se desarrolló en el Intermedio Temprano entre los años 300 d. C. y 1150 d. C. Su centro principal fue Tiahuanaco, se ubica en la cuenca del Titicaca en Bolivia. S encuentra ubicado en Puno al sur este del lago Titicaca a 4000 m s. n. m.

Durante el Horizonte medio, las antiguas poblaciones del altiplano boliviano y del noroeste argentino explotaban yacimientos de óxidos de estaño (casiterita); estos minerales se localizaron en el extremo sur de Perú (orillas al este del lago Titicaca), norte de Bolivia y en el noroeste de Argentina. Estas tres regiones fueron la única fuente de estaño en todos los Andes. Abastecieron el estaño necesario para la producción de bronce estañífero durante los periodos Horizonte medio, intermedio tardío y Horizonte tardío (Lechtman, 1995).

En la fase III de Tiahuanaco se edificaron grandes construcciones arquitectónicas de centros políticos y religiosos. La pirámide de Akapana era una represa y fue construida de bloques de areniscas; los ingenieros de esas épocas instalaron en la pirámide un sofisticado sistema de drenaje hecho con piedras lajas finamente cortadas y unidas con macizas grapas de cobre fundido. El Templete Semisubterráneo consiste en grandes pilares monolíticos (principalmente de areniscas roja; en sus muros están empotradas 175 cabezas humanas, la mayoría

esculpida en caliza. Además, está el Palacio de Putuni, cuyos muros están formados por grandes bloques de andesita y cuyo piso del patio interior estuvo originalmente cubierto con una densa y compacta capa de arcilla roja (Berenguer, 2000).

Es de destacar las Chullpas de Sillustani de forma cónica truncada, de base mayor en la parte superior, formada por bloques de piedra. En la cultura Tiahuanaco como en la cultura Chavín en el preincanato, los nativos como explotación minera no metálica extrajeron la piedra. Utilizaron el bronce por aleación del estaño y el cobre, así como oro y plata, y la casiterita como mineral de estaño abunda en Bolivia, al sur de la cultura Tiahuanaco.

Cultura preincaica de Huari

La cultura preincaica de Huari se desarrolló en Ayacucho, edificaron edificios de 2 a 3 pisos, terrazas empedradas, construyeron canales subterráneos; se calcula que tuvo una población de 50 000 habitantes. Produjo una alfarería ceremonial muy bien modelada.

Julio C. Tello señala que entre los restos se encuentran "multitud de fragmentos de turquesas (una piedra verde semejante a la jadeíta) y lapislázuli" (Samamé, 1979).

Esta cultura se desarrolló de 600 a 1200 años d. C. despliega una política de expansión y languidece al cabo de tres siglos, su influencia se prolonga por más tiempo. Con respecto a la minería, está relacionada a la extracción de piedras para sus edificios y canales, la explotación de la arcilla, la turquesa, lapislázuli y jadeíta (Lumbreras, 2000).

Cultura preincaica de la costa peruana

Geológicamente las culturas preincaicas se desarrollaron en la planicie costera y en la Cordillera Interandina. Es de suma importancia destacar "El Santuario Arqueológico de Pachacamac", el cual fue uno de los centros de peregrinación más importantes de la costa peruana prehispánica, pues albergaba un oráculo de gran importancia. Cuando los españoles llegan a Cajamarca, el mismo Atahualpa menciona Pachacamac, su gran templo y, sobre todo, de las riquezas que poseía (Tello, 2012). El sitio arqueológico se encuentra emplazado, en parte, sobre este tablazo elevado, de superficie ondulada y con depósitos de arena eólica. La cultura Lima erigió sus construcciones monumentales con adobes rectangulares, pequeños y hechos a mano, que dispusieron de manera vertical sobre densas capas de argamasa de barro.

A la planicie costera, descienden las aguas de la Cordillera Occidental. Se han mencionado las culturas Vicús en Piura, Chimú en Lambayeque, Mochica en el valle de Moche cerca a

Trujillo, Paracas y Nasca en Ica, y Lima cerca al río Lurín. En todas estas culturas del preincanato como minería no metálica trabajaron en el acarreo de la tierra del suelo del Cuaternario mayormente en la elaboración de adobes para sus viviendas, y adobitos para pirámides truncadas de centros de adoración, así como extracción de arcillas para la elaboración de los huacos, platos, ollas y tazas para uso doméstico.

Como minería no metálica en las referidas culturas ubicadas en la planicie costera, mencionamos la extracción de los cantos rodados de los suelos y la extracción de rocas macizas de los cerros. Estas rocas las emplearon en las cimentaciones de sus viviendas y templos, en la construcción de canales y reservorios para el abastecimiento de agua.

En la planicie costera no se localizan yacimientos de oro, cobre, plata (Tumialán, 2003). Estos metales los obtuvieron de los afloramientos de vetas en las cordilleras Occidental, Central y Oriental. El oro del batolito entre Ocoña y Nasca de la Cordillera Occidental, del Batolito de Pataz- Buldibuyo de la Cordillera Oriental. La plata de la Franja Volcánica Cenozoica de la Cordillera Occidental de Arequipa, Huancavelica, Áncash, La Libertad. Solo explotaron hasta una profundidad de 2 metros, excavaciones para las que utilizaron cuernos de animales. Gran cantidad de oro lo obtuvieron de los lavaderos de oro ubicados en la llanura de la selva de los ríos Madre de Dios, Inambari, Tambopata del departamento de Madre de Dios, así como en el centro oriental de los ríos Pachitea, Huallaga y Marañón.

En el norte, el oro provenía de lavaderos de los ríos que vienen del Ecuador: Santiago, Cenepa, Chinchipe; al noroeste del río Tablachaca, afluente del río Santa. El cobre del Batolito de la Costa como cobre Acarí, y como subproducto de los yacimientos de las cordilleras Occidental y Central.

El arqueólogo Julio C. Tello menciona la turquesa hallada en la cultura preincaica Huari. Además, es muy probable el uso de crisocola que abundan en las vetas de cobre en la superficie, de color verde y de alto grado dureza.

En la metalurgia, el oro de los lavaderos se concentraba por gravimetría en recipientes de crisoles de arcilla en forma de plato. Los óxidos de cobre, el oro y la plata eran sometidos a una fundición a alta temperatura con carbón en hornos aéreos. Los óxidos eran previamente molidos en batanes de piedra. El acabado por el martilleo con piedras hasta obtener un espesor de una hoja de papel. La minería en la Cordillera considera las culturas de Chavín de Huántar, Huari, Tiahuanaco, como minería mayormente de traslado de rocas de diferente tamaño para edificar sus fortalezas y centros ceremoniales, de igual manera para sus viviendas y canales (Del Busto, 1985).

1.1.2 El incanato

Es importante la actividad minera en el incanato. La época incaica se inicia entre los siglos XII y XIII de nuestra era. La conquista española truncó su expansión y el desarrollo de la minería del incanato (Samamé, 1979). Su extensión fue desde Pasto en Colombia hasta el río Maule en Chile.

Entre los principales metales que conocieron y explotaron los incas están el oro, llamado en quechua ccori, la plata collque, el cobre anta, plomo lití, hematita conocida como "hierro", entre otras, que les servía como medios de producción, y como instrumentos y herramientas de trabajo (Sutta Soncco, 2011).

Tenían gran destreza en el trabajo de grandes bloques de piedras, como la piedra de los doce ángulos en el Cusco, rocas calcáreas que se pulían calentándolas para dar óxido de calcio (cal), entre las piedras argamasas de grano mediano a fino. Emplearon como colores el rojo del cinabrio (sulfuro de mercurio); el verde de la malaquita (carbonato de cobre) y crisocola (silicato de cobre hidratado); el gris de la blenda (sulfuro de zinc) y el anaranjado del rejalgal (sulfuro de arsénico) y oropimente (trisulfuro de arsénico).

En la metalurgia del oro, de la plata y del cobre desarrollado en el incanato se reconocen en los museos arqueológicos, se observa los trabajos espectaculares realizados por la cultura incaica (Gonzales Vigil, 2016).

Documentos probatorios

Según Garcilaso de la Vega, el oro se obtenía de las vetas con trabajos cerca de la superficie de las minas de Callahuaya o de los lavaderos de los ríos donde se encontraban pepitas de oro de 18 quilates, 20 quilates y 24 quilates de ley. La plata se sacaba de muchas vetas mayormente ubicadas en la franja volcánica cenozoica de la Cordillera Occidental. El mismo autor informa que para la fundición no usaban fuelles sino canutos de cobre soplado por ellos, colocaban muchas hornillas portátiles en las partes altas de los cerros donde soplaba el viento natural para producir la fundición y lo completaban en sus viviendas con el sople de canuto de cobre.

Garcilaso de la Vega manifiesta que en el templo del Sol había un disco grande del Sol de oro y en sus paredes planchas de oro. El templo de la Luna estaba estampado con planchas de plata, ambos templos en el Cusco (Garcilaso de la Vega, 1609).

Un documento muy importante es el que estima cuánto ofreció Atahualpa por su rescate. El inca cumplió con lo prometido para su rescate con riquezas de oro. No obstante, aun así, lo ajusticiaron. El acta extendida por el escribano Sancho, con ocasión del rescate de Atahualpa con fecha 17 de junio de

1533, indica la cantidad de oro y plata, omitiéndose las perlas y piedras preciosas entregadas. El historiador William Prescott expresa "vendría a equivaler a 3 millones de libras esterlinas" (Samamé, 1979).

El rescate fue recibido por: Francisco Pizarro, su hermano Hernando Pizarro, Hernando De Soto, más de un centenar de soldados de caballería e infantería, Diego de Almagro, y una cantidad de 30 hombres que se quedaron en San Miguel de Piura. La Corona española recibió una suma considerable del rescate. La relación total no aparece. Se presume que Pizarro y sus acompañantes escamotearon buena parte del botín. Hernando Pizarro fue el encargado de llevar el botín al Rey.

El arqueólogo norteamericano Samuel K. Loth Trop, compañero de Julio C. Tello en su trabajo de Paracas, estima que el valor del rescate que pagó Atahualpa asciende a la suma de \$8 344 307.00, considerando en \$35.00 la onza, a la fecha actual esta cifra asciende a \$308 024 132.70 con el valor de \$129.2 una onza de oro. En el Cusco, también, rescataron oro y plata por un valor de \$8 545 798.00 sumados al rescate de Cajamarca, asciende a \$16 890 105.57 con la cotización de la onza de oro hoy en día da como resultado la suma de \$4 364 403 279.00 con el valor de \$129.2 una onza de oro. Una suma muy expectante (Samamé, 1979).

Luis E. Valcárcel en su libro Historia del Perú antiguo señala:

"Fray Diego de Mendoza manifiesta como minas de plata en Puno San Antonio de Esquilache, Lampa, Pomasi, Santa Lucía, Condorama, en Arequipa Cailloma."

Santa Lucía en Puno, Cailloma en Arequipa, laboradas desde la época incaica, sacaban pepitas de oro de los lavaderos del río de Madre de Dios. Los nativos no mostraron a los españoles todos los yacimientos que conocían. Los trabajos de explotación eran cerca de la superficie, pequeños socavones donde entraba un solo hombre usaban cuernos de animales, sacos elaborados con piel de oveja.

En la superficie molían los óxidos, en una canaleta de madera echaban el óxido molido y agua, quedando los minerales pesados, una concentración gravimétrica. Además de los cuernos de animales usaban un martillo de palo hecho con una piedra incrustada para extraer los minerales metálicos. La mayor producción de oro provenía de los lavaderos de oro.

El imperio incaico llegó a la era del bronce, alearon el cobre con el estaño. Las piezas de bronce se usaban más en Puno que en el resto del Perú, por cuanto el estaño provenía de Bolivia para alearlo con el cobre. El plomo se usó más tarde, cerca de la era incaica, por la cultura Mochica al norte de la costa peruana. El cinabrio de color rojo lo usaban como pintura roja.

Metalurgia peruana

En el estudio de Paul Rivet y Henri Arandux sobre la metalurgia en América precolombina hay una descripción de Eric Boman basado en los cronistas y comprobados por él sobre los hornos de fundición o "huaira". Eran grandes vasos de tierra, redondos, de alrededor de 1 m de altura por 0.40 metros de ancho, colocados sobre la base de piedras, los vasos eran ensanchados en la parte superior con agujeros de diferentes dimensiones. Unos eran para dejar entrar el viento y atizar el fuego, y otros para la salida del humo; debajo de los primeros había un reborde saliente donde se colocaban brasas para calentar el aire antes que se penetrara al interior del horno y otros para la salida del humo. Los combustibles que emplearon fue la yareta o champa, una yerba seca de las punas; la bosta, que es el estiércol seco de animal; y la madera (Garcilaso de la Vega, 2000).

Con el laboreo del oro se da a inicio la metalurgia en América, aproximadamente hace 2000 a. C. La motivación de su búsqueda es debido a su fácil maleabilidad, iniciándose así el desarrollo de minería, cuya importancia fue creciendo lentamente desde su aparición con la cultura Chavín (Petersen, 1970).

El desarrollo minero y metalúrgico en el Perú, Bolivia y Ecuador fue en la era del cobre y del bronce. El bronce fue concebido en el Imperio Incaico sin influencia del exterior. Respecto a la plata, se realizó aleaciones de plata y cobre con 60 % de Ag, 40 % de Cu. Existió aleación de oro con plata, aleación de oro con cobre y plata (Samamé, 1979).

Se considera que los orfebres de la costa peruana fueron los que concibieron la aleación Au-Ag-Cu. A veces plomo fundido cubría a otras aleaciones. La aleación de Zn con cobre para formar el latón fue muy esporádica. No conocieron la aleación con platino por la ausencia de este elemento. Tampoco conocieron la fundición de hierro para formar el acero. No usaron el mercurio metálico, solo cinabrio como colorante para pintura roja de la cara.

Este proceso prosigue en las culturas Vicús, Mochica, Chimú, Tiahuanaco y Wari. Los artesanos metalurgistas de estas entidades desarrollaron la fundición del oro, plata, cobre, estaño y zinc en hornos construidos en esa época (Rodríguez & Schávelon, 2012).

Carcedo (1998) comenta sobre el proceso metalúrgico en la época preincaica: "...Se separan y purifican los metales; se distinguen los óxidos y se reducen los sulfuros; se realizan aleaciones y se utilizan con diversos fines. La fundición es un simple calentamiento de los metales nativos en un horno con crisoles hasta derretirlos; en estado líquido pasan a lingoteras o determinados moldes. La aleación es la mezcla de dos o más metales, normalmente por calentamiento, hasta que se funden..." (figura 1.6).



Figura 1.6 Cerámico Mochica que representa una escena de producción metalúrgica
Fuente: Donann (1998)

Entre diversos cambios culturales que ocasionó en las ciudades preincaicas, las que fueron cayeron bajo el nuevo orden, el Estado inca incentivó las prácticas tecnológicas en torno a la metalurgia, impulsando las extracciones mineras de los metales de oro, plata, estaño y zinc, utilizados para la elaboración de arte tanto de corte ceremonial, adornos, utensilios, revestimiento de murales e incluso armas de guerra (Rodríguez & Schávelon, 2012).

En síntesis, en la costa peruana los metales conocidos fueron el oro, la plata, el cobre, el estaño, el plomo y las aleaciones de cobre y estaño, oro y cobre, plata y cobre, y plata y oro. Asimismo, tenían conocimiento de técnicas aplicadas, martillaje, endurecimiento por martillaje en frío, coladura ordinaria, puesta en calor, enchapado de oro sobre plata y cobre, enchapado de plata sobre cobre o sobre aleación de cobre y plata, soldadura autógena o soldadura ordinaria, trefilado, repujado, revestimiento metálico, recortado (Samamé, 1979).

Las evidencias arqueológicas ponen de manifiesto la variedad de técnicas con las que contó el antiguo minero peruano. Hay que agregar las hornillas de piedra y cerámica, crisoles para la fundición, yunque de piedra compacta. Conocían el martillo de cobre, bronce y piedra, y hachas con los mismos materiales. Para el beneficio del oro, plata y cobre tuvieron las hornillas con tiro de aire natural, usadas sin necesidad de fuelles. Utilizaban tubos sopletes de cobre, caña o cerámica. El oro de 20 a 22 quilates no lo refinaban. Si eran de menos quilates lo utilizaban en aleaciones de plata (Samané, 1979).

Monumentos arqueológicos

Machu Picchu

El santuario histórico de Machu Picchu se encuentra situado en la Cordillera Oriental del sur del Perú, está a 2450 m s. n. m. y por encima de 500 m del río Urubamba que corta la Cordillera. Se ubica en la provincia de Urubamba, Cusco. En su sector norte, corre el río Urubamba. Está compuesto por roca intrusiva, construido por el inca Pachacútec en 1450, perteneciente a la cultura incaica.

Descubierto por Hiram Bingham en 1911, fue considerado todo un misterio, una obra gigantesca, espectacular, guardada en secreto durante toda la época del coloniaje del Perú.

La mayor parte del santuario de Machu Picchu se halla sobre un conjunto de rocas ígneas intrusivas del Batolito de Machu Picchu, que está formado principalmente por granitos y granodioritas que han sido datados por Rb/Sr en 246 ± 10 Ma (Egeler & De Booy, 1961). Estas rocas se encuentran cortadas por diaclasas y fallas, estas últimas tienen un papel muy importante en la geomorfología que presentaba la zona cuando los incas llegaron a ese lugar. También, afloran rocas metamórficas del Paleozoico inferior, rocas sedimentarias de edad mesozoica y cenozoica, y depósitos cuaternarios como coluviales, fluviales y conos de eyección (Carlotto et al., 2009).

Los cerros Machu Picchu, Waynapicchu y alrededores, incluyendo la ciudadela inca, están compuestos por rocas

ígneas intrusivas del Batolito de Machu Picchu. Carlotto et al. (2007) hicieron un levantamiento geológico detallado a escala 1:500 de la ciudad, permitiéndoles identificar cinco unidades cartografiables: granitos masivos, granitos muy fracturados y movidos por gravedad, bloques de granitos separados, y depósitos coluviales y material de relleno.

El granito ha sido utilizado por los incas para la construcción y constituye un buen material tanto por su composición como por su estructura (cortado por fracturas), que ha permitido una **separación natural y también artificial en bloques paralelepípedos** de diversos tamaños.

Si hablamos de explotación minera en estas culturas, tenemos que ver la manera en que labraron las diferentes plataformas a manera de andenes, todo en roca intrusiva. Se observa, alejada de las construcciones en una parte más elevada, la cantera de rocas intrusivas de donde han extraído bloques de rocas. Aprovechando las diaclasas y fracturas de ese macizo rocoso, han sacado lajas de rocas para usarlas como paredes de las viviendas. La cantera está al lado oeste de mayor elevación. El sistema hidráulico es espectacular, con canales subterráneos y **superficiales que conducían el agua de una fuente superior** en el pasado, la que hoy está seca; todos los techos eran de ichu, pero ahora se encuentran descubiertos para dar un aspecto más agradable (Agurto Calvo, 1987).

Toda roca en el mundo tiene diaclasas cercanas a su superficie y fracturas de mayor longitud. Los antiguos de la cultura incaica aprovecharon estas fracturas para su trabajo de obtener los bloques de rocas como fase de explotación de rocas intrusivas de minería no metálica. No podemos eludir los aspectos históricos de nuestros antepasados.

Piedra de los 12 ángulos

Es un bloque de piedra de la cultura inca que forma parte de un palacio. Popularmente es conocido por su gran acabado y bordeado perfeccionista, propio de la arquitectura inca. Actualmente, es considerado Patrimonio Cultural de la Nación del Perú. **Se encuentra en la calle San Blas de la ciudad del Cusco**, está construido de rocas ígneas de composición diorítica.

Coricancha

El templo de Coricancha, el "Templo dorado" como era conocido, fue un lugar sagrado donde se rendía adoración al dios inca: el Sol. Las piedras que componen el templo tienen un leve almohadillado en los lados, que expresan la sobria estética de la construcción en el imperio inca; base de esta construcción son rocas de gran tamaño y muestran una explotación minera no metálica: la extracción de estos bloques de rocas y su traslado.

Fortaleza de Sacsayhuamán

Es una fortaleza ceremonial inca ubicada dos kilómetros al norte de la ciudad de Cusco. Se comenzó a construir durante el gobierno de Pachacútec, en el siglo XV; sin embargo, fue Huayna Cápac quien la culminó en el siglo XVI.

La construcción es típica de la arquitectura inca, aunque es el lugar donde esta técnica se usó a mayor escala. La roca que generalmente se utilizaba era la andesita, se cortaba en la cantera de forma tosca con la forma aproximada requerida y luego era arrastrada con cuerdas por cientos de hombres hasta el lugar de construcción, donde se daba el tallado definitivo.

Ruinas de Pisac

Se encuentran ubicadas en el extremo oriental del Valle Sagrado de los incas. Consta de un templo, un altar, plataforma ceremonial, baños y terrazas agrícolas; este sitio en buen estado alguna vez sirvió como un centro religioso, agrícola y militar. Además de los bloques en la construcción de las viviendas, tiene un gran número de andenerías como explotación de minería no metálica.

Ruinas de Ollantaytambo

Se conocen como el "Templo del Sol". Emplazado en el distrito de Ollantaytambo, fue construido en el siglo XV. La extracción de los bloques de rocas se considera como explotación minera no metálica. La cerámica de la cultura incaica es de calidad inferior a la cerámica de la cultura preincaica (Rotzen, 2008).

Caminos del Inca

Se han construido miles de kilómetros del Camino del Inca con cortes de rocas, y relleno de suelo y rocas en las depresiones y puentes colgantes con sogas de maguey. Como minería no metálica consideramos los cortes de rocas, y el relleno de suelo y rocas a lo largo de los Caminos del Inca (Samamé, 1979).

Datos adicionales sobre la minería de la cultura incaica

En los territorios conquistados, se incluían las zonas de extracción de Au, Cu, Ag como propiedad del imperio incaico, con trabajadores para la extracción de los metales. El oro se obtenía de la explotación superficial de vetas y de los placeres de los ríos, el cobre se obtenía como minerales oxidados del afloramiento de las vetas.

De la Franja Volcánica Cenozoica de la Cordillera Occidental se extraía la plata de Caylloma en Arequipa, de la región de Huancavelica, de la Cordillera Negra (Áncash).

Para la recuperación de los minerales preciosos se utilizaban platos de calabaza y agua, con los que separaban el oro de la

arena de los lavaderos. Los óxidos los molían en los batanes, molinos de piedra sobre piedra, los cuales colocaban en crisoles de arcilla, sometidos al fuego. El oro, la plata y el cobre, comprimidos con piedras, daban como resultado láminas de oro, plata, cobre. Estos procesos metalúrgicos rudimentarios se realizaron a lo largo del Tahuantinsuyo (Samamé, 1979).

En resumen, en las culturas del preincanato e incanato, la minería fue la explotación no metálica de suelo en la planicie costera, mayormente de rocas en la Cordillera, más la adición de la explotación clásica de oro, plata, cobre, estaño, plomo, zinc, crisocola, ópalo, cristales de cuarzo. La cultura incaica conoció la aleación del estaño y cobre para tener como resultado el bronce.

1.1.3 La Colonia

La minería colonial fue mayormente de extracción por el exceso de codicia de los conquistadores. Se trabajó sin método de explotación, con una fiebre desmedida por encontrar los recursos minerales y con la aplicación de la mita.

En los primeros años de la conquista, la obtención de recursos fue de las riquezas del imperio incaico. El rescate de Atahualpa fue el inicio de la acumulación de piezas de oro y plata a cambio de la libertad del Inca. Cuando se saquearon los objetos de oro y plata de los centros ceremoniales del imperio incaico, los conquistadores pensaron en explotar las minas de donde se obtuvieron esos metales preciosos (Samamé, 1979).

Las guerras civiles entre los conquistadores (almagristas contra pizarristas) retrasaron el inicio sistemático de la explotación de las minas. Los nativos recelosos no mostraron completamente la ubicación de las minas (Samamé, 1979). Ellos usaban el oro, la plata mayormente en los templos ceremoniales; en cambio, los conquistadores solo como elemento de riqueza.

Los reyes de España tenían interés en apoyar la minería en el Nuevo Mundo, alistaron artesanos mineros para enviar a América y enseñar su oficio a los pobladores. Por Real Cédula de 1504, se estableció a favor de la Corona el derecho de recibir el 20 % del valor del mineral extraído sin reducción de costos, sin descuento alguno (Samamé, 1979).

Los españoles no podían realizar transacciones comerciales en América, solo dependían de la Corona española, pero los nativos carecían de facultades para realizar denuncios mineros. Si bien disminuyeron estas restricciones con el tiempo, siempre se daba preferencia a los españoles.

Para alentar el descubrimiento de oro en el Perú, el cabildo de Huamanga en 1541 reconoció que los vecinos (españoles) disfrutaban de los hallazgos mineros que hicieran sus servidores, incluyendo a los nativos, pero lo declarasen bajo el plazo de un

mes. Pasado el plazo, el yacimiento podía ser denunciado por cualquiera. Los huamanguinos de esa época preferían la vida de la ciudad y no la actividad minera. En general, las Providencias Reales no eran respetadas, y que las autoridades dieran sus propias reglas (Samamé, 1979).

Con respecto a la minería, las primeras ordenanzas vigentes no tuvieron origen monárquico sino local. Fueron dictadas el 25 de octubre de 1538 por el Cabildo del Cusco, presidido por el marqués Don Francisco Pizarro (Porras Barrenechea, 2016).

El ingeniero José Balta, ministro de Estado en la Cartera de Fomento y Hacienda en 1929, indica "La riqueza minera del Perú fue la causa de su conquista y colonización, y el principal factor sociológico durante el Virreinato" (Samamé, 1979). Fueron los minerales metalíferos una especie de fermento que produjo los viajes de exploración, los descubrimientos geográficos, el poblamiento, la fundación de ciudades, la guerra entre los conquistadores, la esclavitud y la casi extinción de una raza, así como la importación de negros con enormes consecuencias étnicas, políticas e históricas. De las minas, dependían la política, las finanzas públicas y las fortunas privadas. En resumen, puede sostenerse que al conocerse la historia de la minería desde 1530 hasta 1821, unos tres siglos, se llega a conocer la verdadera Historia del Perú" (Samamé, 1979).

Primeros años

La rebelión de Manco Inca desencadenó la rencilla entre Pizarro y Almagro con la decapitación de Almagro en el Cusco en 1538 y el asesinato a Pizarro por los almagristas en 1541 en Lima. El hijo de Almagro se proclamó gobernador y capitán general hasta su derrota y ejecución en 1542 por el enviado real Cristóbal Vaca de Castro, quien en mayo de 1544 entrega el mando al virrey Blasco Núñez de Vela, quien hace detener a Vaca de Castro y lo envía preso a España.

Gonzalo Pizarro, hermano de Francisco Pizarro, se revela y derrota al virrey Blasco Núñez de Vela en la batalla de Añaquito, el 19 de enero de 1548. Luego, llega el pacificador Pedro de La Gasca y Gonzalo Pizarro es vencido en la batalla de Jaquijahuana, degollado y exhibida su cabeza en la Plaza de Lima en abril de 1548, La Gasca permanece en el Perú hasta 1550. En 1551, toma el poder el virrey Antonio de Mendoza, quien fallece en Lima el 21 de julio de 1552. El 29 de junio de 1558, llega a Lima el virrey Andrés Hurtado de Mendoza, Marqués de Cañete, quien en la rebelión de Francisco Hernández Girón, en noviembre de 1553 a diciembre de 1554, fue ajusticiado (Samamé, 1979).

Fue un periodo de más de 20 años de agitación desde la prisión de Atahualpa, su muerte en agosto de 1533, la fundación de

Lima el 18 de enero de 1535 por Francisco Pizarro. Luego, con el Marqués de Cañete, hay un periodo de tranquilidad en el virreinato (Porrás Barrenechea, 2016).

Según José Balta, el punto de partida de la minería en 1537 se da con la explotación de oro y plata en Lucanas-Parinacochas en Ayacucho. En la segunda mitad del siglo XX, se explotó la mina de plata de San Juan de Lucanas. La referencia debe ser de otras minas en Lucas-Parinacochas que fueron agotadas; siguen las minas de plata en Jauja y Huancayo en 1539, que por experiencia propia se puede afirmar que nunca hubo minas de plata en esa región. Otras minas de oro se explotaron en Jaén (Cajamarca) y Carabaya (Puno) en 1544 y 1545, respectivamente (Samamé, 1979).

Cieza de León menciona, en 1553, las minas en Chacas (Áncash), Sandía (Puno), Carabaya (Puno) y Cajamarca. En 1540, los hermanos Pizarro torturaron y obligaron a los nativos a revelar la ubicación de las minas de plata de Colque Porco en Puno de donde extraían plata para recubrir parte de los muros del Templo de Coricancha en el Cusco. El Pacificador La Gazca los incorporó a la Corona (Samamé, 1979).

Mina de Plata Potosí

Se tiene como antecedente el trabajador de la mina Porco de nombre Huallpa, nacido en Chumbivilcas, Cusco, quien hizo el hallazgo de la mina de plata de Potosí. Huallpa extrajo mineral de un pequeño socavón, lo fundió y obtuvo plata metálica. Luego, él le informó al capitán español Juan de Villaroel, residente en Porco, quien realizó el denuncia de la mina Potosí y lo inscribió

a su nombre el 21 de abril de 1545. Fue en la época en que Gonzalo Pizarro dominaba el sur del Perú y el altiplano.

En los primeros 25 años, en Potosí se explotaron minerales ricos en plata. La fundición era en hornos llamados huayras. Desde 1571 se usó la amalgamación con el azoque de Huancavelica con una explotación por más de 200 años, convirtiendo la ciudad de Potosí en la ciudad más opulenta del virreinato.

En 1574, se hicieron excavaciones que alcanzaron los 400 metros de profundidad, con vetas de 1.65 m a 0.21 m de ancho y leyes de mineral de 6 a 10 marcos (un marco igual a 230 gr) por quintal, es decir de 30 a 50 k por toneladas métrica, como pobres de 2 a 6 k por tonelada. Una mina moderna de plata se considera buena con vetas que produzcan 600 gramos por tonelada métrica (Samamé, 1979).

Se usaban barretas de 25 libras, los cargadores iban en grupos de tres, cada persona cargaba dos arrobas (equivalente a 23 k) y la persona que iba delante portaba una vela. Las vetas eran en la mayoría casi verticales. El primer socavón se comenzó en 1556. En las memorias del virrey Toledo en 1569 se había producido 380 millones de pesos, cerca de 16 millones anuales. En la época del virrey Velasco (1603), la producción fue de 596 millones de pesos. La producción de Potosí en la época virreinal se estima que fue de tres mil millones de pesos (Samamé, 1979).

Según Martínez (2015), Potosí se encuentra a más de 4000 metros de altura sobre el nivel del mar. A pesar de las extremas condiciones climáticas, los españoles crearon una enorme ciudad y fue la más grande de América con una población de 120 000 habitantes.

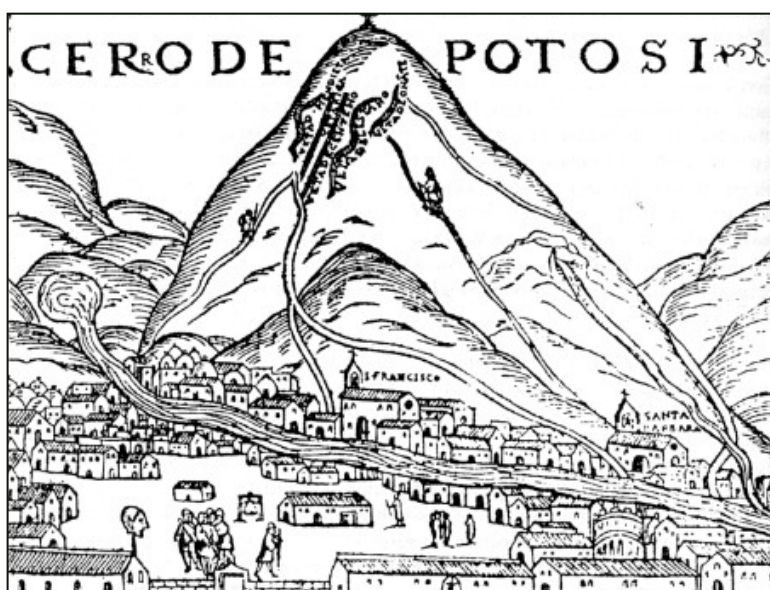


Figura 1.7 Cerro de Potosí

Fuente: Bartolomé Arzans de Orsúa u Vela

Cronistas como Cieza de León, entre otros muchos, aporta noticias referidas a las minas de plata, siendo entre ellas la famosa mina incaica de Porco que se ubicaba cerca de la actual ciudad de Potosí. Al respecto, Cieza (1984) dice: "Y en este cerro de Porco, que está cerca de la villa de Plata, había minas, donde sacaban plata para los señores; y afirman que mucha de la plata que estaba en el templo del sol de Coricancha fue sacada de este cerro".

La fama de Potosí está ligada íntimamente a la plata. La ciudad se fundó en 1545, después del descubrimiento de Cerro Rico, que domina la ciudad, y tal y como indica su nombre, es la montaña en la que se descubrieron los ricos filones de plata. Las vetas que se hallaron eran de tal calidad que las minas no tardaron en ser las más productivas del mundo. Las minas de Potosí respaldaron la economía del imperio hispánico durante más de dos siglos de intensas explotaciones que paulatinamente fueron decayendo.

Geología de Potosí

En la geología del yacimiento de Potosí, en el Terciario, se produce la intrusión de roca magmática originando metamorfismo de contacto. Este intrusivo es el stock de Cerro Rico. En un evento posterior, ascienden las soluciones hidrotermales a través de las fisuras y se depositan en la parte superior de stock como en la roca encajonante (roca sedimentaria) y se deposita piritita, casiterita de grano fino, cerargirita y argentita.

Minería en Potosí

La explotación del "Cerro Rico" o "Potosí" se inicia por los siguientes factores: la abundancia mineral del yacimiento, la comprobación de la alta ley de la plata y la facilidad de extraerla.

Como cualquier mina, en Potosí se trabajó con el mineral superficial. A medida que se avanzaba la explotación, fueron cambiando las condiciones de laboreo y el mineral se hizo menos accesible. En consecuencia, se inicia la perforación en mina mediante "pozos de ordenanza". Estos eran pequeños pozos perforados en el afloramiento de la veta (Rey, XXXX_IMP IV). La necesidad de perforar pozos inclinados se justificaba por razones geológicas.

"... Obedeciendo a la naturaleza de las vetas, en su gran mayoría de trayectoria vertical, por lo cual la mina tenía que ser trabajada hacia abajo, por varios conductos al mismo tiempo..." (Samamé, 1979).

A medida que los pozos eran de mayor profundidad, se presentaban problemas en las excavaciones, entonces se procede hacer socavones. Estos era la mejor manera para explotar de las vetas del yacimiento.

El primer socavón se comenzó en 1556 con longitud de 250 varas, 8 pies de ancho, y dos metros de altura; conectado a la veta principal a unos 260 metros debajo de la superficie. En 1574 alcanzaron excavaciones de 400 metros de profundidad, con vetas de 0.21 a 1.65 m de ancho y con leyes de mineral de 6 a 10 marcos (un marco equivale a 230 gramos) por quintal. En la actualidad, una mina de plata se considera buena si sus vetas producen 600 gramos por tonelada métrica (Samamé, 1979).

Hoy en día, se sigue explotando el cerro de Potosí (figura 3); sin embargo, el principal metal explotado no es la plata sino el estaño, el zinc y el arsénico. A pesar de que mantiene su morfología original exterior, el interior del cerro ha sido sometido a un horadamiento.

La mita minera en la Colonia

La minería en la Colonia descansa en dos factores. Uno es de carácter geológico que tiene que ver con la ocurrencia del yacimiento, la geología y las reservas de mineral; el otro factor es de aspecto social: la explotación del nativo peruano (Samamé, 1979).

La mita colonial no es igual que la mita incaica. Para los incas, la mita era un sistema de trabajo que se encargaba de movilizar a los indígenas para trabajar en labores de construcción de caminos, puentes, templos, centros administrativos, sistemas hidráulicos, explotación minera, etc. Para la colonia española, la mita era una forma de obtener mano de obra barata para trabajar en labores mineras. Los trabajos duraban una a dos semanas en el interior de la mina, los indígenas no podrían salir hasta que terminaran el trabajo ordenado (Martínez, 2015).

Hubo muchas voces de protesta y denuncias de sacerdotes y autoridades hispanas. Lamentablemente, justificaciones sin fundamento, así como disposiciones proteccionistas sin cumplir, dictadas por la monarquía española, siguieron siendo problemas latentes. La mita no tenía un trato justo y humanitario.

Virgilio Roel precisa que la mita incaica no era igual a la mita colonial. La mita incaica se utilizaba solo en los trabajos oficiales, en tanto la mita colonial fue para beneficio privado. Otra diferencia es que mientras la mita incaica era en beneficio del mitayo, en la mita colonial es en beneficio del dueño de la mina.

El virrey Francisco Toledo organizó la mita colonial. Con respecto a la mita de Potosí se dispuso que fuera servida por 16 provincias, de las cuales debían tomarse un séptimo de su población, de edades entre los 18 y 50 años, con la obligación de servir por un año. En las 16 provincias había 91 000 pobladores entre esas edades, las cuales se distribuían en tres turnos (Samamé, 1979).

Los obreros del sistema mita pasaban una a dos semanas en la mina. El virrey Pedro Antonio Fernández de Castro, Conde de Lemos, trató de corregir tan inicua situación. Destituyó al corregidor de Potosí Luis Antonio Oviedo y Herrera (Conde de la Granja), quien se resistía a aplicar sus disposiciones. Tras el fallecimiento del Conde de Lemos fue repuesto en el cargo.

El virrey Melchor de Navarra y Rocafull, Duque de la Palata, llegó al Perú a fines del siglo XVIII. En esa época, el número de trabajadores de la mita se redujo a la mitad respecto al número de trabajadores en la época del virrey Toledo. El virreinato del virrey Toledo se componía de 20 115 nativos y se redujo a 10 427 en el virreinato de virrey Melchor de Navarra y Rocafull por la disminución de los habitantes de aquellos pueblos. En consecuencia, por lo expuesto, extendieron la mita a más pueblos (Samamé, 1979).

El virrey Luis Enrique de Guzmán, Conde de Alba de Liste, quien gobernó el Perú entre 1655 y 1661 fue partidario de suprimir la mita. El virrey Luis de Velasco que llegó a Lima en 1586 pidió que se aboliera la mita. Sin embargo, así como hubo generosos defensores de los nativos, existieron otros que justificaron la práctica de la mita.

El licenciado Juan de Matienzo en 1567 presenta a la Católica Majestad el artículo "Gobierno del Perú", con "todas las cosas pertenecientes a él y a su historia" en donde comenta "Comparemos lo que los españoles reciben y lo que dan a los nativos, para ver quién debe a quien, démosle doctrina, enseñémosle a vivir" Luego escribe, "Pues, ¿Qué otra cosa diremos que nos han dado los nativos por cosas tan inestables como les habremos dado, sino piedras y lodo?" (Samamé, 1979).

Según Matienzo "Cuanto más nativos hubiera en Potosí y Porco, más plata se sacaría", "Con su familia estarán un año y vendrán otros por otro año". "Si no quieren mitar es porque son holgazanes, no es quitarles la libertad. Compelerlos a trabajar, pagándoseles, pues nacieron para ello y para ser mandados". **Todo ese término lo manifiesta Matienzo con mucho cinismo.** Los españoles estuvieron equivocados respecto al trabajo de las mitas en el coloniaje en el Perú.

La mita minera estuvo generalizada en todo el territorio del virreinato, tuvo caracteres dramáticos para las minas de Potosí y Huancavelica. En esta última población, la mita debía afectar a 1200 nativos que habitaban en una extensión de hasta 40 leguas a la redonda (Ponz Muzzo, 1998).

José Gabriel Condorcanqui entre sus muchos reclamos hace alusión a la mita. En octubre de 1776, Condorcanqui se presenta ante el escribano del Cusco, José Palacios "La Causa que tienen pendiente en el Real y Superior Gobierno de estos reinos sobre

que se liberen a los naturales de sus ayllus de la pensión de la mita que se despacha al Real Asiento de Villa Real de Potosí."

En Lima, Condorcanqui prosigue su gestión al visitador General José Antonio de Areche. Areche reconoce el 23 de septiembre de 1777 que "La mita según se presenta en el reino, es a mi entender uno de los males que es fuerte cortar brevemente, si queremos población, civilidad, y que se nos acerquen los nativos a lo que llevan y pueden ser"; pero su respuesta al cacique fue que "su escrito no trae la instrucción necesaria para hacer el recurso de la eliminación de la mita que pretende."

Con fecha 18 de diciembre de 1777, Condorcanqui presenta un extenso escrito al virrey Guirior, que suscribe como José Tupac Amaru, cacique de los pueblos de Surimana, Pampamarca y Tungasuca, de las provincias de Canas y Canchis (Tinta). Dice de las penalidades que padecen los nativos en las minas de Potosí, distante de más de 200 leguas con la extinción de los pueblos. Son obligados a marchar con sus hijos y esposa, hacen una dolorosa despedida de su pueblo, de sus parientes, pues los aniquila el clima y el trabajo pesado de Potosí. "No vuelven a su pueblo cuando la esclavitud acaba antes con su vida" (Samamé, 1979).

Prosigue y expresa "los vejámenes y abusos, el despoblamiento de los pueblos, se despiden con ánimo de morir y no volver más a su tierra, venden sus chozas y enseres, los tratan peor que a los esclavos, con trabajo excesivo."

La mita es, sin duda, el instrumento básico de la minería colonial. En la actualidad, existe el servicio militar obligatorio para los jóvenes mayores de 18 años, servir en el ejército por un año; así también fue la mita.

Expansión de la minería colonial

Otras minas en los primeros años de la colonia fueron:

Huancavelica

Desde el preincanato e incanato, el yacimiento de mercurio de Huancavelica era conocido. Los nativos extraían el cinabrio como pintura facial. Rivero y Ustáriz encontró hornos pequeños cerca de Huancavelica, donde procesaban el cinabrio de la mina de mercurio de Santa Bárbara.

Una Real Cédula del 4 de septiembre de 1555 recomienda al Virrey Marqués de Cañete ubicar un yacimiento de mercurio para la metalurgia de la plata. Sarcés y sus socios efectuaron trabajos de exploración y catas en Huamanga y Huancavelica.

El descubrimiento de la mina de mercurio fue gracias a un nativo llamado Ñahuincopa, natural del pueblo de Acoria, dependiente del ciudadano de Huamanga Amador de Cabrera. La inscripción oficial fue en 1564 y la explotación en 1566 (Samamé, 1979).

Un nativo de Conayca (Huancavelica) llamado Gonzalo Ñahuincopa, curaca del pueblo de Chachas (llamado después Acoria) reveló la existencia de cinabrio. El cronista Montesinos escribió lo siguiente:

En una procesión de Corpus Cristi en Huamanga, un niño paje de Amador Cabrera, hijo de Ñahuincopa llevaba su sombrero con un cintillo precioso, el cintillo se desprendió, Cabrera comprendió al niño y su padre Ñahuincopa le agradeció y le informó sobre la mina de cinabrio y Cabrera le dijo "seremos socios". Para esa época, el virrey era el licenciado Lope García de Castro, designado por el fallecimiento del Virrey Conde de Nieva.

En otro texto sobre la filosofía de la geología, este hecho lo describe en estos términos "En la procesión del Corpus Cristi en Huamanga el ciudadano Cabrera acompañaba la procesión, a su lado iba su paje, el hijo de Ñahuincopa, llevando el sombrero de Cabrera con un cintillo de oro, el cintillo de oro se cayó y se perdió, el niño se fue a Huancavelica por temor del castigo de Cabrera. En Huancavelica Ñahuincopa le dijo a su hijo: Yo te llevaré a Huamanga y hablaré con Cabrera, Ñahuincopa pidió que perdonara a su hijo y en compensación le haría conocer una mina rica de cinabrio en Huancavelica. El niño se quedó en la casa de Cabrera, Ñahuincopa llevó a Cabrera y le mostró el gran yacimiento de cinabrio"; ambos relatos se parecen.

Al inicio, Cabrera encontró un cuerpo 80 varas de longitud por 40 varas de ancho explotables; al mismo tiempo con 300 hombres, localizaban otros cuerpos en las areniscas de la Formación Goyllarisquiza del Cretáceo inferior. Al pie corría un río y en la terraza fluvial se ubicó el pueblo de Huancavelica (Samamé, 1979).

En Huamanga, Garcés y Pedro Contreras al estudiar las muestras aseguraron que el mineral era cinabrio (sulfuro de mercurio). Cercano al cerro inicial de mercurio encontraron otro cerro por el nativo Huamán con un socavón, denunciado luego por Antonio Rodríguez Cabezudo. Se realizaron varios denuncios, mayormente por personas de Huamanga inclusive denunciaron parte de las riberas del río donde los nativos dejaron restos de cinabrio utilizados como pintura en la cara, llamados denuncia lavadero.

El Virrey Conde de Nieva, en 1564, declaró que las minas de azogue de Huancavelica eran propiedad de la Corona. El reclamo para explotar las minas de la Corona continuó hasta la llegada del virrey Francisco de Toledo. El Virrey permitió la explotación de las minas. Cabrera recibió un pago compensatorio de la Realeza.

El polvo de la explotación afectaba a los trabajadores, en consecuencia, su salud. Hubo problemas de explotación, ventilación, sostenimiento, asesoramiento de mineros venidos

de la mina de Almadén de España. Se hicieron recomendaciones que quedaron en el papel. Un grupo de asesores recomendaron volar partes de la veta que servían de sostenimiento, lo cual provocó un derrumbe y el fallecimiento de muchos trabajadores. En consecuencia, se dio pena de muerte a Marroquín y prisión por varios años a Vicente Gayenceda por ser culpables de volar con explosivos partes de la veta que servían de sostenimientos.

Cuando la producción de mercurio bajaba en Almadén (yacimiento de mercurio en España), el Virrey del Perú enviaba cargamentos de mercurio a España, con problemas en varias ocasiones por los ataques de piratas. El azogue (mineral de mercurio) se enviaba a Potosí para el tratamiento de la extracción metalúrgica de la plata. El transporte lo realizaban por tierra, con mulas conducidas por arrieros peruanos, bolivianos y argentinos por la ruta de Huancavelica, Ayacucho, Puno y Potosí.

La mina de mercurio de Santa Bárbara se inició en 1566 y terminó su reserva en 1958 conllevando más de 400 años de explotación. El autor de este artículo es compañero de estudios del Ing. Christian Breña, natural de Huancavelica. Ambos visitamos Huancavelica en 1959, cuando la minería de mercurio se había agotado.

Esta mina de mercurio de Huancavelica fue la única mina de mercurio en el Perú; fue muy bien aprovechada para la extracción metalúrgica de las minas de plata, como la mina de Potosí en Bolivia. En el Perú, actualmente el mercurio se obtiene como un subproducto de yacimientos peruanos de baja temperatura.

En un principio, las minas de plata presentaban una escasa producción a causa del bajo nivel técnico de explotación, pero una vez que se descubrió el azogue (mercurio), los beneficios aumentaron notablemente. Los yacimientos más importantes de mercurio se encontraban en Almadén (España) y en Idria (Eslovenia), que proporcionaban el mercurio a Nueva España; y en Huancavelica (Perú), que fue el principal abastecedor del virreinato peruano (Martínez, 2016).

La mina Santa Bárbara se ubica en el cerro Chaclatacana a casi 3 kilómetros al sur de la ciudad de Huancavelica a una altura de 3972 m s. n. m. Se asume que la mina Santa Bárbara fue explotada desde tiempos remotos por los aborígenes, que utilizaban el sulfuro de mercurio llamado llimpi para tratar el oro recolectado de las minas incas. En 1566, cuando un nativo llamado Ñahuincopa mostró las minas al conquistador español Amador Cabrera, volvieron a ser explotadas. Los españoles potenciaron esta mina y la aumentaron con tres socavones denominados Chaclatana, San Francisco y Santa Bárbara, siendo este último el de mayor tamaño, tan grande que se podía recorrer su interior a caballo (Martínez, 2016).

El yacimiento tuvo una historia de explotación accidentada con no pocos conflictos entre los numerosos "asentistas" que lo trabajaban, la Corona y las autoridades locales. En 1573, cuando contaba ya con 43 minas, socavones y lavaderos, fue confiscado por el virrey Toledo para la Corona (Rey, XXXX-IIMP IV 2º parte).

El producto exportable de la mina de Huancavelica, el "azogue en caldo" fue transportado en ingentes cantidades y durante muchos años hacia los yacimientos de plata del Altiplano. El largo viaje del azogue hasta Potosí comprendía tramos por tierra, Huancavelica- Chincha, a lomo de mula y de llama; tramo marítimo Chincha-San Jerónimo-Arica; y a partir de allí, nuevo recorrido terrestre. El precio del quintal de azogue puesto en Potosí era de 70 pesos corrientes, mientras que a la Corona le costaba en Huancavelica 40 pesos (Samamé, 1979).

Huancavelica fue la otra mina, fuera de Potosí, que gozó de la asignación constante de mitayos. Estos permanecieron en un número de 620 como mita ordinaria a lo largo de casi todo el siglo XVIII; pero, al finalizar la centuria, esta cantidad cayó por debajo de los 500 a causa de la disminución de la población tributaria en las provincias asignadas. Las minas de Huancavelica fueron responsables, en cualquier caso, de crear una cultura del trabajo minero entre los indios de la región, lo que permitió la formación de un proletariado minero para las minas de Castrovirreina, Huarochirí, Pasco y Huamanga (Chocano et al., 2010).

En 1786 hubo un derrumbe en esta mina; murieron más de 200 personas, tanto nativos como españoles. La mina de mercurio de Santa Bárbara fue una de las minas más peligrosas y mortíferas de toda América (Martínez, 2016).

La explotación de la mina de mercurio de Santa Bárbara inició en 1556 y terminó sus reservas en 1958, con más de 400 años de extracción. Esta mina fue la única mina de mercurio en el Perú, y fue bien aprovechada para la extracción metalúrgica de las minas de plata de Potosí en Bolivia.

Huantajaya

En 1566, unos mineros portugueses descubrieron en el cerro Huantajaya, una rica mina de plata situada a 16 kilómetros de Iquique, cerca al Océano Pacífico. Por ser desértica no había leña y se hacía difícil la fundición de plata. Se explotaron varias vetas y se formó una pequeña población.

En 1571, el gobernador de Arequipa, Juan Ramírez Zegarra, propone que se emprendiera una exploración minera en toda la región de Tarapacá. En Huantajaya se encontró la mina Chillón, se trabajó y se abandonó. Un siglo después, en 1680, un nativo llamado Domingo Quillina descubre nuevas vetas y pone en conocimiento a Francisco Loayza que estas vetas deben ser trabajadas. Luego, en 1718, Bartolomé Loayza

obtuvo magníficos resultados en la veta San Simón, donde hallaron hasta plata nativa de elevadas leyes. Prosiguieron con descubrimientos de grandes cuerpos de plata a profundidad con buenas estructuras de este mineral, por lo cual la familia Loayza, Basilio de la Fuente, José de los Olivos y otros hicieron grandes fortunas (Samamé, 1979).

A cuatro leguas al sur de Huantajaya hallaron la mina "Carmen"; otra zona importante de mineral de plata a una legua al este de esta mina rica en plata.

En un artículo publicado en el "Mercurio Peruano", Pedro de Ureta y Peralta comenta que en 1792 había 18 minas en actividad en la zona de Huantajaya con un buen rendimiento, que hasta 1800 tenía una producción de 70 millones de libras esterlinas. En esta zona minera se descubrió mineral de plata, la Huantajayita, cloruro doble de sodio y plata con incrustaciones de cristales cúbicos.

Cerro de Pasco

A principios del siglo XVII, existía la Villa Pasco como asiento minero; se explotaban otros lugares vecinos como Colquijirca y Vinchos. En 1630, gobernaba el virrey Luis Gerónimo Cabrera, Conde de Chinchón, año que se produce el descubrimiento del yacimiento Pasco. Se atribuye el hallazgo al nativo Huaricapcha, pastor de ovejas de la hacienda Paria, estando en el punto Santa Rosa hizo una hoguera para defenderse del frío, hizo una pila de piedras alrededor para protegerse del viento, de las piedras brotó hilos de plata. Comprendiendo la importancia del suceso fue a Villa de Pasco e informó lo ocurrido al español José Ugarte, entregando algunas piedras de donde se produjo el suceso. Ugarte consideró que era una muestra argentífera por lo cual comenzó a trabajarla. La mina inicialmente se llamó Santa Rosa, pero era más conocida como Lauricocha (Pérez Arauco, 1998).

La explotación desde el comienzo tuvo éxito; llegaron otros mineros como Martín Retuerto, quien abrió en Lauricocha dentro de la hacienda Paria el primer socavón que resultó muy rico. Muchos años después, en 1770, fue vendida a José Maíz quien perforó otro socavón igualmente rico en plata (Pérez Arauco, 1998).

Fue tan grande la fama de Cerro de Pasco, que llegaron los hermanos Salcedo de Puno, los cuales habrían trabajado las minas Yanacancha y Pariajirca. Asimismo, llegaron muchos personajes como los Arrieta, Francisco Calderón, Álvarez Morán, los Yurras, Avellafuertes y Vivas, los Pugas, etc.

La gran cantidad de plata extraída de Cerro de Pasco en la época Colonial proviene de la zona de óxidos del cuerpo de mineral del terreno, llamados pacos superficiales, que se benefician por el método de la amalgamación con mercurio. Los socavones fueron

de poca profundidad. En 1780, el socavón San Judas entraba desde el sur con 400 varas (1 vara = 0.866 m) más 1400 varas equivalente a 1200 metros durante 20 años, hasta 1800 otro ramal hasta 1807 (Samamé, 1979).

En 1806, se inició el socavón Quiulacocha con mayor producción. Inicialmente se pensó que eran tres yacimientos diferentes, pero es un solo cuerpo de 1700 metros de longitud norte-sur, 250 metros en sentido este-oeste. Este yacimiento está ubicado en la meseta de Bombón a 4300 m s. n. m., hacia el sur se encuentra la mina Colquijirca, que en castellano significa "cerro de plata".

Además de plata, había cobre. El centro poblado de Cerro de Pasco surge a poco tiempo del descubrimiento de este yacimiento; su escudo luce "Ciudad Real de Minas", otorgado por el rey de España en 1639, pero la fundación oficial de la ciudad data de 1771 con el nombre de "Villa Minera de Cerro de Pasco" conferido por el virrey Manuel Amat y Juniet. Esta mina se ubica en terrenos de la estancia Yanahuanca, a 4352 m s. n. m.

Hasta 1820 se había extraído 14 000 toneladas métricas de plata según Carlos Jiménez. El problema de explotación a profundidad era la inundación del agua. La revolución industrial estaba en Europa por lo cual se fabricó maquinarias a vapor para bombear agua. La primera maquinaria de este tipo fue utilizada en la mina Santa Rosa de Cerro de Pasco (1816) por Pedro Abadía en sociedad con José Arasmendi y Francisco Ubillé (Samamé, 1979).

A causa de la falla de ciertas maquinarias tuvo que venir de Inglaterra el ingeniero Trevithick. Fallecido Ubillé, el control completo de Cerro de Pasco lo tomó Trevithick solo por poco tiempo debido a las luchas por la Independencia del Perú, obligándolos a dejar todo al abandono. Las tropas realistas destruyeron todas las máquinas, porque la minería en Cerro de Pasco era la fuente de riqueza del Centro del Perú (Pérez Arauco, 1998).

Yacimiento Laicacota

Se inicia la explotación de la mina de plata en San Antonio de Esquilache (Puno) por Salcedo. En 1657, José Salcedo exploró Laicacota y encontró grandes estructuras metalíferas de plata. Los hermanos Salcedo con la explotación de las minas de Laicacota se convirtieron en los mineros más ricos de la Colonia.

Hubo mucha rivalidad entre otros mineros y los hermanos Salcedo, entre andaluces y vascongados que vivían en el Perú virreinal. Hubo grupos de nativos que apoyaron a los hermanos Salcedo que eran andaluces.

El 21 de noviembre de 1667 llega al Perú el Virrey Conde de Lemos, informado del conflicto hace llamar a Lima a Gaspar Salcedo y lo apresa. Por la delicada situación, el Virrey Conde

de Lemos viaja a Laicacota y captura a José Salcedo (Basadre, 1948)

José Salcedo fue condenado a la horca y su cabeza se colocó en la picota. Muchos otros fueron sometidos a la pena de muerte, 64 culpables para ser exactos. La dramática peripecia de Laicacota y los Salcedo tuvo un efecto catastrófico desde el punto de vista minero, el rico yacimiento de plata de Laicacota fue inundado (Samamé, 1979).

Hualgayoc

No se tiene escritos muy antiguos de este asiento minero; quizá por su descubrimiento tardío en el año 1771, por Rodrigo de Ocaña en el virreinato de Manuel y Juniet. Hualgayoc significa en castellano "collar" (Samamé, 1979).

En 1800, el científico alemán Humboldt estudia el distrito minero de Hualgayoc. En sus escritos, anota que vio hilos de plata en la superficie, realizó sus anotaciones sobre la geografía, geología de Hualgayoc (Petersen, 1995); luego, baja a la costa y llega a Lima. Descubre la corriente fría paralela a la costa peruana, corriente fría favorable a la reproducción de peces; luego, se le pone el nombre de Corriente Fría de Humboldt. Estudia las islas guaneras de la costa peruana; lleva muestras de guano de las islas a Europa, donde observan un gran poder nutritivo como abono para la vegetación. Posteriormente la venta de este abono sería un gran aporte a la economía del Perú, factor para la construcción de muchas obras en favor de los peruanos. Fue un gran aporte para el Perú de este científico alemán en su breve estadía en territorio peruano.

En el distrito minero de Hualgayoc, se observa el cerro más alto llamado Cerro Jesús con labores mineras en roca intrusiva al sur, al oeste cerros de rocas intrusivas. Estos intrusivos son del Neógeno, entre estos cerros se encuentran rocas sedimentarias tipo calizas, de las formaciones inca Chulec, Pariatambo del Cretáceo medio. En los cerros referidos, se presentan vetas en las calizas, de igual manera vetas de mineral polimetálico y de plata. Al norte, no se había explorado al inicio la zona de Coimolache. Esta zona presenta calizas de las mismas formaciones entre cerros de intrusivos del Neógeno que tienen minerales polimetálicos y de oro trabajados posteriormente. Hualgayoc constituye uno de los distritos mineros más importantes del departamento de Cajamarca. En la Colonia se trabajaron estas minas; al inicio hubo chimeneas de fundición para fundir minerales de plata y de oro.

Actualmente, es el único distrito minero de Cajamarca, donde se explota un yacimiento de pórfido de cobre y oro; es el pórfido de cobre y oro de Cerro Corona ubicado al oeste del cerro Jesús. En el distrito minero de Hualgayoc, después de la Colonia, se han explotado 13 minas, mantos con explotación de oro, vetas y

cuerpos de plata, vetas y cuerpos de reemplazamiento de plomo, zinc, plata, cobre. Desde el punto de vista del medio ambiente, el distrito minero está muy contaminado. En la era Republicana en Hualgayoc, se usó por primera vez la recuperación del oro por lixiviación con cianuro de sodio antes del uso de este método en el famoso yacimiento de oro de baja ley en Yanacocha a 32 kilómetros de Cajamarca (Tumialán, 2003).

Si bien la minería en la sierra norte tenía escasa actividad, en 1771 se registró en dicha región el importante descubrimiento de San Fernando de Hualgayoc, en el actual departamento de Cajamarca. Las nuevas minas se hallaban a cuarenta kilómetros de la villa de Chota. El apogeo de estas minas fue relativamente breve: el último cuarto del siglo XVIII, cuando su producción superó los cien mil marcos por año.

La producción minera continuó activa en 1766, lo que permite deducir que el auge platero de Hualgayoc, de fines del siglo XVII, no representó sino la aceleración de un proceso que se había iniciado mucho antes. Cajamarca parece haber sido famosa por sus yacimientos de metales preciosos desde el temprano siglo XVI (Pereyra, 1996).

Minería del oro

La producción aurífera en la Colonia tuvo menos importancia que la de plata. Desde 1542, se explotaron a gran escala los yacimientos en Puno de Carabaya, Asillo, Azángaro, San Gabán.

En 1612, se descubrió una mina de oro cerca a Cotahuasi en Arequipa. Al sur del Perú, en el Batolito de la Costa entre Ocoña y Nasca, se tiene yacimientos de oro que fueron inicialmente explorados en la época colonial como Ocoña, Calpa, Alpacay, Churunga en Arequipa. Pallarnioj en Ayacucho. Sol de oro en Nasca. En la Cordillera Oriental, en el Batolito de Patz-Buldibuyo en el departamento de la Libertad, se tiene las zonas de Poderosa, Parcoy, Marsa (Samamé, 1979).

Debemos adicionar los lavaderos de oro en la llanura de la selva de Madre de Dios: Madre de Dios, Inambari, Tambopata. En algunos sectores de los ríos Pachitea, Huallaga, Marañón en el sector central de la Cordillera Subandina. En los lavaderos de los ríos que vienen de la Cordillera del Cóndor del Ecuador: Santiago, Cenepa, Chinchipe. Al oeste, lavaderos del río Tablachaca, afluente del río Santa. Estos lavaderos de oro también se explotaron en la era del preincanato e incanato, expuestos en las referidas eras.

Minas de plata

La recuperación de plata por amalgamación con mercurio se incorpora en el virreinato del Perú en 1571, por el virrey Francisco Toledo.

Fue importante el descubrimiento de la mina de mercurio en Huancavelica denominado Santa Bárbara, lo cual permitió trabajar minas de plata de menor ley.

Estando el virrey Toledo en el Cusco, ante él, Pedro Fernández de Velasco, que en México aprendió la recuperación de la plata por amalgamación con el mercurio, hizo la demostración en 1571. La amalgamación se generalizó en el virreinato y se incrementó la explotación del azogue de Huancavelica. Debemos mencionar las minas de plata de San Antonio de Esquilache en Puno, Arcata (Arequipa), Cailloma (Arequipa), San Juan de Lucanas (Ayacucho), San Genaro (Huancavelica), Castrovirreyna (Huancavelica), minas de plata en la Cordillera Negra como la mina Collaracra, Huancapeti en Ticapampa (Áncash), Colquepocrio en la provincia de Huaylas (Áncash). Todos estos yacimientos de plata se ubican en la Franja Volcánica Cenozoica de la Cordillera Occidental (Samamé, 1979).

Los yacimientos de plata no son muy profundos, a los 450 m de profundidad disminuyen sus leyes. Muchas de esas minas se volvieron a trabajar en la era Republicana con una mayor eficiencia y con un proceso de concentración por flotación con reactivos, descubriéndose otras vetas de las vetas trabajadas.

Se ha estimado que en los primeros cien años del virreinato, la producción de plata tuvo un promedio anual entre 150 y 200 toneladas métricas, incluyendo amalgamación, fundición y evasiones.

Otros minerales

Los españoles pusieron interés en los metales preciosos oro y plata. En la era precolonial, el oro y la plata eran preferentemente de uso ornamental, a veces en utensilios e instrumentos, pero en menor cantidad que el cobre y el estaño para la elaboración del bronce de mayor resistencia (Samamé, 1979). En la Colonia se extraían otros metales que acompañaban al oro y plata. El cobre y el estaño para el bronce en la elaboración de armas defensivas como los cañones.

El cobre procede de la región Cerro de Pasco, de algunos yacimientos del Batolito de la Costa entre Ocoña y Nasca como en cobre en Acarí; como subproducto, en la Franja Volcánica Cenozoica de la Cordillera Occidental y en la Franja Sedimentaria Mesozoica de la Cordillera Central. La producción también procede del norte de Chile. El yacimiento de plata de Potosí también contiene estaño como casiterita de baja temperatura y de alta temperatura; es decir, Potosí es un yacimiento de alta y baja temperatura, es un yacimiento hidrotermal.

El plomo está en casi todos los yacimientos de plata. El zinc apenas se explotó en la época Colonial. Como mineral de hierro fue nula su explotación.

La breya es un subproducto del petróleo y está a grandes profundidades, pero por la presión sale a la superficie por las fallas y fracturas. En la época colonial, emplearon la breya para tapar las fracturas en los barcos. A inicios del siglo pasado, se explotó el vanadio (se encontró en la breya) para la aleación del acero. A inicios del siglo pasado, el Perú fue el mayor productor de vanadio en el mundo; se descubrió minerales nuevos de vanadio, la patronita denominada "rizopatronita" en honor al ingeniero de minas, Antenor Rizo Patrón Lequerica que descubrió este mineral en el año 1906, en la mina Ragra, situada en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco a más de 4000 m s. m. n. La rizopatronita es un sulfuro de vanadio (SV4) que se encuentra en determinadas zonas carboníferas de Perú. La pascoíta es un mineral de la clase de los minerales óxidos; descubierta en 1914 en una mina del distrito de Huayllay de la provincia de Pasco, departamento de Pasco (Samamé, 1979).

En la Colonia usaron la breya para calafatear rajaduras de la madera en los barcos. Julián de Roca ubicó breya en Parinacochas.

Hemos expuesto en la historia del preincanato e incanato sobre la presencia de la sal en todo el Perú. Exponemos una breve relación de yacimientos de sal en la Colonia: Tumbes, Puerto Viejo, valle de Huaura, salinas de Mara en el Cusco, serranía de Quillas y otros. Cieza de León mencionó que en el Perú hay muchos yacimientos de sal, que podemos exportar sal para todo el consumo humano de Europa.

Como elemento disuelto en el agua podemos agregar las fuentes termales generalmente de efecto medicinal que hasta la fecha brotan, y cuya ocurrencia está en los diferentes ambientes geológicos del Perú.

A fines del colonizaje, en 1809, se dio el descubrimiento del nitrato de sodio de un gran poder nutritivo como abono en el sur del Perú, en Tarapacá; años más tarde, en la era Republicana, nos condujo a la guerra de cuatro años con Chile.

Trabajo minero

Hay una explotación inhumana a los nativos del Perú, la mita, de la cual hemos expuesto con un pago ínfimo y una explotación inmisericorde. El padre Miguel de Aria escribe "...El peso del trabajo cae sobre los miserables indios porque los dueños quieren que se mueran antes diez indios que un negro que les costó su dinero".

Había congestión de obreros cuando las galerías eran angostas, la ventilación no era buena y afectaba el sistema respiratorio del trabajador. A veces formaban grandes bóvedas con caídas de rocas. Cargaban el mineral en bolsas de capacho de cuero, pasaban trechos angostos arrodillados.

En algunas ocasiones, había inundaciones de agua y se sacaba con bolsas de capacho de cuero o con baldes. Para problemas de inundación de agua de alto volúmenes, usaban bombas movidas a mano, solo víspera a la independencia usaron bombas movidas con vapor de agua.

En algunas oportunidades, los socavones eran construidos por personas naturales particulares y cobraban por su participación. Usaban puentes con mineral como sostenimiento, pero en algunas ocasiones se extraían esos puentes de mineral y ocasionaba el desplome de las cajas, causando la muerte de los trabajadores.

La metalurgia colonial

La primera fundición de oro se habría dado cuando Francisco Pizarro mandó fundir cierto oro que habían traído los caciques de La Chira Amotape, Tangarara, antes de su viaje a Cajamarca.

La segunda fundición de oro se habría dado del rescate de Atahualpa en Cajamarca y el oro del Cusco, fundición realizada con hornos rudimentarios. Los hornos utilizados por los españoles eran similares a los usados en el imperio incaico, pero eran paralelepípedos, rectos verticales de base rectangular y no cilíndrico como los usados en el imperio incaico. El aire era accionado por fuelles.

El inventor de la amalgamación de la plata con el mercurio fue Bartolomé de Medina, español que llega a México en 1553 o 1554. La fecha de su invento se fija en 1555. La amalgamación comenzó a aplicarse en el Perú en 1571 (gobierno del virrey Toledo). Este método se usó en el Perú durante tres siglos.

El método de Medina era así: "Trituración y molienda, hacimiento al aire libre (denominado beneficio de patio) adición de sal común, azogue, repaso o trilla con los pies para formar la torta, fundición y apartado".

Fue perfeccionado este método por Alvarado Alonso Barba y otros que hicieron modificaciones. La molienda se hacía en batanes (dos piedras, una piedra accionada por los pies), se usaba caballos en vez de la fuerza del hombre para toda la operación. La amalgamación se aplicó también a los minerales auríferos.

El método fue mejorado por el médico Lope de Saavedra Barba, quien inventó los hornos en donde permitían la condensación del azogue. En 1633, Lope de Saavedra Barba fue a Lima para exponer su método al Virrey Conde Chinchón en 1635. Con buenos resultados, pues con su método se extraía el doble respecto al método anterior. En 1641, se aprobó su método, y lo llevaron a Almadén (España), donde se beneficiaron del mercurio y patentaron el método del peruano Lope de Saavedra Barba como propio de Almadén. Robaron la referida patente del

tratamiento de plata con mercurio realizado en el virreinato del Perú por un médico peruano (Samamé, 1979).

Como sabemos, la actividad minera en el Perú colonial no dejó de considerarse una buena forma de probar fortuna para quienes llegaron al nuevo continente con la esperanza de enriquecerse. Desde que en 1545 los españoles registran oficialmente las vetas descubiertas en el cerro de Potosí, los hallazgos de minas de plata se suceden y proliferan en el virreinato peruano. En la segunda mitad del siglo XVI, con la puesta en marcha del sistema de amalgamación en el Perú, cualquier descubrimiento minero era suficiente para activar los mecanismos de control sobre la posible riqueza. Este fue el objetivo de la administración colonial y de los hombres que buscaban trabajo y enriquecimiento en esas nuevas minas.

La extracción de plata aumentó rápidamente gracias a las mejoras en las técnicas. La plata debía ser separada de otros metales en unos hornos llamados huairas, pero esta práctica solo servía para plata de alta ley que era la que se encontraba casi a ras de suelo. Pero para la plata que se encontraba en lo más profundo de las minas, era necesario encontrar otra técnica de separación, ya que era menos pura. El español Bartolomé de Medina descubrió la separación de la plata mediante la técnica de la amalgamación, conocido como el Beneficio de Patio, que utilizaba otro mineral, el azogue (mercurio) (Martínez, 2016).

Este era un proceso complejo que necesitaba de un conocimiento técnico preciso, así como la presencia de múltiples especialistas y la reunión de una amplia variedad de productos y un capital de inversión bastante elevado para la época, pero que a la larga saldría rentable. De la unión del azogue y la plata en polvo se daba una amalgamación conocida como pella. Posteriormente se separaba la plata pura que sería fundida para convertirla en barras de igual tamaño. Una vez limpio el azogue se podía volver a utilizar, de ahí lo económico y productivo de este método. El sistema de amalgamación era más largo y caro, ya que era necesario contar con el azogue que era monopolio real; por lo tanto, la Corona podía controlar indirectamente la producción de plata (Martínez, 2016).

La misión Nordenflicht

El virrey Manuel de Guirior, que gobernó el Perú entre los años 1776 y 1780, informó sobre la situación crítica de la minería peruana respecto a los métodos de explotación, los abusos a los mineros peruanos y carencia de una legislación adecuada.

El virrey Guirior propuso contratar a un grupo de expertos para solucionar el problema. Areche, que ejecutó a Túpac Amaru, se oponía al virrey y con su influencia logró sacarlo. Don José Gálvez, Marqués de la Sonora y miembro del Consejo de Indias, en 1787, activó la idea de contratar expertos en minería y revisar la situación del Perú por lo que se puso en contacto con el Barón de Nordenflicht, natural de Alemania (Samamé, 1979).

Nordenflicht formó un equipo de 14 personas, quienes se comprometieron a trabajar por 10 años. Llegaron a Montevideo y luego a Buenos Aires. Nordenflicht viajó a Potosí, donde permaneció un año, y parte del grupo fue al Cusco y a Huancavelica. Llegaron a Lima en 1789.

No encontraron aceptación de los especialistas en minería en las minas, tampoco aceptación de las autoridades locales. Nordenflicht, en Potosí, recomendó el reconocimiento geológico de las vetas, hacer levantamientos topográficos del yacimiento. Propuso cambiar el proceso metalúrgico por otro de mejor rendimiento que se usaba en Europa. Otro problema que encontró fue la escasez de madera.

En 1790, Nordenflicht llegó a Lima y propuso la construcción de un laboratorio de ensayos químicos de minerales y la creación de una Escuela Técnica de Minería. Las autoridades se opusieron a esos proyectos. El Virrey Gil de Taboada se opuso a la creación del laboratorio de ensayos de minerales.

Demostraron, en 1790, con un nuevo método, una recuperación de 75 % en la metalurgia de la plata. El grupo de mineros que llegaron con Nordenflicht se dividió y fueron por el Perú en diferentes asientos mineros, incluso uno de sus miembros regresó a Europa en 1792.

Cumplido el contrato, Nordenflicht regresó a Europa con el grupo. Contrajo matrimonio con la limeña Josefa Cortés y Azua, tuvieron 5 hijos y se le nombró director general de Minería (Samamé, 1979).

Aspectos adicionales sobre la minería colonial

Durante tres siglos, las autoridades trataron infructuosamente de organizar la minería. En 1538, Francisco Pizarro fue el primero en dictar normas sobre la minería; posteriormente, Polo de Ordégardo, durante el gobierno del Pacificador La Gasca, redactó las ordenanzas que debían regir la explotación de minas de Potosí. En 1581, el Virrey Conde de Nieva encargó a Polo de Ordégardo actualizar las ordenanzas mineras de

1562. Las ordenanzas mineras en la época del virrey Toledo en 1574, ratificadas por el Rey Felipe II en 1576, fueron las que ordenaron jurídicamente la minería en el Perú. Establecía que las minas pertenecían a la Corona Española, se adjudicaban a los súbditos y que paguen el quinto de su producción, las cuadraturas tendrían una dimensión de 60 varas de largo por 30 varas de ancho. En 1772, se estableció en Arequipa una Sociedad Mineralógica (Samamé, 1979).

La actividad y la producción minera del Perú fueron condicionadas durante el curso de su historia republicana por una variedad de factores interrelacionados:

- La evolución internacional de los precios de los metales, que dependió en parte de una variedad de aspectos históricos globales como las guerras mundiales, los crecimientos económicos en el exterior y la macroeconomía mundial, los progresos tecnológicos y científicos relacionados con la minería (puesto que influyen sobre costos y luego rentabilidad), etc.
- La historia nacional, incluyendo factores como guerras, periodos de estabilidad, cambios políticos, conflictos internos, condiciones macroeconómicas, etc.
- Las políticas del Estado en cuanto a minería, reflejadas por la legislación relevante y las instituciones estatales.

La presente síntesis reseña principalmente los dos últimos grupos de factores, que conciernen específicamente al Perú.

Obviamente, ninguna política estatal puede controlar y determinar de manera unilateral los resultados alcanzados por la industria minera de su país, porque estos resultados dependen también, y en gran parte, de los precios internacionales de los metales y, por último, de la evolución política y económica mundial. Sin embargo, considerar la minería peruana desde un punto de vista histórico evidencia que "hasta los más leves incentivos tuvieron

invariablemente efectos positivos inmediatos" (Samamé, 1979) sobre la actividad minera y producción metálica.

La Historia en general nos enseña lecciones sobre el presente y futuro. En lo que se refiere específicamente a asuntos económicos, lo que ha sido eficiente en el pasado, según se observa, nos informa sobre lo que podría ser también eficiente en el futuro. Similarmente, entendemos que lo que no ha funcionado en el pasado, según se observa, probablemente tampoco funcione en el presente o futuro.

1.2 HISTORIA DE LA MINERÍA EN LOS ÚLTIMOS 200 AÑOS

Thierry Sempere

1.2.1 Transición entre el régimen colonial y la República del Perú

Los conquistadores y posteriores administradores españoles reconocieron desde el inicio de la época colonial que el Perú y los Andes hospedaban grandes riquezas en una variedad de metales. En particular, los historiadores coinciden en que, durante casi tres siglos, la economía del Perú se basó ampliamente en la producción de plata.

Parece particularmente revelador que Manuel de Amat y Junyent, Virrey del Perú de 1761 a 1776, escribió para su sucesor Manuel de Guirior (virrey de 1776 a 1780): "En medio de que este Reyno es ameno y fértil de todos frutos que lleva la naturaleza, tendría muy poca estimación si le faltase el Oro y la Plata: ese fue uno de los incentivos de su Conquista, y la causa de su permanencia."

Similarmente, en la página 4 de su primer número, fechado del 2 de enero de 1791, el periódico Mercurio Peruano declaraba sencillamente: "La Minería es el principal, y tal vez el único manantial de las riquezas del Perú." (figura 1.8).

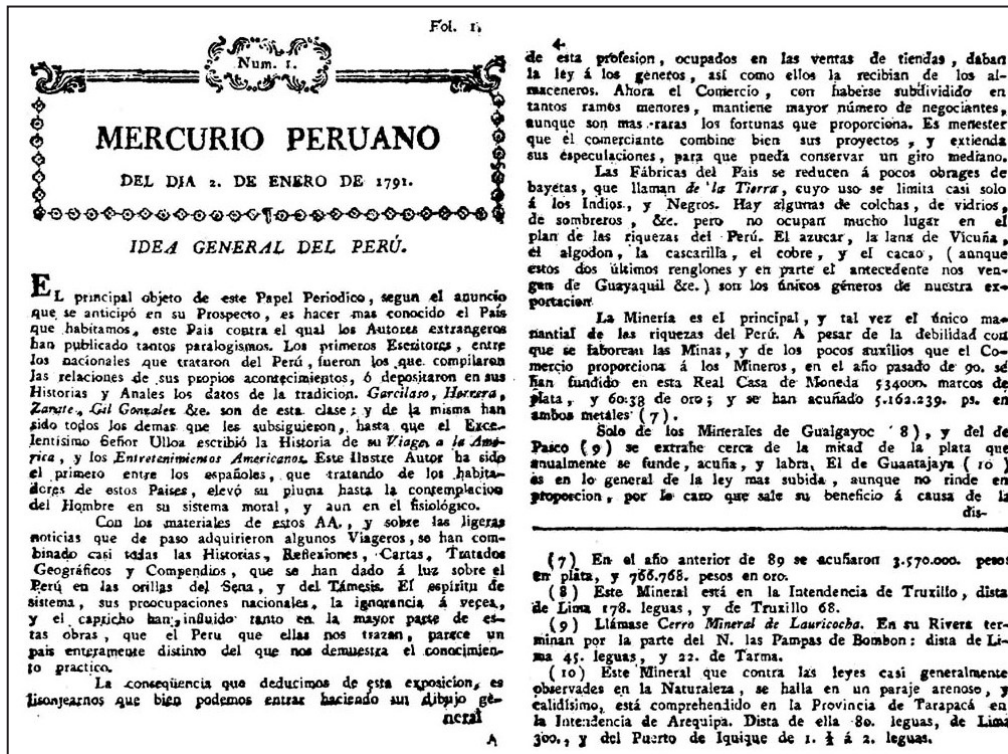


Figura 1.8 Primera y cuarta páginas del primer número, datado del 2 de enero de 1791, del Mercurio Peruano. El texto de la página 4 dice: "La Minería es el principal, y tal vez el único manantial de las riquezas del Perú."

La noción que riquezas potencialmente enormes podrían obtenerse expandiendo la actividad minera condujo a fines del siglo XVIII a varios proyectos que apuntaban a crear instituciones para estudios mineros y/o metalúrgicos en el Perú colonial. Estas propuestas fueron presentadas en forma independiente por José Eusebio de Llano Zapata, José de Lagos, Pedro Subieta y, en particular, por el barón Thaddeus von Nordenflicht, quien encabezó un amplio equipo técnico contratado por la Corona española entre 1788 y 1810, y mayormente compuesto por ingenieros alemanes. El único proyecto que más o menos arrancó fue el último: Nordenflicht logró fundar un laboratorio químico-mineralógico en 1791 y se esforzó, pero sin éxito, para convertirlo en una academia o colegio de minería (Samamé, 1979, para detalles elocuentes). Este fracaso resultó que ninguna institución relacionada con las ciencias y técnicas mineras se creó formalmente en el Perú colonial, en contraste con México, donde el Real Seminario de Minería fue efectivamente fundado en 1792.

El proyecto de Nordenflicht se inspiraba mucho en la organización de las escuelas europeas de minas. De modo interesante, consideraba un curso básico (mineralogía y química general, física, mecánica, hidráulica, geometría, arquitectura subterránea, etc.), que se complementaba por la enseñanza de las ciencias y técnicas específicas de la exploración y

explotación mineras, como metalurgia, paleontología, geografía mineralógica, estudios de yacimientos minerales, y su aplicación a la exploración minera, entre otros. Esta formación tenía que completarse por cursos sobre legislación y economía mineras.

Sin embargo, la minería en el Perú sufrió un considerable decaimiento durante las guerras de la Independencia (tablas 1.1 y 1.2). En particular, porque la plata constituía la producción principal y podía ser acuñada directamente para generar dinero efectivo, era común que un partido en posesión de una mina destruyera su infraestructura cuando estaba forzado a abandonarla por el enemigo, con el fin de que este se volviese incapaz de operar la mina y aprovecharse de su producción. Aparentemente, depredaciones y/o parálisis mineras se multiplicaron también durante los años que precedieron inmediatamente la guerra, debido a que se anticipaba un futuro político incierto.

La producción de plata fue especialmente afectada por el curso que tomaron los eventos (tablas 1.1 y 1.2), al punto de que hasta la gran mina de Cerro de Pasco se paralizó. El resultado general de la transformación del Perú de una colonia a un Estado independiente fue entonces que su producción minera decayó notablemente, y languideció por muchos años pese a los esfuerzos de los gobiernos sucesivos para estimularla.

Tabla 1.1

Impacto de las guerras de la Independencia sobre la fundición de plata en Puno (Samamé, 1979)

Año(s)	1818-1820	1821	1822	1823	1824
Promedio anual (t)	5.8	3.8	3.4	3.4	2.7

Tabla 1.2

Impacto de las guerras de la Independencia sobre la fundición oficial de plata en el Perú (Samamé, 1979)

Año	1821	1822	1823	1824
Promedio anual (t)	27.3	24	8.7	15.7

En los primeros años de la República (1821-1826), la ingeniería se concebía más desde un punto de vista militar: por un lado, las actividades mineras habían bajado marcadamente y, por el otro, la necesidad de completar la Independencia mediante victorias y defensas militares orientaba las mentes de los gobiernos hacia asuntos de esta índole. Sin embargo, el general José de San Martín, como Protector del Perú, expidió en 1822 un decreto que adaptaba a la nueva era lo que anteriormente había constituido las atribuciones del Cuerpo de Ingenieros de la Corona, al cual se encargaban actividades militares, pero también civiles, incluyendo unas relacionadas con la minería.

Sin embargo, la importancia de la ingeniería militar iba a disminuir durante las primeras décadas de la República. Tan

temprano como 1826, el general Simón Bolívar, como presidente de la República del Perú (1824-1827), nombró a don Mariano Eduardo de Rivero y Ustáriz como Director General de minería, agricultura, instrucción pública y museo. Este nombramiento puede verse como la primera decisión tomada por un gobierno en la historia republicana del Perú para tratar eficientemente el tema de la minería en su territorio, y tuvo varias consecuencias importantes a mediano y largo plazo.

Mariano Eduardo de Rivero y Ustáriz

La figura de Mariano Eduardo de Rivero y Ustáriz merece una atención particular por haber sido a la vez el primer geocientífico peruano y el primer promotor efectivo de instituciones públicas referentes a minería y geología en el Perú (figura 1.9).



Figura 1.9 Mariano de Rivero y Ustáriz, en 1842.

Mariano Eduardo de Rivero y Ustáriz nació en Arequipa en 1798. Inició sus estudios en el seminario San Jerónimo de esta ciudad, donde demostró aptitudes y habilidades notables, a tal punto que su familia decidió enviarlo a Europa para continuar su educación. En 1810, a la edad de 12 años, ingresó a la *Mansion House Academy*, una eminente escuela ubicada en Highgate, Londres, Inglaterra, la cual se inclinaba netamente hacia las ciencias naturales y matemáticas (era dirigida por Daniel Dowling, un matemático), así como geografía e historia. Rivero y Ustáriz adquirió en Highgate una robusta educación científica para esa época, además de dominar los idiomas: inglés, francés y alemán. Se trasladó luego a París en 1817 para seguir estudiando mineralogía en la *École des Mines de Paris* (ahora *Mines ParisTech*), donde fue oficialmente admitido como *élève étranger* (alumno extranjero). Entre sus profesores que allí enseñaban estaban geocientíficos y químicos ahora famosos: René-Just Haüy, Joseph-Louis Proust, Pierre Berthier, Alexandre Brongniart, Joseph-Louis Gay-Lussac, Georges Cuvier.

En París, fue presentado a Alexander von Humboldt, quien apreció sus capacidades y escribió para él cartas de referencia que lo introdujeron en varios círculos académicos europeos. Mariano de Rivero completó entonces su formación como ingeniero de minas en la propia alma mater de von Humboldt: la "Real-Sajona Academia Minera en Freiberg" (*Königlich-Sächsische Bergakademie zu Freiberg*, su nombre en esa época). Sus primeros resultados científicos, que trataban de mineralogía y química, completados en 1821 y 1822, fueron aprobados por sus profesores y publicados. Entre estos, descubrió y describió un nuevo mineral de Bohemia, un oxalato de hierro, que bautizó *humboldtina* para honrar a su amigo y mentor, y de esta manera demostró la existencia de minerales formados por ácidos orgánicos. Publicó un artículo sobre yacimientos de cobre y de salitre en la región de Tarapacá del desierto de Atacama. También, estudió el mineral sepiolita de España, y las propiedades de calizas litográficas. Visitó además muchas minas en Alemania, Francia, y España, y así adquirió experiencia en geología y técnicas mineras.

Estos estudios le habrían permitido emprender una prometedora carrera científica si los eventos políticos en Sudamérica, y su relacionado deseo de retornar a su patria, no hubiesen interferido con esta perspectiva. En efecto, la independencia de los países hispanoamericanos estaba abriendo a hombres originarios de ellos, que vivían en otro continente y gozaban de un alto nivel de instrucción, oportunidades de retornar a sus países y participar en la organización o reorganización de las instituciones locales. Tan temprano como 1821, Mariano de Rivero fue contactado

para trabajar como director de Minas de la flamante República de Chile, pero este proyecto no se concretó.

En 1822, Humboldt recibió una carta de don Simón Bolívar, quien en esta época era presidente de Gran Colombia, en la cual requería que una misión científica viajara a su país para evaluar sus recursos naturales, y también fundar en Bogotá, capital del nuevo Estado, un museo de historia natural y una escuela de minas. Alexander von Humboldt, quien tenía a Mariano de Rivero y Ustáriz en mucha estima, le encargó esta misión. Rivero estuvo activo en Gran Colombia durante tres años, empezando sus estudios en áreas que hoy en día forman parte de Venezuela, y permaneciendo en contacto por correo con sus colegas en Europa. Fundó en Bogotá lo que es hoy el Museo Nacional de Colombia, así como la primera escuela de minas de Colombia, y fue el primer director de ambas instituciones (1823-1824).

Pero Rivero terminó por dejar Gran Colombia a fines de 1825, cuando Bolívar, quien se había vuelto también presidente del Perú a inicios de 1824, recomendó que fuera contratado por el gobierno del Perú para desarrollar estudios y actividades similares en su patria. Por consiguiente, en marzo de 1826 Rivero fue nombrado director general de minería, agricultura, instrucción pública, y museo por el gobierno del Perú.

Mariano de Rivero y Ustáriz alcanzó rápidamente varias metas notables en el Perú. Tan temprano como 1826, completó la fundación del Museo Nacional de Historia Natural, Antigüedades e Historia del Perú (llamado hoy en día Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia del Perú), y se desempeñó como su primer director.

En 1827, Rivero fundó la primera revista científica del Perú, llamada Memorial de Ciencias Naturales y de Industria Nacional y Extranjera (figura 1.10), con su paisano don Nicolás Fernández de Piérola y Flores del Campo, quien había sido designado subdirector general de minería también en 1826 (y cuyo hijo Nicolás Fernández de Piérola y Villena sería dos veces presidente del Perú entre 1879 y 1899). Pese a que la revista fue activa solo 18 meses (pues los editores no lograban combinar con sus otras tareas la excesiva cantidad de trabajo que representaba su edición), doce números se publicaron en 1827 y 1828. Décadas más tarde, en el volumen I de su obra *El Perú* (1874), Antonio Raimondi comentó lo siguiente: "[...el] Memorial de ciencias naturales, verdadero sucesor del Mercurio Peruano, por los interesantes artículos sobre producciones del país que registraba en sus columnas, poco protegido por el gobierno y mucho menos por el público, se sostuvo vacilante diez y ocho meses, al cabo de los cuales cesó de existir, por ser demasiado gravoso a sus redactores."

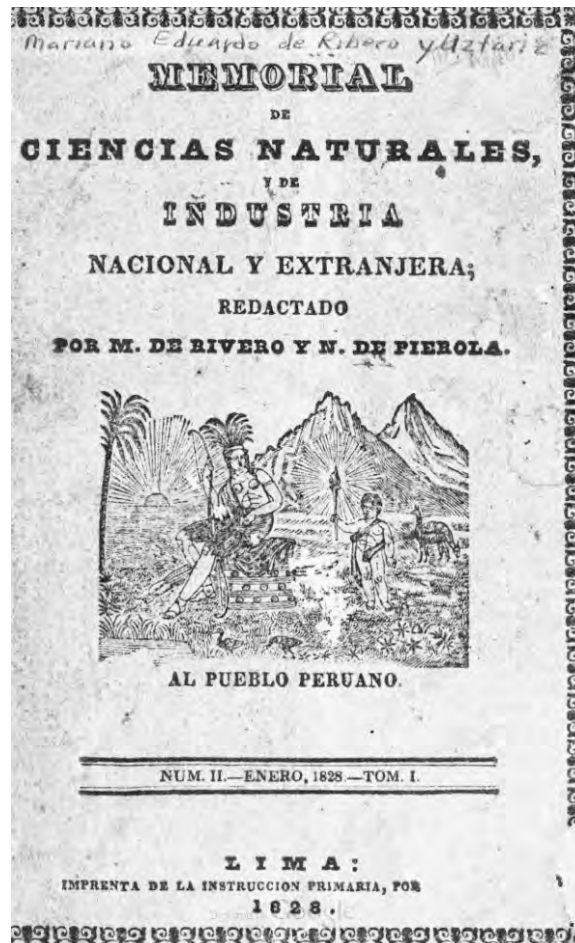


Figura 1.10 Portada de un fascículo de 1828 de la publicación *Memorial de Ciencias Naturales y de industria nacional y extranjera* que fue editada en 1827 y 1828 por Mariano de Rivero y Ustáriz, director general de minería, agricultura, instrucción pública y museo, y Nicolás Fernández de Piérola y Flores, subdirector general de minería.

Mariano de Rivero dejó Perú para ir a Chile en 1829 cuando su puesto fue suprimido por el general Antonio Gutiérrez de la Fuente, el nuevo presidente del Perú, debido a que el Estado contaba con un presupuesto reducido en esa época. Pero retornó al Perú en 1832 cuando el presidente Agustín Gamarra restauró su posición. También, inició una carrera política al ser elegido diputado por la provincia de Caylloma del departamento de Arequipa. Posteriormente fue nombrado consejero del presidente Felipe Santiago Salaverry del Solar (1835-1836); fue Inspector de Obras públicas bajo la segunda presidencia del general Agustín Gamarra (1838-1841); prefecto del departamento de Junín (1841), donde fundó la ciudad de San Ramón; y prefecto del departamento de Moquegua (1845). En 1851, el presidente Ramón Castilla lo nombró Cónsul general del Perú en Bruselas, Bélgica, posición que ocupó hasta su muerte en París el 6 de noviembre de 1857, a la edad de 59 años.

Durante todos esos años, Mariano de Rivero visitó muchas minas en el Perú, y siguió publicando, principalmente sobre

recursos minerales. Mientras se desempeñaba como prefecto de Junín, transformó el Colegio de Instrucción Científica que se había fundado en Huánuco en 1828 en una Escuela Central de Minería. Sin embargo, esta institución no se mantuvo.

La obra más conocida de Mariano de Rivero es *Antigüedades peruanas*, que se publicó inicialmente en Lima en 1841, y, en una nueva edición ampliada, en Viena, Austria, en 1851. Esta obra mayor trata extensamente del imperio Inca, y describe en detalle su origen e historia, sistema de gobierno, idioma, tradiciones culturales, religión, y monumentos. De esta forma representa el primer estudio histórico mayor en el Perú postcolonial.

La edición vienesa de *Antigüedades peruanas* de 1851 se preparó en colaboración con Johann Jakob von Tschudi (1818-1889), un naturalista, explorador, lingüista, y diplomático de origen suizo, quien se había reunido reiteradamente con Mariano de Rivero durante los cinco años (1838-1843) que pasó en el Perú, y quien apareció como coautor debido a su propio aporte.

Esta obra alcanzó tanto éxito que pronto fue traducida al inglés, francés, y alemán. En 1857, el año que falleció, Mariano de Rivero también publicó, en Bruselas, su Colección de Memorias científicas e industriales, en dos volúmenes.

Mariano Eduardo de Rivero y Ustáriz fue entonces un científico, naturalista, geólogo, y más particularmente un mineralogista y un ingeniero de minas, así como un organizador, administrador y diplomático durante la segunda parte de su vida. Una figura notable para su época, se lo considera ampliamente como un pionero de las ciencias naturales en Sudamérica. Sobre la base de sus numerosas publicaciones, fue indudablemente uno de los mayores científicos peruanos del siglo XIX, y desde luego uno de los primeros en cuanto a geología y minería. También, fue una persona central en la fundación y organización de nuevas instituciones necesitadas por la Independencia del Perú y otros países andinos, de las cuales muchas han sobrevivido hasta la fecha (a menudo bajo una denominación modificada). Se tiene que recalcar que, habiendo recibido una educación de muy alto nivel en Europa a partir de los 12 años, Mariano de Rivero pudo y supo aplicar sus habilidades, conocimientos, experiencia y creatividad a lo largo de la Cordillera andina, desde Venezuela hasta Chile, concentrándose en particular sobre su patria, el Perú, con una visión realista y una gestión eficiente, que resultaron en medidas pragmáticas para estimular la producción minera.

Construyendo las primeras instituciones relativas a minería y geología

Entre los años 1830 y 1879, los gobiernos peruanos continuaron los esfuerzos iniciados por Mariano de Rivero para sentar las bases del desarrollo de la industria minera en el Perú. Un cuerpo de ingenieros del Estado seguía desempeñando funciones similares a las que existían bajo el régimen colonial.

En esta perspectiva más general, el desarrollo de obras civiles (es decir, no militares), incluyendo ferrocarriles, necesitaba de ingenieros especializados, que en el Perú eran escasos en estos años. El gobierno decidió resolver este problema mediante la contratación de ingenieros extranjeros, quienes fueron principalmente franceses y polacos en un primer momento, y alemanes, suizos, italianos y británicos en años posteriores. Esta tendencia se inició en 1852, bajo la presidencia de don José Rufino Echenique (1851-1855), con la contratación en París de Charles Faraguet y Émile Chevalier, y de Ernest Malinowski (1818-1899), un polaco que se había en parte criado en Francia. Inmediatamente después de su arribo en el Perú, el gobierno creó la Comisión central e Instituto de Ingenieros civiles el 30 de diciembre de 1852, y la encargó a los ingenieros franceses Faraguet (figura 1.11) y, un año más tarde, Chevalier. Esta institución buscaba agrupar los pocos ingenieros y científicos peruanos de esta época, así como los ingenieros que habían sido o serían contratados, mayormente en Europa, por el Estado.

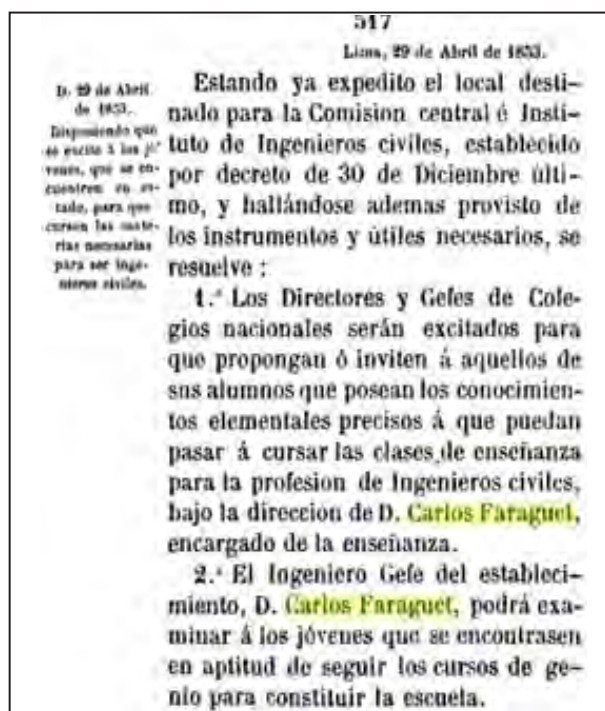


Figura 1.11 Decreto del 29 de abril de 1853 organizando la "Comisión central e Instituto de Ingenieros civiles", institución que había sido creada cuatro meses antes, y encargada al ingeniero francés Charles ("Carlos") Faraguet.

Esta institución fue reformada en 1860, bajo la segunda presidencia de don Ramón Castilla, para volverse el Cuerpo de Ingenieros y Arquitectos del Estado. Su primer director fue don Mariano Felipe Paz Soldán, quien era un distinguido historiador y geógrafo, miembro de una culta familia de Arequipa. Hoy en día, se considera a Mariano Felipe Paz Soldán (1821-1886) como el fundador de la historiografía peruana moderna, especialmente en base a su Historia del Perú independiente, una obra monumental que permaneció muchos años como el único estudio documentado de las primeras décadas de la República

del Perú. Otros miembros de la comisión reorganizadora fueron José Gálvez (un jurista y estadista), Pedro Mariano Cabello (cosmógrafo del Perú en esa época), Ernest Malinowski (quien supervisaría la construcción del Ferrocarril central del Perú entre 1871 y 1876), Alexander Prentice (un ingeniero civil escocés, quien había llegado al Perú en 1850 para trabajar en ingeniería urbana), y Maximilien Mimey (un arquitecto francés). En particular, el Cuerpo de Ingenieros Civiles fue organizado en tres ramas: 1) vías de comunicación e irrigaciones; 2) geografía; 3) minas.

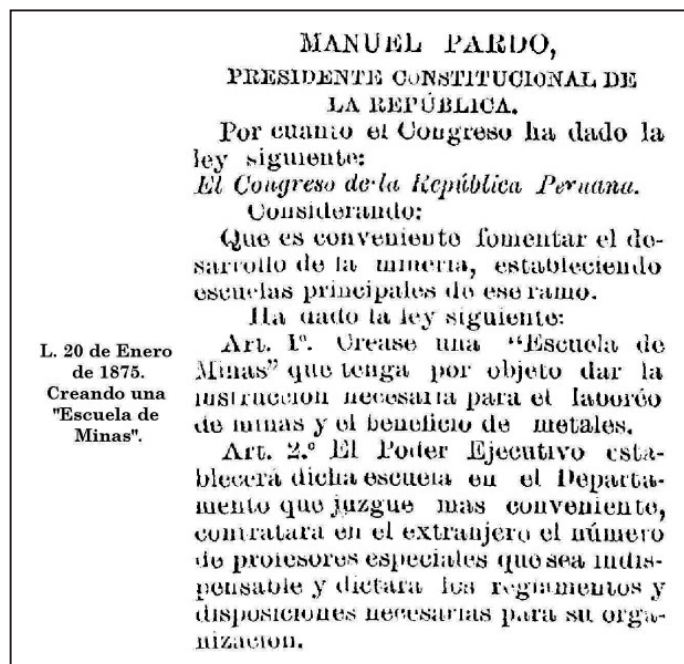


Figura 1.12 Decreto presidencial del 20 de enero de 1875, creando una Escuela de Minas.

En 1872, poco tiempo después de asumir el poder, el gobierno del presidente Manuel Pardo y Lavalle reorganizó otra vez la institución, llamada ahora Cuerpo de Ingenieros Civiles y Arquitectos del Estado, al cual se asignó la misión de proyectar, ejecutar y mantener las obras del Estado, y también la de formar el personal técnico necesario para llevar a cabo estas tareas. En 1874, este Cuerpo se organizó por especialidades, su cuarta sección Minas y Manufacturas, se dedicó en particular al "laboreo de minas, beneficio de metales, estudio de minerales, mapa geológico, y todo lo relativo a industrias y manufacturas" (López-Soria, 2012).

El 20 de enero de 1875, el presidente Manuel Pardo (1872-1876), siguiendo una recomendación del Congreso de la República, creó la Escuela de Minas (figura 1.12), la cual iba a ser un componente mayor en la fundación; el año siguiente, la Escuela

Especial de Ingenieros de Construcciones Civiles y de Minas –integrado: la Escuela de Ingenieros–, que dio origen en 1955 a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Edward Jan Habich, quien se conoce en el Perú como "Eduardo de Habich", era un ingeniero y matemático polaco. Habiendo huido de Polonia rusa después de la fallada revuelta de 1863, se refugió en Francia, donde completó sus estudios de ingeniería en la prestigiosa *École des Ponts et Chaussées* de París. Contratado como ingeniero por la representación del Perú en esa ciudad, mediante una gestión de su compatriota Ernest Malinowski, arribó al Callao en 1869 para supervisar varias obras del Estado. También, enseñó inicialmente en la Universidad Mayor de San Marcos. Participó en la comisión encargada de redactar nuevas normas para los ingenieros estatales y fue enviado a Europa para contratar más ingenieros, quienes

resultaron ser principalmente de la emigración polaca. Cuando el gobierno del presidente Manuel Pardo fundó la Escuela Especial de Ingenieros de Construcciones Civiles y de Minas en 1876, se nombró a Habich como su primer director, cargo que desempeñó hasta su muerte en 1909.

La ingeniería de minas demostró inmediatamente ser el principal interés de muchos estudiantes en esta Escuela de Ingenieros: hasta el año 1898, 74 de los 97 ingenieros graduados, es decir 76 % de ellos, fueron ingenieros de minas.

Las consecuencias nefastas de la extracción de guano y salitre

En realidad, estimular la minería metálica había encontrado dificultades a partir del inicio de la "era del guano", alrededor de 1840, porque los capitales se concentraron preferencialmente sobre este recurso bastante rentable que resultaba muy fácil de extraer. Cuando las reservas de guano empezaron a disminuir, a principios de los años 1870, los inversionistas se reorientaron en parte hacia el salitre, cuya explotación se había iniciado lentamente en los años 1830. Este salitre, compuesto por nitrato de sodio (NaNO_3 , entonces conocido en inglés como *Peru saltpetre*) y, en forma subordinada, por nitrato de potasio (KNO_3 , en inglés *ordinary saltpetre*), tenía una variedad de usos en la industria, como para la producción de fertilizantes, explosivos pirotécnicos y de humo, esmaltes y conservantes para alimentos (especialmente carnes).

Estos recursos muy rentables de salitre estaban ubicados en la región más austral del Perú, Tarapacá, fronteriza con la parte septentrional de Chile, lo que atraía mucho interés por parte de este país. Esta codicia resultó en la guerra del Pacífico, también conocida como guerra del Salitre, entre 1879 y 1883. Esta guerra de agresión, que el Perú podía difícilmente haber anticipado, tuvo muchas consecuencias dañinas para el país, y obviamente causó nefastos contratiempos para las actividades mineras en gran parte del territorio.

Explorando el Perú en una perspectiva científica

Pese a que la minería metálica se quedó relativamente limitada durante la mayor parte del siglo XIX, esta época vio una creciente participación de científicos naturalistas en la exploración del territorio peruano, y particularmente de su potencial minero. Se puede identificar como el precursor de estos científicos a Alexander von Humboldt (1769-1859), quien viajó extensamente por las Américas, visitando el Perú entre agosto y diciembre de 1802, y publicó durante las dos siguientes décadas una obra monumental basada en sus observaciones. Como se mencionó más líneas arriba, Humboldt fue el mentor y amigo de Mariano de

Rivero, y fue decisivo para su retorno al continente donde había nacido y donde demostró sus múltiples habilidades.

Entre los científicos que estuvieron activos en el Perú durante el siglo XIX, se considera unánimemente que la figura más prominente y talentosa fue Antonio Raimondi (1826-1890), un científico y geógrafo nacido en Italia, quien llegó en el Perú el mismo 28 de julio de 1850. Raimondi se desarrolló como profesor en la Universidad Mayor de San Marcos y viajó extensamente por todo el Perú durante un total de 18 años, dedicándose a la tarea de observar, inventariar y clasificar los tesoros naturales de su patria adoptiva. Dejó descripciones muy detalladas de la geografía y recursos naturales del Perú, incluyendo geología y recursos mineros. Aún un siglo y medio más tarde, leer su obra monumental sigue siendo fascinante, debido a su erudición y maestría de las ciencias naturales, y entender los esfuerzos abnegados y meticulosos que demostró para lograr los objetivos que él mismo se había fijado produce en el lector una emocionante impresión. Su mapa del Perú fue el mejor disponible durante las cinco décadas siguientes. Más particularmente, Raimondi visitó todas las minas activas y abandonadas conocidas en su tiempo, y dejó descripciones precisas de estas. Por estas razones, se considera que Raimondi iluminó el camino que durante el siglo XX condujo al desarrollo de la minería en el Perú.

Durante el siglo XIX, un espíritu similar animó una cantidad creciente de estudios que resultaron en monografías, informes, descripciones y relatos de viajes exploratorios, creando un caudal de informaciones valiosas que orientarían más tarde la exploración minera en forma fructífera. La creciente implicación de científicos en la exploración del Perú, a partir de 1802 con Alexander von Humboldt, tuvo a largo plazo efectos marcadamente positivos en el desarrollo de la minería en el país, bajo una variedad de aspectos y consecuencias.

1.2.2 Desde la independencia hasta fines del siglo XIX

A inicios de 1825, poco después de finalizarse las guerras de la Independencia, el presidente Bolívar ordenó que una oficina minera estatal se crease en cada capital de departamento, y que las minas abandonadas o anegadas se ofreciesen a compradores mediante subastas.

Para estimular las producciones de plata y oro, una ley del 15 de diciembre de 1829 abolió los impuestos que las habían gravado desde la época colonial. Esta disposición resultó en un notable incremento de la producción de ambos metales (tablas 1.3 y 1.4).

Tabla 1.3

Evolución de la producción peruana de plata, según los datos listados por Samamé (1979).
Para el intervalo 1836-1880: * producción más alta; † producción más baja

Años	1821-1825	1826-1830	1831-1835	1841-1845	1876-1880
Promedio anual (t)	35	84	114	117 *	58 †

Tabla 1.4

Evolución de la producción oficial de oro, según los datos listados por Samamé (1979).
° Valor promedio deducido de los datos indicados en las 4 columnas a la izquierda

Años	1533-1820	1820-1875	1821-1830	1831-1840	1841-1850	1851-1875
Promedio anual (kg)	488	420	320	750	600	260 °

Durante las décadas siguientes, los gobiernos peruanos se esforzaron en estimular la industria minera tomando varias disposiciones fiscales de esta índole. En 1877, el gobierno del presidente Mariano Ignacio Prado (1876-1879) modificó otra vez la legislación minera, estableciendo incentivos fiscales para alentar la producción. Sin embargo, no transcurrió suficiente tiempo para que esta reforma tuviera efecto, debido a que la guerra del Pacífico estalló en 1879.

Los múltiples daños causados durante la guerra se repararon progresivamente entre 1884 y 1900. Este periodo de reconstrucción coincidió con la integración a la fuerza laboral de las primeras promociones peruanas de profesionales especializados, cuyos empeño y logros durante las primeras

décadas del siglo XX resultaron en avances considerables en cuanto a minería.

La idea general que el desarrollo de la actividad minera era la principal solución a la depresión económica que se extendió después de la guerra surgió a mediados de los años 1880, y condujo a la promulgación de la ley del 8 de noviembre de 1890, la cual prometió que, durante 25 años, la minería no sería gravada por nuevos impuestos, y la tasa de los impuestos vigentes no aumentaría. El único impuesto entonces ascendía a 15 soles de plata por propiedad, y su pago era suficiente para garantizar la explotación y posesión indefinida de la propiedad. Esta ley logró estimular eficazmente el desarrollo de actividades mineras (tabla 1.5).

Tabla 1.5

Efectos de la ley del 8 de noviembre de 1890, que congeló por 25 años la carga impositiva sobre la industria minera (según los datos listados por Samamé, 1979)

Año	1896	1897	1898	1899	1900
Producción en valor (miles de S/)	114	102	152	164	187
Número de propiedades mineras	3475	3573	3759	4068	4579

A partir de 1888, los procesos metalúrgicos en uso en el Perú se beneficiaron de una variedad de progresos técnicos (Samamé, 1979, para detalles), lo que resultó en una rápida oleada de construcción de fundiciones. Esta multiplicación de fundiciones requería mucho carbón, cuya demanda se disparó con el resultado de que la minería peruana de carbón se desarrolló: en solo pocos años, la producción de carbón creció de menos de 3000 t/año a un promedio de 35 000 t/año después de 1898.

Resolución de dificultades mayores: la deuda externa, y la depreciación de la plata

El Estado peruano tuvo que enfrentar dos problemas de importancia durante las dos últimas décadas del siglo XIX.

El primer problema consistía en la liquidación de la enorme deuda externa que había sido principalmente contratada mediante varios préstamos a partir de 1869, y cuyos acreedores eran en particular británicos. Este problema se resolvió finalmente mediante el "Contrato Grace" (llamado así porque fue negociado principalmente por Michael P. Grace, un hombre de negocios estadounidense nacido en Irlanda), contrato que el Congreso terminó por aprobar en 1889 después de mucha oposición durante tres años. En 1890, la *Peruvian Corporation Ltd.* se formó en Londres con el propósito de cancelar la deuda externa del Perú y liberar su gobierno de los préstamos que había contratado mediante la emisión de bonos. El Contrato Grace estipulaba que la *Peruvian Corporation* se encargaba de

los bonos depreciados bajo la condición de que los ferrocarriles estatales y la exportación del guano estén bajo su control durante un buen periodo de tiempo. La *Peruvian Corporation* devolvió luego los bonos al gobierno peruano a cambio de concesiones comerciales de largo plazo, y de esta manera resultó actuar por muchos años como el agente del gobierno peruano en una variedad de actividades económicas en el Perú.

Una consecuencia importante del Contrato Grace fue que confirmó la dominación financiera británica sobre el Perú. Sin embargo, esta situación generó, en el exterior, confianza en la economía del país, y así hizo que se reanudó un flujo de inversiones hacia el Perú, lo que aceleró su recuperación. En particular, se rehabilitaron los ferrocarriles, y en unos casos se los prolongó hasta lugares de interés para la minería, como La Oroya. Este último caso resultó alentar considerablemente las exportaciones y actividades mineras en el departamento de Junín.

El segundo problema era la devaluación de la plata en el mercado internacional, la cual se extendió a lo largo del periodo

1866-1903 (figura 1.13), mientras que la minería peruana continuaba a favorecer ampliamente la producción de este metal. Debido a su abundancia en el Perú, el gobierno había hasta establecido un monometalismo de facto de la plata mediante una ley monetaria fechada del 30 de diciembre de 1872.

La minería de la plata progresó marcadamente en el Perú después de la guerra del Pacífico (tabla 1.6) y llegó a ocupar una posición de primacía absoluta con respecto a los otros metales. Por ejemplo, la exportación de minerales de plata alcanzó ~4,000 t en estos años; mientras los de plomo argentífero representaban ~500 t; los de cobre solo ~150 t; y el oro una cantidad mucho menor. Según el renombrado historiador Jorge Basadre, las minas de plata eran las que realmente importaban y casi toda la plata peruana provenía de Cerro de Pasco. En su edición del 22 de junio de 1885, *The New York Times* mencionó las minas de Cerro de Pasco como "probablemente las más ricas y extensas en el mundo," una declaración que atrajo el interés de inversionistas mineros en los Estados Unidos (véase líneas más abajo).

Tabla 1.6

Evolución de la producción peruana de plata (datos listados por Samamé, 1979)

Años	1881-1885	1886-1890	1891-1895	1896-1900
Promedio anual (t)	46	105	130	190

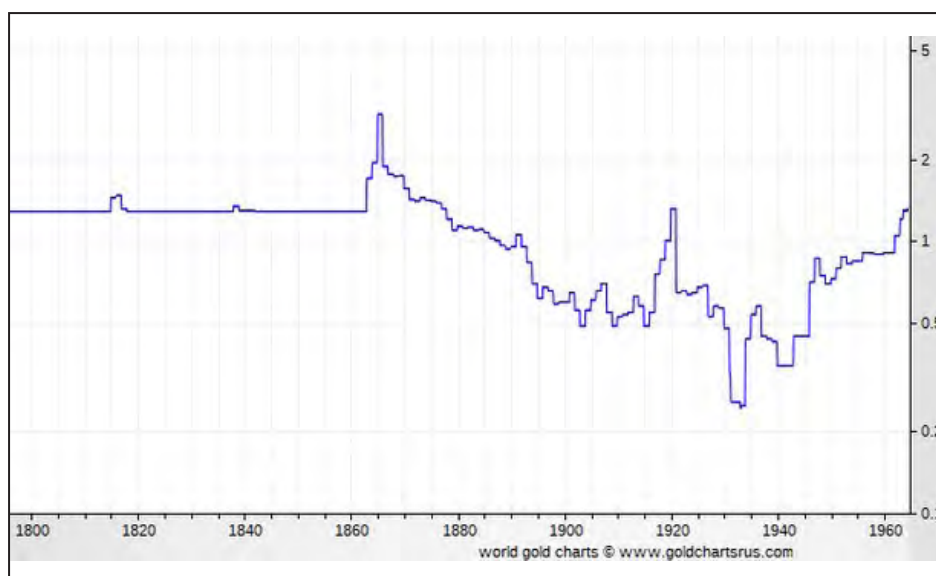


Figura 1.13 Evolución del precio nominal de la plata entre 1800 y 1960. Nótese que la escala en US\$/oz es logarítmica. La depreciación de la plata fue prácticamente continua de 1866 a 1903 y de 1921 a 1934. El aumento de 1915 a 1920 coincidió con la Primera Guerra Mundial.

Fuente: www.goldchartsrus.com

La depreciación de la plata en el mercado internacional se debía principalmente a la adopción, oficial o de facto, del patrón oro por un creciente número de países (1871: Alemania; 1873: Estados Unidos, Francia, Italia, Bélgica, Suiza; 1875: los países escandinavos, Países Bajos; 1876: España; 1878: varios países latinoamericanos; 1879: Austria-Hungría; 1893: Rusia; 1897: Japón). El precio de la plata se dividió así por 2 en 20 años, cayendo de ~80 £/kg en 1884 a ~40 £/kg en 1904.

En el Perú, el primer gobierno de don Nicolás Fernández de Piérola y Villena (1879-1881) intentó pasar al patrón oro en marzo de 1880, es decir, un año después del inicio de la guerra del Pacífico, pero sin éxito. Se continuó la acuñación de monedas de plata después de la guerra, puesto que la próspera industria nacional de la plata apoyaba fuertemente el patrón plata, a pesar de que esto resultaba en una marcada depreciación de la moneda peruana de entonces, el sol de plata.

Esta moneda nacional de plata, que originalmente había valido 48 peniques británicos (o sea 0.20 £), cayó a 28 peniques (0.12 £) en 1893 y tocó fondo a 22 peniques (0.09 £) en 1897, lo que motivó al segundo gobierno de Piérola (1895-1899) para suspender la acuñación de plata y, pese a una oposición importante, emprender en 1898 la acuñación de libras peruanas de oro (sobre el modelo de las libras británicas (£) acuñadas como *Gold Sovereigns* en esa época).

Se decidió que un sol de plata valdría la décima parte de una libra de oro. Este cambio representó un paso de facto al patrón oro, el cual terminó por ser adoptado oficialmente en 1901. El cambio no causó perturbaciones adversas detectables en la economía nacional.

Sentando las bases de la industria minera del siglo XX

El año 1896 presenció varios cambios institucionales con respecto a minería. El 22 de enero, el gobierno estableció el Ministerio de Fomento; el primer ministro de Fomento fue el Ing. Eduardo López de Romaña, quien sería elegido presidente tres años después y promulgaría entonces disposiciones importantes para estimular la minería (véase líneas más abajo). El 22 de mayo, se fundó la Sociedad Nacional de Minería (cuya actividad prosigue hoy en día como Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía) y el gobierno le pidió preparar un proyecto de legislación minera que incentivara la industria, proyecto que sirvió como base para el Código de Minería que se promulgaría en 1900. El 3 de octubre, la Escuela de Ingenieros llegó a depender del Ministerio de Fomento. La Sociedad de Ingenieros del Perú se fundó también el mismo año. Además, el primer Mapa Geológico del Perú fue encargado por la Sociedad Nacional de Minería al Ing. José Julián Bravo, quien se había graduado de la Escuela de Ingenieros en 1894.

Se ha resaltado que la adopción internacional del patrón oro a través de las tres últimas décadas del siglo XIX provocó el decaimiento de la plata como metal monetario, y, por ende, una desvalorización de este metal. Sin embargo, esta evolución fue sucedida por un aumento abrupto del precio del cobre como consecuencia de la electrificación de un creciente número de países, la cual se desarrollaba rápidamente desde mediados de los años 1880 y requería cantidades de cobre que iban incrementándose (figura 1.14). En 1899, el cobre llegó a valer más de 70 £/t, cuando su precio había sido de 40-50 £/t en los años anteriores. Esta evolución estimuló considerablemente la minería del cobre en el Perú, al punto que el Perú se volvió progresivamente un productor importante de cobre.

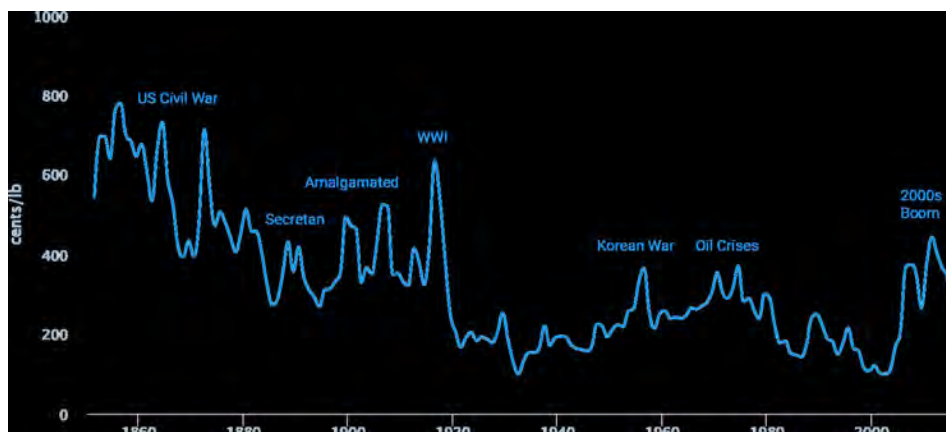


Figura 1.14 Evolución del precio del cobre entre 1855 y 2015. La escala es en US\$ cents/lb. Nótese el descenso a partir de los últimos años de los 1850, el incremento que se inició un poco antes del año 1900, la caída abrupta después de la Primera Guerra Mundial y el marcado aumento a inicios del medio de la década de los años 2000.

Fuente: USGS (2016)

En el cambio de siglo, bajo la presidencia de don Eduardo López de Romaña y Alvizuri (1899-1903), la evolución favorable de los mercados internacionales de metales y la consecuente necesidad de incentivar la minería nacional eran lo suficientemente claras para que el gobierno promulgara en 1900 el primer Código de Minería articulado, y creara en 1902 el Cuerpo de Ingenieros de Minas, dependiente del Ministerio de Fomento.

Este primer Código de Minería abrogaba las ordenanzas anteriores sobre la gran mayoría de las actividades mineras, y se ponía al día en cuanto a los progresos científicos y técnicos de la época. Promulgado el 6 de julio de 1900, el Código entró en vigor el 1ero de enero de 1901. Proporcionaba una legislación simple, clara y unificada para la minería en el Perú (sin embargo, otras normas anteriores siguieron rigiendo la extracción de materiales no metálicos: guano, salitre, bórax, fosfatos y sales). La tarea oficial de otorgar y registrar propiedades mineras fue asignada al Ministerio de Fomento, que comenzó entonces a generar el Patrón General de Minas.

El Código declaraba que todas las propiedades mineras que habían sido obtenidas legalmente eran irrevocables y perpetuas, una noción que se mantuvo válida hasta que el principio del señorío del Estado sobre los recursos mineros fuese introducido en la Constitución del Perú de 1933, y reivindicado más específicamente por la reforma del Código de Minería de 1950.

Se establecía un amplio rango en los tipos de concesiones y se garantizaba los derechos de propiedad, así como una libertad casi completa en cuanto a la forma en que se las trabajaba. Se exentaba de impuestos la importación de máquinas y herramientas para operaciones mineras, así como el carbón, dinamita, madera, mercurio y cualquier material o suministro necesitado por la actividad minera; lo mismo se aplicaba a la construcción de ferrocarriles.

La nueva legislación complementó las bases sentadas en las décadas anteriores y resultó en una profunda estimulación de la industria minera. Este boom minero aprovechó de manera fructífera la corriente de jóvenes profesionales peruanos que se estaban formando en disciplinas relacionadas con la industria minera. Un espíritu emprendedor se propagó, animando a numerosos pioneros mineros.

Se considera que el desarrollo científico y técnico de la minería y geología en el Perú durante el siglo XX fue principalmente una consecuencia del Código de Minería de 1901, de la relacionada creación del Cuerpo de Ingenieros de Minas y del desarrollo previo de la Escuela de Ingenieros. La tabla reseñada por Mario Samamé (1979) deja bien claro que las actividades mineras llevadas a cabo por operadores peruanos ya eran prósperas por lo menos por el año 1905, e involucraban la producción de oro, plata, plomo, cobre, molibdeno, tungsteno, níquel, azufre, carbón, bórax y sal. La tabla 1.7 indica los niveles en que había subido la producción de los productos mayores en 1913.

Tabla 1.7

Producción peruana de metales importantes y carbón en 1913, en toneladas (métricas), según los datos listados por Samamé (1979)

Producto	Cu	Pb	Ag	Au	carbón
Producción en 1913 (t)	> 27 000	3907	299	~1.5	274 000
Promedio anual en los primeros años 1900s (t)	~10 000	1302	155	~0.6	37 000

El Código de Minería también incentivó la incursión de inversores extranjeros (véase más abajo), cuyas operaciones en el Perú conectaron más eficazmente el país con el progreso técnico internacional y los mercados de metales.

El Cuerpo de Ingenieros de Minas y otras instituciones proactivas

La misión del Cuerpo de Ingenieros de Minas era expresamente explorar las regiones mineras, estudiar su geología y el potencial industrial susceptible de desarrollarse a partir de sus menas, mejorar los métodos para procesar minerales, producir mapas

de propiedades mineras, elaborar estadísticas relevantes sobre la minería peruana, y publicar los resultados correspondientes en el Boletín del Cuerpo. Su primer director fue el Ing. José Balta. El Ing. José Julián Bravo, quien lo dirigió de 1909 a 1927, promovió los yacimientos de hierro de Marcona y la relacionada siderurgia, así como el desarrollo de una industria nacional de hidrocarburos, entre muchas otras.

Bajo la primera presidencia (1904-1908) de don José Pardo y Barreda, el Cuerpo de Ingenieros de Minas encargó al Ing. Carlos E. Velarde un estudio exhaustivo del estado de la industria minera en el país, que se concretó mediante una monografía

detallada publicada en 1908. En 1907, el Cuerpo de Ingenieros de Minas contrató al geólogo alemán Gustav Steinmann para realizar un estudio geológico y paleontológico del norte de los Andes peruanos.

El Cuerpo de Ingenieros de Minas mostró una intensa actividad desde el inicio. Se organizó un gran número de campañas de campo hacia muchas regiones del Perú, que resultaron en una multitud de monografías e informes de alto valor científico y técnico, publicados en el Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas. La información publicada incluía estudios geológicos, colecciones de muestras, síntesis históricas y mapas catastrales, entre otros. La reforma de 1950 fusionó el Cuerpo de Ingenieros de Minas con el Instituto Geológico del Perú (véase más abajo) para formar el Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros (INIFM).

El Ministerio de Fomento creó en 1922 la Dirección de Minas y Petróleo, orientada hacia los recursos naturales correspondientes, que se dividió en 1949 entre la Dirección de Minas y la Dirección de Petróleo. En 1924, su director, el Ing. Alberto Jochamowitz, convino con el Ing. José Balta en publicar el mapa actualizado elaborado por este, así como un tratado sobre la geología económica del Perú. J. Balta presidió una

comisión especial sobre la industria del carbón y acero (Comisión Carbonera y Siderúrgica Nacional), la cual promovió en particular los ricos yacimientos de hierro cercanos a San Juan de Marcona.

La Sociedad Geológica del Perú (SGP) se fundó en 1924 con el objetivo de agrupar a quienes entonces trabajaban como geólogos o apoyaban el desarrollo de la geología en el Perú. Su primer presidente, don Carlos Lissón Beingolea (1868-1947) (figura 1.15), se había graduado como ingeniero de minas en 1894, en la Escuela de Ingenieros, y desenvuelto como profesor de geología, paleontología y petrografía en su alma mater tan temprano como 1897; y, a partir de 1918, en la Universidad Mayor de San Marcos, de la cual se volvió rector en 1930; también participó en campañas de campo con Gustav Steinmann. Dos otros geólogos, sus colegas Jorge A. Broggi (1888-1966) y Aurelio Masías, desempeñaron también un papel importante en la fundación y promoción de la SGP; en particular, Broggi, quien fue considerado “el alma de la SGP”, redactó los estatutos de la nueva Sociedad, la cual sigue muy activa hoy en día. La Sociedad Geológica del Perú fue oficialmente reconocida por el Estado tan pronto como 1926. Su posición prominente en cuanto a geología en el Perú resultó en la creación en 1944, dentro de la SGP, del Instituto Geológico del Perú, que fue uno de los ancestros del actual servicio geológico nacional, Ingemmet.



Figura 1.15 Carlos I. Lissón Beingolea (1868-1947), fundador (1924) y primer presidente de la Sociedad Geológica del Perú. Sobre él Jorge Basadre escribió: “Atesoró un alma límpida, una ejemplar honradez científica, una vida sencilla y modesta, y una rara e infatigable continuidad en sus estudios e investigaciones, los que prodigó entre sus queridos estudiantes”.

Fuente: <https://www.desdeadentro.pe/2021/09/protagonistas-de-la-geologia-peruana/>

Otras instituciones importantes se crearon en los años 1930 y 1940. La Sociedad Progreso de la Pequeña Minería se fundó en 1932. La Sociedad Nacional de Minería y Petróleo, que sigue activa, se reorganizó en 1940. El Banco Minero del Perú se estableció en 1940 e inició sus operaciones en 1942. Por último, si bien no menos importante, el muy activo y eficiente Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP) se fundó en 1943.

El arranque y crecimiento de la inversión extranjera

Como fue mencionado, un marcado incremento en la demanda internacional de cobre, debido a la electrificación masiva de muchos países, desencadenó un alza notable del precio del cobre a partir de 1897. Inversores internacionales identificaron correctamente que la electrificación, que necesitaba cobre, se desarrollaría durante décadas y decidieron entonces invertir masivamente en minas de cobre.

La minería de cobre se disparó en 1898 en el Perú por los precios en alza (~85 £/t). Menas de alta ley (40-60 % Cu, bajando más tarde hasta 15-20 % Cu), que se conocían desde la época colonial, empezaron a ser extraídas y procesadas en nuevas fundiciones. En 1902, el Perú exportó 14 000 t de matas de cobre conteniendo 50-60 % Cu, exclusivamente hacia Gran Bretaña.

Pese a que la fama de Cerro de Pasco descansaba originalmente sobre su riqueza en plata, se había comprobado en 1887 que el yacimiento hospedaba mucho cobre a mayor profundidad. Este resultado había sido alcanzado por ingenieros contratados por un grupo de negocios estadounidense, al cual pertenecía Michael P. Grace (1842-1920), quien en esa época estaba negociando el "Contrato Grace" con el gobierno del Perú. Entre los hombres de negocios involucrados en este Mackay syndicate se encontraban James B. A. Haggin (1822-1914), un multimillonario interesado en la minería, y Alfred W. McCune (1849-1927), quien era dueño de minas y constructor de ferrocarriles. Dos ingenieros de minas, William Van Slooten y James McFarlane, fueron enviados para evaluar el área de Cerro de Pasco entre diciembre de 1900 y mayo de 1901, y sus conclusiones fueron tan favorables que el propio McCune visitó el yacimiento a partir de julio de 1901.

McCune se entusiasmó por las perspectivas mineras en Cerro de Pasco, y logró convencer a Haggin de juntarse con él. Ambos hombres compraron de inmediato minas por Cerro de Pasco, hasta el punto de que se volvieron dueños de 70 % de ellas al finalizar el año 1901. Establecieron, en 1902, la Cerro de Pasco Mining Company, y como accionistas se juntaron otros importantes hombres de negocios estadounidenses, como Henry Clay Frick, Michael P. Grace, Phoebe Hearst, Darius Ogden Mills, J. P. Morgan y Hamilton McKown Twombly (un heredero de la fortuna Vanderbilt). McCune y Haggin adquirieron también la concesión para construir un ferrocarril de La Oroya a Cerro de

Pasco, creando con este propósito la Cerro de Pasco Railway Company. Este ferrocarril comenzó a funcionar en 1904 y facilitó mucho el transporte y exportación de la producción minera de toda la región. McCune y su familia viajaron por el Perú en 1902 para visitar sus diversos emprendimientos. Sus intereses empresarios terminaron por centrarse en el Perú durante las tres últimas décadas de su vida.

La Cerro de Pasco Mining Company controló posteriormente la mayoría de las minas de la zona. La Morococha Mining Company se formó en 1905 para explotar una gran mina de cobre en el distrito homónimo, y compró más concesiones en el área. En 1915, ambas compañías fusionaron para formar la Cerro de Pasco Copper Corporation, la cual terminó también por adueñarse de la gran y productiva mina de Casapalca. Por 1916, la compañía tenía más de 30 millones de US\$ invertidos en la minería de cobre en el Perú, lo que representaba la inversión más grande en Sudamérica en cuanto a cobre, y probablemente lo era también a nivel mundial afuera de los Estados Unidos. La Cerro de Pasco Copper Corporation permaneció como el mayor inversor estadounidense en el Perú durante los tres primeros cuartos del siglo XX, hasta que fue expropiada en 1974 (véase más abajo). En 1957, se abrió el "tajo McCune" –llamado así por Alfred W. McCune– en Cerro de Pasco; en 1960, cerca de 80 % de todo el cobre minado en la región de Cerro de Pasco procedía de este tajo.

La creciente conexión de la industria minera peruana con el mundo minero internacional llevó a la introducción en 1918 de la flotación, un procesamiento de minerales que había sido implementado por primera vez en una mina galesa en 1897. Esta técnica de concentración mineral resultó ser crucial para la producción de metales en el Perú, donde inicialmente se la aplicó a menas de cobre, generalizándose más tarde a minerales de plomo, zinc, y plata.

El legado profesional y técnico de la Cerro de Pasco Copper Corporation entre la comunidad minera del Perú puede apreciarse a través de las palabras del Ing. Celso Sotomarinero en una entrevista que dio a PeruMin 33 en 2017: "La Cerro de Pasco fue la gran universidad minera del Perú, la escuela de mineros, metalurgistas, y geólogos".

Efectos importantes de acontecimientos históricos internacionales

El canal de Panamá fue abierto al tránsito comercial el 15 de agosto de 1914, es decir, solo unas dos semanas después de iniciarse la Primera Guerra Mundial. Ambos acontecimientos iban a tener consecuencias considerables. El primero modificó y acortó sustancialmente muchos trayectos marítimos. El segundo impuso condiciones económicas que causaron

cambios en los precios de muchos productos básicos, metales en particular, y resultó finalmente en una variedad de trastornos y reorganizaciones políticos en muchas partes del mundo.

Una década más tarde, la conmoción financiera de 1929 estremeció todos los mercados y economías nacionales del mundo, no obstante, en grados variados. La economía internacional padeció una profunda depresión, que duró varios años y a su vez desencadenó más trastornos políticos, entre los cuales algunos resultaron en el estallido de la Segunda Guerra Mundial en 1939.

Como la Primera Guerra Mundial, de la Segunda también resultaron trastornos políticos y cambios económicos importantes; a partir de 1945, evolucionó hacia la “Guerra Fría”, la cual se manifestó particularmente en una sucesión de conflictos armados (guerra de Corea: 1950-1953; guerra de Vietnam: 1955-1975; etc.) y la emergencia de guerrillas y regímenes inspirados por el marxismo en un buen número de países por todo el mundo. Uno de estos regímenes fue impuesto en el Perú por un golpe militar en 1968. El nuevo gobierno, encabezado por el general Juan Velasco Alvarado, tomó una serie de medidas sin precedentes en cuanto a minería, que

representaban cambios considerables respecto a la legislación minera de 1950, con la intención general de que la gran mayoría de las actividades y recursos mineros estén ampliamente controlados por el Estado (véase más abajo). Sin embargo, muchos de estos cambios radicales fueron revertidos en 1982 después de la restauración de la democracia en 1980. Una nueva Ley General de Minería se promulgó en 1992, y sigue en vigencia – aunque posibles modificaciones están actualmente (2019) debatidas.

Evolución general de las producciones metálicas del Perú desde la Primera Guerra Mundial

Las primeras estadísticas sobre la minería peruana se publicaron en 1903 en el Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas. La publicación de estadísticas mineras oficiales ha continuado sin interrupción desde entonces. A partir de la reforma de 1950, esta tarea ha sido encargada a instituciones sucesoras del Cuerpo de Ingenieros de Minas.

Las figuras 1.16 a 1.23 ilustran la evolución de la producción peruana de metales relevantes a través del tiempo, sobre los cien años que se extendieron de 1917 a 2017.

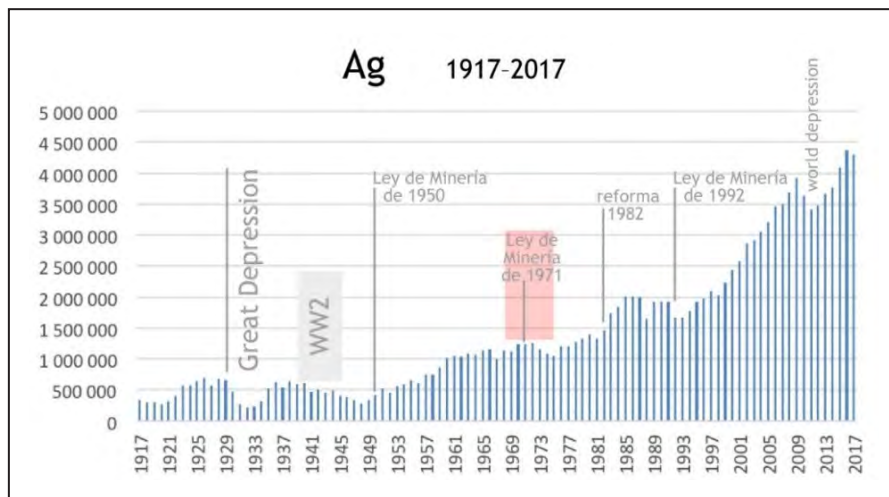


Figura 1.16 Evolución de la producción peruana de plata de 1917 a 2017. La escala izquierda es en kilogramos (kg). Véase el texto para detalles acerca del desarrollo histórico. El rectángulo rosado ubica la presidencia del general Velasco Alvarado.

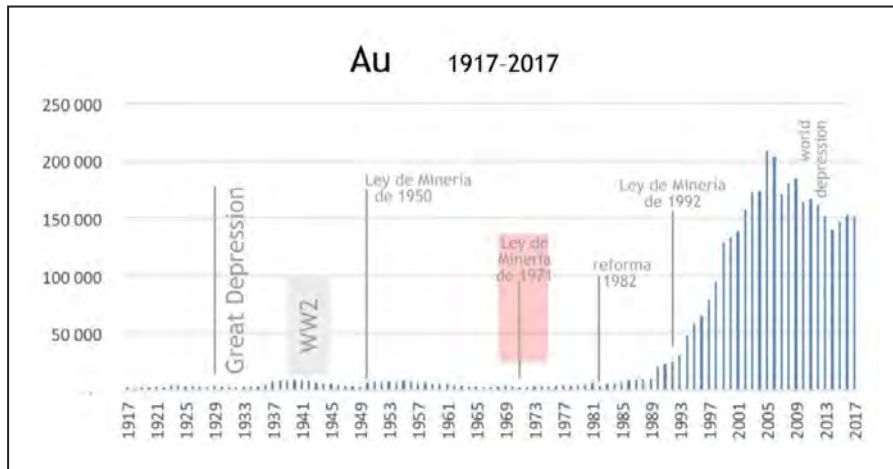


Figura 1.17 Evolución de la producción peruana de oro de 1917 a 2017. La escala izquierda es en kilogramos (kg).

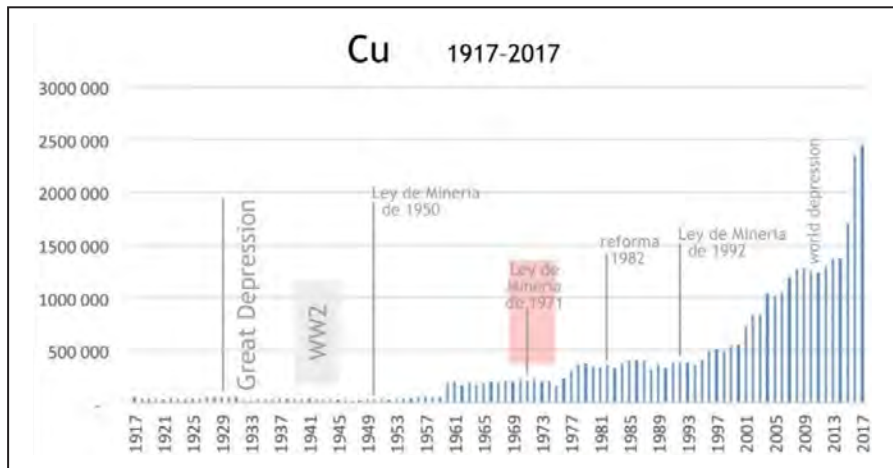


Figura 1.18 Evolución de la producción peruana de cobre de 1917 a 2017. La escala izquierda es en toneladas métricas (t).

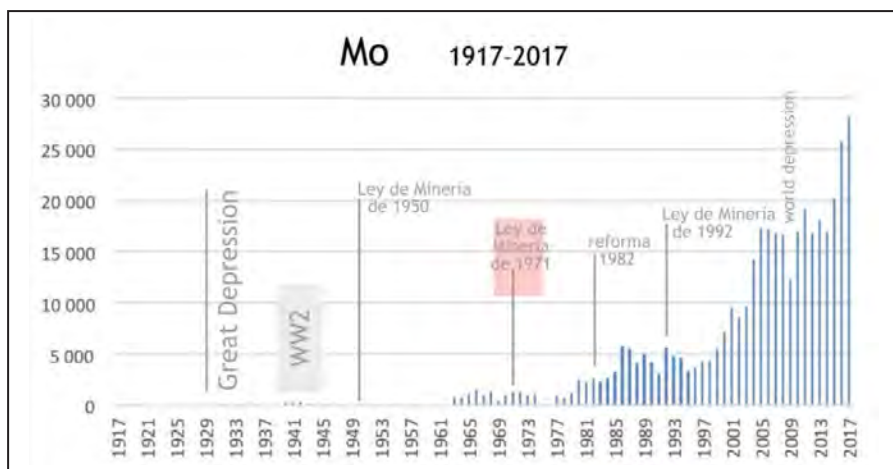


Figura 1.19 Evolución de la producción peruana de molibdeno de 1917 a 2017. La escala izquierda es en toneladas métricas (t).

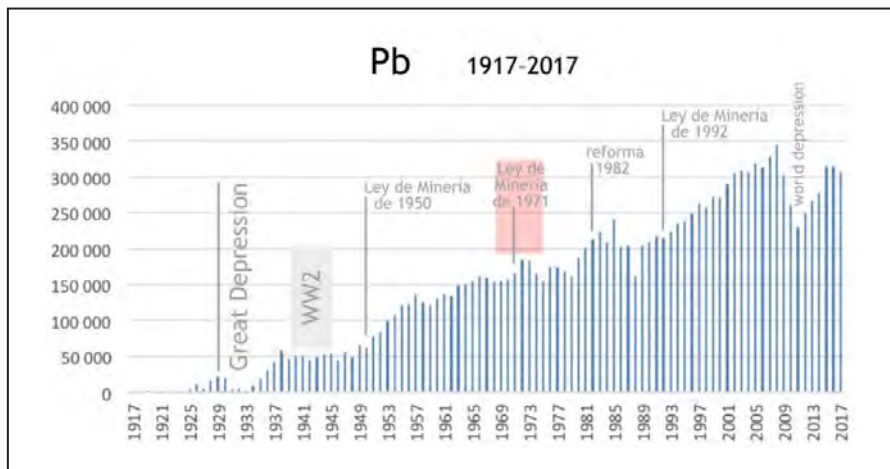


Figura 1.20 Evolución de la producción peruana de plomo de 1917 a 2017. La escala izquierda es en toneladas métricas (t).

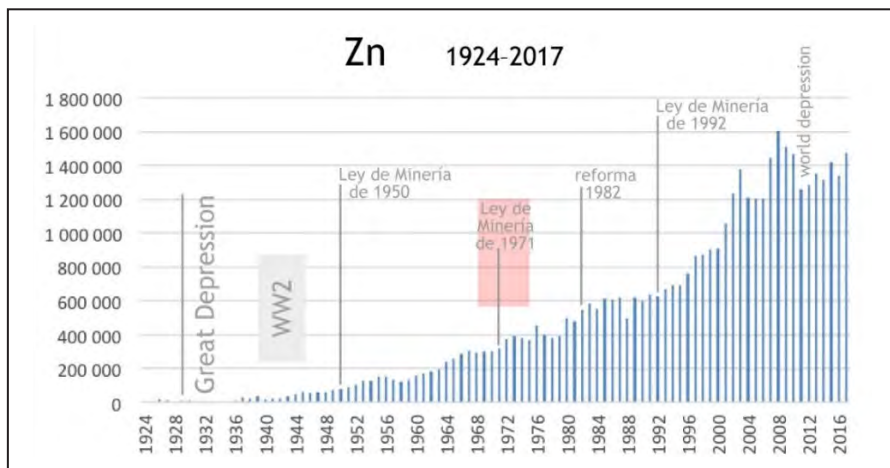


Figura 1.21 Evolución de la producción peruana de zinc de 1924 a 2017. La escala izquierda es en toneladas métricas (t).



Figura 1.22 Evolución de la producción peruana de estaño de 1934 a 2017. La escala izquierda es en toneladas métricas (t).

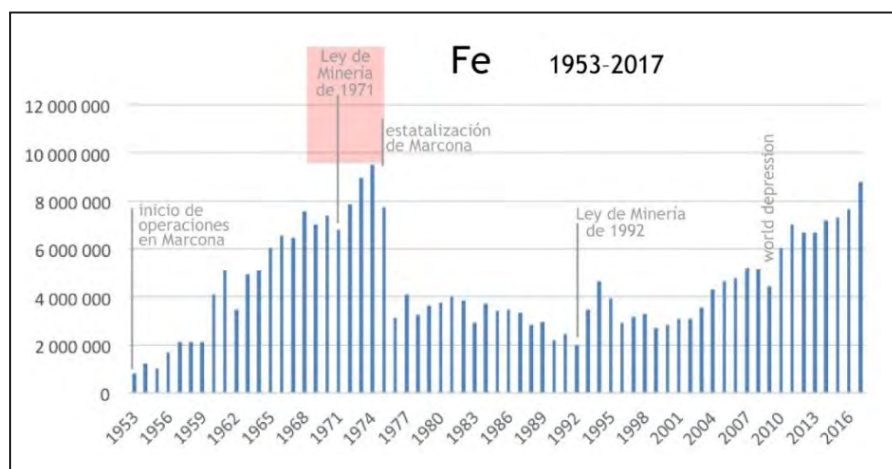


Figura 1.23 Evolución de la producción peruana de hierro de 1953 a 2017. La escala izquierda es en toneladas métricas (t).

La Primera Guerra Mundial y la década posterior

El desarrollo de la Primera Guerra Mundial empezó a tener consecuencias detectables sobre los mercados de metales cuando se percibió que el conflicto armado iba a durar mucho más tiempo que lo que se había pensado al inicio. Este entendimiento resultó a partir de 1915 en un alza en los precios

de metales (tabla 1.8). El comercio internacional y el crédito se contrajeron, mientras los costos de flete y seguros marítimos aumentaron debido a la escasez de cargueros y a los riesgos creados por la guerra submarina. Sin embargo, los precios de metales disminuyeron durante los años posteriores a la guerra (véase, por ejemplo, las figuras 1.16 y 1.18 para la plata y el cobre).

Tabla 1.8

Evolución de los precios internacionales del cobre, plomo y plata de 1913 a 1921 (basado principalmente en los datos listados por Samamé, 1979; para la plata, véase también la figura 1.16). Los altos precios de la plata de 1917 a 1920 se debieron en parte a un retorno de facto al bimetalismo en países en guerra, y a un aumento de la demanda de plata en la China

Año	Cu (US\$/kg)	Pb (US\$/kg)	Ag (US\$/kg)
1913	0.337	0.096	19.23
1914	0.300	0.085	17.62
1915	0.381	0.103	15.98
1916	0.600	0.151	21.13
1917	0.599	0.194	26.17
1918	0.543	0.163	31.13
1919	0.412	0.127	35.72
1920	0.385	0.176	32.44
1921	0.276	0.102	20.15

En el Perú, el año 1915 coincidió también con el fin de las desgravaciones que la ley de 1890 había concedido. Impuestos sobre la exportación de productos mineros se restablecieron entonces, cayendo en particular sobre cobre, plata y oro. La

Primera Guerra Mundial indujo un incremento sensible de las exportaciones peruanas de cobre (tabla 1.9). Similarmente, las exportaciones de plata alcanzaron en 1917 un valor máximo de 338 t.

Tabla 1.9

Exportaciones peruanas de cobre de 1913 a 1921

Años	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921
Exportaciones de Cu (kt)	27	34.7	43	45.2	44.4	39.3	33	33.3

Fuente: Según los datos listados por Samamé (1979) y los datos oficiales a partir de 1917.

La apertura del canal de Panamá a buques mercantes redujo los costos de exportación hacia Europa y este de Norteamérica, pero los costos operativos de las minas se habían también incrementado mientras tanto. Las monedas nacionales de los países en guerra, quienes compraban metales, sufrieron una depreciación, que resultó en una apreciación de la moneda peruana a partir de 1916, llegando a 22 % en 1920. Estas circunstancias hicieron que las exportaciones mineras no fueran tan beneficiosas como lo sugieren los precios contemporáneos de metales.

Sin embargo, las condiciones peculiares generadas por la Primera Guerra Mundial resultaron en un marcado excedente en el comercio exterior peruano. El gobierno aprovechó la situación para emitir papel moneda que estaba respaldado por las crecientes reservas de oro y plata. Estas circunstancias condujeron a la creación del Banco de Reserva del Perú en 1922.

Durante la guerra, el flete internacional sufrió de incertidumbres significativas que afectaron negativamente el comercio y especialmente los pagos, lo que resultó a veces en graves dificultades financieras para empresas mineras más frágiles, de las cuales algunas fueron absorbidas por compañías más grandes. Un ejemplo fue la adquisición en 1919 de la *Backus & Johnston Company*, que operaba minas en el área de Morococha y una fundición en Casapalca por la *Cerro de Pasco Copper Corporation*. Con la meta de acelerar estas absorciones, la última aumentó considerablemente sus tarifas para fundir minerales y refinar metales en sus fundiciones. También construyó, de 1919 a 1922, una fundición moderna en La Oroya, en el nexo de ferrocarriles entre Cerro de Pasco y Morococha/Casapalca, por un costo de 15 millones de US\$, la más grande inversión de este tipo jamás hecha en el Perú en ese tiempo, puesto que la planta estaba diseñada para procesar 4000 t de mineral por día. Sin embargo, la fundición generó inicialmente una contaminación considerable, que fue señalada tan pronto como en 1923, estudiada en detalle por el Cuerpo de Ingenieros de Minas durante dos años, y resuelta gracias a la implementación de artefactos que filtraban los humos, recuperando más plomo y plata, y también elementos de valor como Bi, Zn, Sb, Cd, In, Tl, etc.; las indemnizaciones pagadas por la *Cerro de Pasco Copper Corporation* a las personas y comunidades afectadas ascendieron a 3.4 millones de US\$, y el monto total gastado para solucionar el problema a 9 millones.

El intervalo de tiempo que transcurrió desde el fin de la Primera Guerra Mundial hasta el desencadenamiento de la Gran Depresión coincidió prácticamente con los 11 años que duró la segunda presidencia de Augusto B. Leguía y Salcedo (1919-1930: el Oncenio), quien ya había sido presidente del Perú de 1908 a 1912 (Leguía fue elegido presidente cuatro veces: en 1908, 1919, 1924 y 1929). Esta estabilidad política benefició a la industria minera y permitió la consolidación de instituciones estatales.

Hasta 1929, la minería peruana conoció un crecimiento sostenido, especialmente en lo que iba del cobre. Pese a que el mayor impulso procedía de la Cerro de Pasco Copper Corporation, otras compañías que operaban en el norte, centro y sur del Perú contribuyeron claramente a este crecimiento. La producción de cobre empezó a aumentar de nuevo en 1922, alcanzando 43.8 kt en 1926, 47.8 kt en 1927 y 53.0 kt en 1928 para llegar a un máximo de 54.4 kt en 1929. Debido a la profunda caída causada por la Gran Depresión, esta cifra no se alcanzaría de nuevo hasta 1957 (figura 1.16).

Similarmente, la producción de plomo despegó en 1925 con 4.5 kt, y alcanzó un máximo de 21.2 kt en 1929. La producción de zinc era de solo 145 t en 1924, pero ascendió espectacularmente en 1926 a más de 15 kt para replegarse a 12.4 kt en 1929. El Perú produjo 3.7 t de oro en 1929.

La producción de carbón, que alimentaba las fundiciones metálicas en energía, alcanzó un máximo de 378 kt en 1920 para disminuir a 220 kt en 1929 y a cantidades menores después, especialmente a partir de 1931. Sin embargo, este descenso reflejó en gran parte la introducción de nuevas fuentes de energía.

La Gran Depresión y sus secuelas

La Gran Depresión comenzó con el Crac del 29 (Wall Street Crash of 1929), el cual se desencadenó del 24 al 29 de octubre y resultó en el colapso del mercado de acciones de Nueva York. Este evento financiero descomunal inauguró una depresión de unos 12 años que afectó profundamente las economías de los países industrializados occidentales y también causó daños en la mayoría de las otras economías del mundo.

Por consiguiente, las producciones metálicas peruanas se desplomaron marcadamente (figuras 1.16 a 1.23; tablas 1.10 a 1.14). En particular, la producción de cobre cayó de 54.4 kt en 1929 a 21.5 kt en 1932 (tabla 1.12; el nivel máximo de 1929 no se alcanzaría de nuevo antes de 1957). La producción peruana de plomo cayó desde su máximo de 21.2 kt en 1929 a menos de 5 kt durante los años 1931-1933 (tabla 1.13). La producción de zinc, que había estado encima de 10 kt por año de 1926 a 1930, cayó hasta solo 86 t en 1931, y se estabilizó poco encima de 200 t en 1932 y 1933 (tabla 1.14).

La depresión internacional golpeó duro a toda la economía peruana, pero especialmente a la industria minera, la cual casi colapsó. La crisis afectó particularmente las empresas pequeñas y medianas, y las que operaban en áreas donde trabajaban compañías más grandes fueron comúnmente absorbidas por estas, que gozaban de mejores condiciones para resistir la situación crítica. Por último, si bien no menos importante, la crisis también resultó en un desempleo récord que ocasionó disturbios civiles. Esta grave situación fue encarada por los dos gobiernos

del presidente Luis Miguel Sánchez Cerro, respectivamente en 1930 (con respecto a oro y vanadio) y en 1932 (con respecto a oro, hierro y carbón), mediante medidas protectoras que apuntaban a estimular la producción y exportación.

Desde un punto de vista referente a la industria minera peruana, la depresión comenzó a aliviarse en 1933, año que registró el inicio de un lento proceso de recuperación, a medida que los precios internacionales de metales mejoraban.

El oro subió de 20.67 US\$/oz (0.6646 US\$/g) en 1932 a 35.00 US\$/oz (1.1253 US\$/g) a partir del 30 de enero de 1934, cuando el gobierno de los Estados Unidos fijó el valor de su moneda nacional en este nivel. Esta alza estimuló intensamente la minería de oro y su producción aumentó rápidamente, desde 2.5 t en 1931 a 3.0 t en 1933 y 1934, a 8.3 t en 1939 y 8.7 t en 1940, alcanzando un máximo de 8.9 t en 1941 (tabla 1.10). Un aumento similar en la producción de plata se ilustra en la tabla 1.11 (véase la figura 1.13 para la evolución del precio internacional de la plata).

Tabla 1.10

Producción peruana de oro de 1930 a 1941 (datos oficiales), ilustrando la recuperación de la Gran Depresión

Años	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941
Au (t)	2.8	2.5	2.7	3	3	3.5	4.7	7.6	8.1	8.3	8.7	8.9

Tabla 1.11

Producción peruana de plata de 1930 a 1939 (datos oficiales), ilustrando la recuperación de la Gran Depresión

Años	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939
Producción de Ag (t)	479	274	211	232	322	532	619	543	639	585

El cobre también se recuperó apreciablemente. A medida que su precio subió desde 0.12 US\$/kg en 1932 a 0.26 US\$/kg por

1939, la producción peruana de cobre subió desde 21.5 kt en 1932 a 37.5 kt en 1938 (tabla 1.12).

Tabla 1.12

Producción peruana de cobre de 1930 a 1939 (datos oficiales), ilustrando la recuperación de la Gran Depresión

Años	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939
Producción de Cu (kt)	48.2	46.1	21.5	24.9	27.7	29.7	33.4	35.7	37.5	35.6

La evolución de la producción de plomo se ilustra en la tabla 1.13, y la de zinc en la tabla 1.14. Ambas tendencias son algo similares, pero algunos detalles son elocuentes. A partir de 1937, el tonelaje del plomo producido en el Perú superó el de cobre. Mientras muy poco zinc se había producido de 1931 a 1934, la cantidad de zinc producido en el Perú en 1939 fue más de tres

veces lo que había sido en 1930. Sin embargo, este notable incremento en la producción de plomo y zinc se debió más a los progresos alcanzados en el procesamiento de sus minerales que al alza de sus precios internacionales: el plomo (resp. el zinc) subió solo desde ~0.066 (resp. ~0.062) US\$/kg en 1932 a ~0.14 (resp. ~0.18) US\$/kg por 1939.

Tabla 1.13

Producción peruana de plomo de 1930 a 1939 (datos oficiales), ilustrando la recuperación de la Gran Depresión

Años	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939
Producción de Pb (kt)	19.8	2.6	4.6	1.9	9.1	18.5	30.5	42	58	46.3

Tabla 1.14

Producción peruana de zinc de 1930 a 1939 (datos oficiales), ilustrando la recuperación de la Gran Depresión

Años	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939
Producción de Zn (kt)	11.3	0.09	0.2	0.2	5.6	4.7	11.2	29	25.2	36.5

La producción de carbón, que estaba vinculada a la producción metálica debido a que el carbón se usaba como combustible en las fundiciones, subió de ~25 kt en 1932 a más de 100 kt en 1939.

Otros productos mineros estaban también en alza. El bismuto comenzó a exportarse en 1932, ascendiendo a 19 t de Bi refinado casi puro; en 1939, sus exportaciones ascendieron a 302 t de Bi altamente refinado, más 76 t en lingotes que incluían ciertas cantidades de Pb y Ag. El antimonio se incluyó en las estadísticas por primera vez en 1935 con 29 t de lingotes con algo de Pb y 313 t de concentrados, y se exportó bastante en 1938 (~1500 t) y 1939 (842 t, más 4.7 t en lingotes con algo de Pb).

El vanadio constituye un caso especial: se trataba de un metal estratégico, cuyas exportaciones peruanas habían sido ocasionales e imperfectamente registradas. Las estadísticas empezaron a correr en 1934, año en que se registró ~1.5 kt en concentrados y 238 t de V refinado. Las exportaciones disminuyeron a 119 t de V refinado en 1935, pero subieron fuertemente a más de 6 kt en 1937, para superar las 10 kt en 1938 y las 15 kt en 1939. En un muy corto intervalo de tiempo, el Perú se había convertido en el primer productor mundial de vanadio.

Otro metal estratégico que se disparó en el Perú fue el tungsteno: 34 t, ~100 t, y ~99 t se exportaron en 1935, 1938 y 1939, respectivamente. En cuanto al molibdeno, el Perú exportó 82 t de molibdenita (MoS₂) en 1937, cantidad que subió a 275 t en 1939.

La Segunda Guerra Mundial y sus repercusiones

Los historiadores consideran habitualmente que la Segunda Guerra Mundial comenzó en Europa cuando Alemania invadió Polonia el 1ero de septiembre de 1939, aunque se produjeron otros acontecimientos algo anteriores tanto en Asia como en Europa. Una importante inflexión en la historia de este conflicto mayor ocurrió cuando los Estados Unidos declararon la guerra a Japón y Alemania, respectivamente, los días 8 y 11 de diciembre de 1941, después que su base de Pearl Harbor fue atacada. El Perú expresó su apoyo a los Estados Unidos tan pronto como inicios de 1942, y terminó por declarar la guerra a Alemania y Japón el 13 de febrero de 1945. La Segunda Guerra Mundial finalizó oficialmente en 1945 por la capitulación de Alemania (firmada el 8 de mayo) y Japón (anunciada el 15 de agosto, firmada el 2 de septiembre). Sin embargo, una situación de guerra latente entre dos campos encabezados por los Estados Unidos y la Unión Soviética –la llamada “Guerra Fría”– persistió durante cuatro décadas.

Aunque la demanda de metales se sostuvo por la guerra, hubo algunas implicancias negativas para el Perú. Varios tipos de mercados se extinguieron en los países en guerra, mientras se volvió difícil y arriesgado expedir la producción metálica, e importar máquinas y repuestos. Además, la reducción de los mercados hizo que los gobiernos de los Estados Unidos y el Reino Unido en práctica impusieran un congelamiento de

los precios a sus aliados latinoamericanos –una situación que perduró algún tiempo después de finalizarse la guerra–.

Los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial se caracterizaron por un aumento general de los precios de metales, que se debió en parte a las reconstrucciones en curso en Europa y otros continentes. Por ejemplo:

- El cobre subió de ~0.26 US\$/kg durante la guerra a 0.46 US\$/kg en 1950.
- El plomo subió de ~0.13 US\$/kg en 1941 a ~0.29 US\$/kg en 1950.
- El zinc subió de ~0.18 US\$/kg durante la guerra a ~0.30 US\$/kg en 1950.
- La plata subió de ~13.8 US\$/kg en 1939 a ~26.2 US\$/kg en 1950.

A pesar de estos precios favorables en el mercado internacional, la producción peruana no se recuperó en forma significativa y en ciertos casos hasta se contrajo (figuras 1.14 a 1.21). Los gobiernos habían reaccionado a la serie de problemas que habían surgido desde 1929 por más administración y por tanto más burocracia. Según Samamé (1979), resultó en una proliferación de regulaciones e impuestos que iban en contra del espíritu del Código de Minería de 1900, creando complejidades y confusiones. Como consecuencia, estas torpezas administrativas terminaron deprimiendo la actividad minera en el Perú.

La moneda peruana de 1922 a 1950

El debilitamiento de la minería en el Perú durante la segunda mitad de los años 1940 coincidió con una depresión económica que se reflejó también en la depreciación de la moneda nacional.

El Banco de Reserva del Perú, creado en 1922, había emitido papel moneda que en teoría estaba respaldado por sus reservas de oro y plata: una libra peruana (Lp) podía teóricamente convertirse en 7.32 g de oro fino. Sin embargo, esta convertibilidad no llegó a probarse efectiva, lo que indujo alguna depreciación de la Lp. Desde un valor de 4.59 US\$ en 1924, la Lp había bajado a ~4 US\$ por 1930. Anticipando que esta deterioración iba a continuar, el gobierno decidió a inicios de 1930 sustituir la Lp por el sol de oro (S/), cuyo valor se estableció en 0.601853 g de oro de manera que valiera 0.40 US\$ (1 US\$ valía entonces 2.50 S/). Se declaró que la acuñación de oro era libre e ilimitada, como su exportación, pero el papel moneda no era convertible. La depreciación de la moneda prosiguió.

El brusco cambio de gobierno que ocurrió en agosto de 1930 reorientó esta política. Una comisión internacional de auditoría recomendó en 1931 retornar al patrón oro. Se reestructuró el

Banco de Reserva, el cual se volvió Banco Central de Reserva, única institución autorizada a emitir dinero en efectivo a partir de ese momento. El sol de oro se estabilizó así en 0.28 US\$, es decir, 30 % menos que su valor antes de esta reforma. Sin embargo, la caída del precio del oro ocurrida en 1932 provocó un retorno a la no-convertibilidad, y el sol de oro ingresó al mercado libre de cambios. La moneda se depreció, especialmente a partir de 1939, y el gobierno decidió fijar el tipo de cambio en 1 US\$ = 6.50 S/, lo cual subsistió hasta 1946.

Sin embargo, la existencia de un tipo de cambio oficial fijado por el gobierno y sometido a una reglamentación y control estatal generó un mercado paralelo libre, en el cual el sol de oro prosiguió su descenso, especialmente cuando el saldo del comercio exterior se volvió negativo en 1947, después de haber permanecido positivo durante décadas (hasta durante la Gran Depresión y en particular durante la Segunda Guerra Mundial). En 1948 1 US\$ equivalía a 18 S/; el tipo de cambio mejoró a ~15 S/ en 1950, después del brusco cambio de gobierno a fines de 1948.

La reforma de la legislación minera de 1950

La comisión encargada de preparar la nueva legislación que se promulgó en 1950 fue encabezada por el Dr. Ing. Mario Samamé Boggio, quien estaba entonces bien situado para analizar el estado de la industria minera peruana en esa época. En el volumen histórico de su extenso *El Perú minero* (vol. I, 1979), Mario Samamé dejó bien claro el diagnóstico siguiente:

“Al finalizar la primera mitad del presente siglo, la situación de la industria minera era de franca declinación, que se manifestaba en la baja de la producción y exportaciones [...]. No obstante, algunas aisladas y eventuales disposiciones protectoras –que en un momento dieron resultados positivos–, el marco general de desenvolvimiento de la industria minera era adverso y complejo, bajo una legislación injusta, incierta y con frecuencia contradictoria que, al aumentar riesgos y desalentar expectativas, acentuaba el carácter aleatorio de una industria que suele estar a merced de lo imprevisto.”

Mario Samamé identificó cinco causas principales a la depresión que sufría la industria minera peruana en esa época:

- Los yacimientos de alta ley se encontraban ahora agotados.
- El sistema tributario era gravoso y desplazaba artificialmente el margen de explotabilidad de las minas, manteniendo sin atractivos las reservas de baja ley.
- La reglamentación sufría frecuentes modificaciones, lo que generaba una inestabilidad normativa que impedía estimar costos a largo plazo y así retraía los capitales de inversión.

- Se practicaba un acaparamiento de áreas mineralizadas con fines puramente especulativos, sin penalidades, lo que impedía la valorización minera de estas áreas, y dificultaba la prospección y reconocimiento de nuevas reservas.
- La administración estatal se portaba a veces de forma arbitraria, injusta y discriminatoria.

Se requería entonces urgentemente un Código de Minería actualizado, que refleje una política minera renovada y proactiva, de manera que estimule la menguante industria minera, y así promover la exploración y explotación de las riquezas mineras todavía escondidas en el subsuelo peruano.

Esta necesidad fue rápidamente identificada por el enérgico gobierno del presidente Manuel Odría Amoretti (1948-1956), cuyo lema "Hechos y no palabras" no se ha olvidado. Una comisión ad hoc fue designada en agosto de 1949, es decir, diez meses después de que el general Odría tomó el poder. Su jefe, el Dr. Ing. Mario Samamé Boggio, dirigía entonces el Departamento de Minas de la Escuela de Ingenieros, y era vocal del Consejo Superior de Minería y Petróleo; cuando se promulgó la nueva ley de minería el año siguiente, fue nombrado jefe de la Dirección de Minería del Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

La comisión entregó cinco meses más tarde el proyecto detallado de un nuevo Código de Minería, que sometió para debate y sugerencias a un amplio conjunto de instituciones, compañías y profesionales relacionados a la minería (entre ellas: la Escuela de Ingenieros, el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, el Colegio de Abogados de Lima, la Sociedad Nacional de Minería, el Banco Minero del Perú, la Sociedad Progreso de la Pequeña Minería, etc.; la Cerro De Pasco Copper Corporation, la Northern Perú Mining and Smelting Co., etc.). Los resultados de esta consulta abierta se tomaron en cuenta para redactar la versión final del proyecto, el cual fue sometido al gobierno el 15 de abril de 1950. El proyecto se encontraba activamente apoyado por la industria minera. El nuevo Código de Minería fue promulgado el 12 de mayo y entró en vigor el 1ero de julio de 1950.

El Código de Minería de 1950

Todos los detalles referentes al Código de Minería de 1950 y sus consecuencias fructuosas figuran en Samamé (vol. I, 1979). Un factor específico era que la carga impositiva sobre beneficios mineros se encontraba ahora limitada a un rango comprendido entre 10 % y 20 %. El registro y régimen de inscripciones y títulos de propiedad de concesiones se actualizaron de manera que se ajustaron a las peculiaridades del sector minero, formando el Registro Público de Minería. En 1951, el Cuerpo de Ingenieros de Minas fusionó con el Instituto Geológico del Perú para formar el Instituto de Investigación y Fomento Minero (INIFM).

El nuevo Código de Minería modificó sustancialmente las perspectivas mineras en el Perú y generó inmediatamente una nueva dinámica. Los efectos de los incentivos que reunía comenzaron a verse tan pronto como a fines del mismo año 1950 y, a lo largo de las dos siguientes décadas, fueron tales que la minería peruana alcanzó nuevas dimensiones y ubicaron al Perú en una posición prominente de clase mundial. En su obra histórica de referencia, Jorge Basadre reconoció que el Código de 1950 creó "favorables condiciones para el desarrollo de esta industria y para la inversión de grandes capitales."

Entre otras, este nuevo boom minero peruano resultó en inversiones importantes, récords de producción, nuevos proyectos, beneficios más elevados, así como mejores salarios y políticas sociales –que se encuentran todos registrados por elocuentes datos estadísticos. El valor general de la producción minera se multiplicó por 20, creciendo desde un total de 100 millones de US\$ a 2000 millones. Se crearon treinta nuevas empresas mineras medianas a pequeñas y este subsector duplicó su producción.

Muchos proyectos se materializaron: la mina de hierro y fundición de Marcona (1953), la planta siderúrgica de Chimbote (1958), la mina de cobre de Toquepala (1957) y la relacionada fundición de Ilo (1960), así como la fundición de zinc de La Oroya, entre otros. También, se desarrolló el proyecto de cobre de Cobriza de 1957 a 1967 y se descubrió el yacimiento de Michiquillay (pórfido de cobre) en 1957.

Mejorando el mapa geológico del Perú

La Sociedad Geológica del Perú participó en el Congreso Geológico Internacional que se llevó a cabo en París en 1959, donde se presentó un léxico estratigráfico del Perú por la Dra. Rosalvina Rivera y un mapa geológico del Perú a la escala de 1:4 000 000 por el Ing. Jorge Broggi. Como este congreso adoptó la resolución de construir el Mapa Geológico del Mundo, la tarea de promover el mapeo geológico del Perú fue encargada a la SGP.

Como consecuencia, un departamento autónomo, la Comisión de la Carta Geológica Nacional, se creó en 1960 en el Ministerio de Fomento para implementar este proyecto. En 1966, este departamento fusionó con el Instituto Nacional de Investigación y Fomento Minero (INIFM) para formar el Servicio de Geología y Minería.

Intentando insertar el Estado en la industria minera

El Gobierno Revolucionario de la Fuerza Armada, encabezado por el general Juan Velasco Alvarado (1910-1977), se apoderó del poder el 3 de octubre de 1968. Inspirado por el marxismo, el nuevo gobierno expresó su voluntad de aportar justicia social a las clases sociales desfavorecidas mediante extensas

nacionalizaciones, las cuales apuntaban a controlar la distribución de la riqueza generada por la economía del Perú. Para tal fin, el gobierno nacionalizó ramas industriales enteras, expropiando empresas privadas en un amplio rango de actividades (minería, pesca, energía eléctrica, telecomunicaciones, etc.) y las reestructuró para formar monopolios estatales únicos, centrados en un tipo de industria, de manera que el Estado lograra por último controlar la economía –mientras que en los mismos sectores la empresa privada estaba desalentada–. El enorme rol súbitamente impartido al Estado resultó en particular en una reorganización y construcción acelerada de agencias estatales (véase más abajo).

Sin embargo, el gobierno del presidente Velasco enfrentó una serie de dificultades para implementar su programa. Plagado por una creciente deuda, el gobierno devaluó la moneda nacional y tomó medidas económicas que resultaron inflacionarias. Esta deterioración de la economía produjo desempleo y escasez de alimentos. La creciente oposición política tuvo que afrontar medidas autoritarias por parte del gobierno, quien en 1974 aplicó mano particularmente dura contra la prensa.

El 29 de agosto de 1975, un grupo de generales prominentes proclamó que Velasco no había logrado lo que se había esperado de la "Revolución peruana", lo destituyeron, y lo sustituyeron por el general Francisco Morales-Bermúdez Cerrutti, quien en ese tiempo se desempeñaba como presidente del Consejo de ministros. El nuevo gobierno militar restauró progresivamente derechos políticos y condiciones económicas, y terminó por organizar elecciones democráticas el 18 de mayo de 1980, que restauraron en el poder a don Fernando Belaúnde Terry, a quien Velasco había derrocado en 1968. Una vez instalado, el gobierno del presidente Belaúnde laboró para revertir muchas medidas que habían sido impuestas por el gobierno de Velasco y se habían demostrado dañinas.

Sin embargo, en la víspera de estas elecciones, la organización política denominada Partido Comunista del Perú – Sendero Luminoso lanzó su primera acción. Un grave conflicto interno, que incluyó muchos hechos de guerrilla, se intensificó durante los años siguientes. El conflicto se expandió a varias regiones del país y, por tanto, afectó la producción minera (observar el intervalo 1982-1992 en las figuras 1.16 a 1.23). La situación mejoró considerablemente a partir del momento que el jefe de la organización fue capturado en Lima el 12 de septiembre de 1992, y el conflicto se ha considerado en práctica como terminado desde fines de los años 1990.

Consecuencias para la minería peruana

En el momento que Velasco tomó el poder, las exportaciones relacionadas a la minería representaban más de la mitad del

valor total de las exportaciones peruanas, y la industria minera quedó, por lo tanto, bajo escrutinio especial por parte del nuevo gobierno. Así lo expresó el propio Samamé (1979): "el proceso de cambios que se inaugura en el Perú en octubre de 1968, tiene significativa y trascendente expresión en la minería, que alcanza, como complemento indispensable del crecimiento cuantitativo, una completa autonomía en las decisiones, permitiendo el planeamiento integral y sistematizado de su crecimiento, dentro de una estrategia de desarrollo ajustada a los sustantivos y permanentes intereses de la nación peruana, en capacidad hoy de aplicar su propia estrategia minera".

El gobierno creó el Ministerio de Energía y Minas el 3 de diciembre de 1968, es decir, exactamente dos meses después de tomar el poder. Promulgó la Ley Orgánica del Sector de Energía y Minas tres meses más tarde. Más relevante todavía para el tema minero, el gobierno promulgó el 8 de junio de 1971 una Ley General de Minería, que fundamentalmente separaba la minería entre dos campos: las entidades estatales y las empresas privadas.

Esta Ley General de Minería apuntaba a integrar las decisiones y actividades del Estado con la industria minera peruana con la meta de lograr una explotación racional y producción creciente de los yacimientos del país. Se concebía la minería nacional como una pieza clave para la justicia social y el desarrollo económico.

Con esto en mente, el gobierno expropió la Cerro de Pasco Copper Corporation el 1.º de enero de 1974, y en su lugar creó la compañía estatal Centromín. El 25 de julio de 1975, el Estado recuperó el control de los yacimientos de hierro de Marcona, que habían sido arrendados a la Marcona Mining Company y fundó la compañía estatal Hierro Perú. En 1978, un decreto se firmó para estimular la producción de oro; Ingeomin exploró intensamente por oro, con la ayuda de instituciones extranjeras de cooperación técnica.

Sin mayores comentarios, los efectos de estas políticas sobre la producción minera del Perú se pueden apreciar directamente en las figuras 1.16 a 1.23, observando las evoluciones entre 1968 y 1982. En ellas se observa también una inflexión positiva consecuente a la anulación en 1982 de medidas tomadas entre 1968 y 1975. Los efectos de la guerrilla de Sendero Luminoso se pueden detectar en las irregularidades visibles en estos diagramas entre 1982 y 1992.

Formación y desarrollo del Ingemmet

En 1973, el gobierno creó el Instituto Científico Tecnológico Minero (Incitemi) como institución técnica autónoma del Sector Energía y Minas, con la misión de desarrollar, coordinar, orientar y producir estudios científicos y técnicos aplicados a la minería.

En esa época este sector también incluía dos otras instituciones: el Servicio de Geología y Minería, y el Registro Público de Minería. En 1977, el Servicio de Geología y Minería pasó a ser el Instituto de Geología y Minería (Ingeomin).

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet) fue formado en diciembre de 1978 mediante la fusión de dos de estas instituciones: el Ingeomin y el Incitemi. Unos días más tarde, el Ingemmet fue oficialmente declarado una institución

pública descentralizada mediante una modificación apropiada de la Ley Orgánica del Sector de Energía y Minas. Por esta decisión, el gobierno buscaba construir un servicio geológico nacional más eficiente. El 15 de agosto de 1979, se aprobó la ley orgánica y reglamentos propios al Ingemmet.

La figura 1.24 proporciona una sinopsis de las etapas de la formación del Ingemmet, a lo largo de más de cien años.

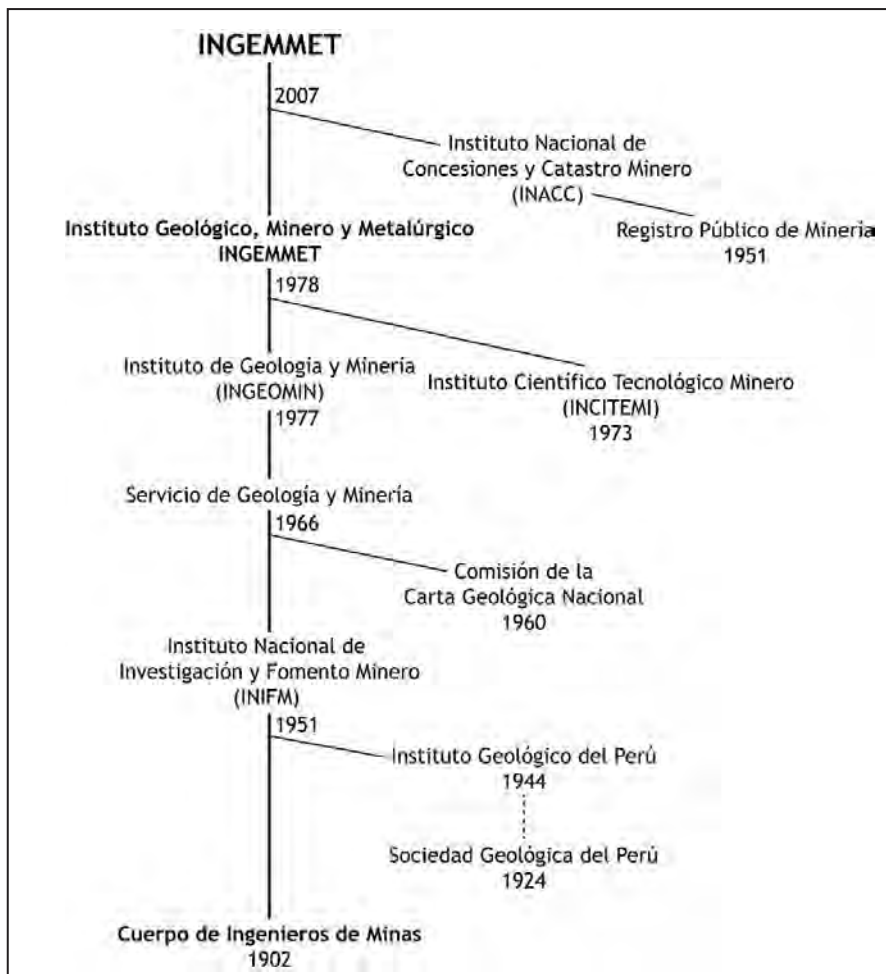


Figura 1.24 Etapas de la formación del Ingemmet.

En febrero de 2007, el Ingemmet absorbió el Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero (INACC), que era un sucesor del Registro Público de Minería. La competencia nacional del INACC en cuanto a tareas jurisdiccionales y administrativas referentes a actividades mineras en el país fue entonces transferida al Ingemmet.

El actual Ingemmet es el ente sucesor de una larga serie de instituciones públicas que han contribuido a dar forma al marco geocientífico y minero del Perú desde por lo menos el inicio

del siglo XX. Representa en el Perú las actividades mayores y funciones legales con respecto a geociencias puras y aplicadas, así como exploración y extracción mineras.

Breve reseña de las últimas décadas

No corresponde a este trabajo de síntesis discutir en detalle el desarrollo de la industria minera desde los años 1980, puesto que muchos aspectos de la minería peruana conllevan implicancias, visiones, y sesgos económicos y hasta políticos;

por tanto, siguen siendo temas de debate, especialmente cuando estos temas están más cercanos en el tiempo.

Los códigos de minería de 1900 y 1950, y sus efectos elocuentes habían demostrado que una legislación minera adecuada es la piedra angular para un desarrollo exitoso de la minería en el Perú. Esta observación básica hizo que en 1982 el segundo gobierno de Fernando Belaúnde abrogó aspectos de la Ley General de Minería que el régimen de Velasco había promulgado, en casos donde su aplicación había demostrado ser contraproducente. En

práctica, esta reforma de 1982 consistió en una reversión parcial hacia el sistema anterior, basado sobre el Código de Minería de 1950.

Otro paso significativo para estimular la industria minera fue dado en 1992, bajo el gobierno del presidente Alberto Fujimori Fujimori, con la promulgación de una nueva Ley General de Minería, la cual sigue vigente. Como en 1900 y 1950, la nueva legislación minera apuntó a fomentar la actividad y las inversiones mineras, y resultó tener un efecto notable e inmediato sobre la producción peruana de metales (figuras 1.16 a 1.23).

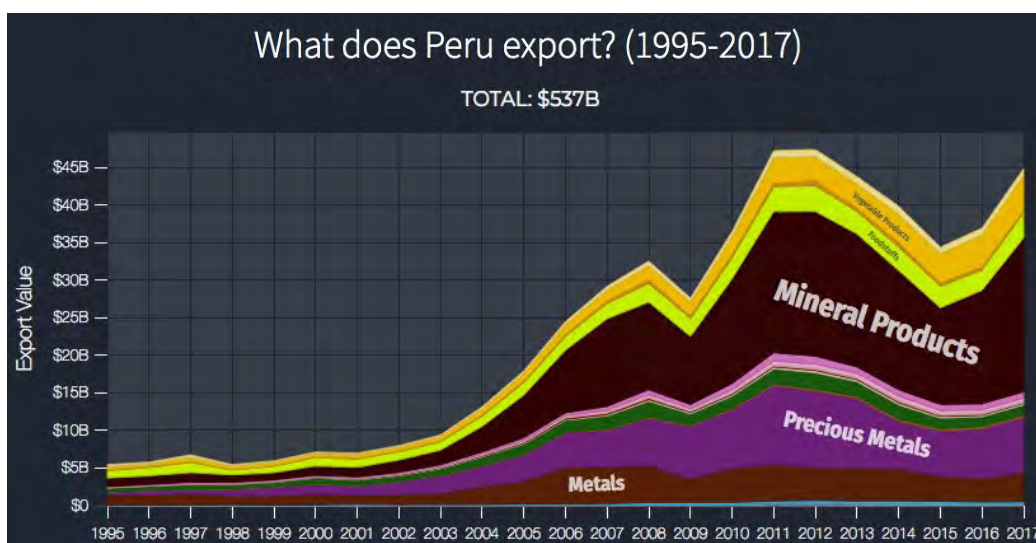


Figura 1.25 Evolución de las exportaciones del Perú de 1995 a 2017. El campo Mineral Products incluye en realidad los hidrocarburos (por un porcentaje variando entre 3.9 % y 12.4 %). La escala izquierda es en billones de US\$. Notar que el "despegue" de las exportaciones mineras ocurre en el año 2003.

Fuente: The Observatory of Economic Complexity | OEC - The Observatory of Economic Complexity

El valor de las exportaciones mineras creció inicialmente en forma lenta (figura 1.25), pero se disparó por el año 2003 cuando los precios internacionales de metales subieron, en parte debido al boom económico en una serie

de países asiáticos. Como consecuencia, la parte de los productos mineros en el total de exportaciones del Perú se incrementó marcadamente y ha permanecido entre 55 % y 66 % desde 2003 (figura 1.26).

El *boom* minero peruano a partir de 2003 ha resultado que el país ocupe altos rangos en la producción minera mundial. En 2017 y 2018, el Perú fue el segundo productor

mundial de cobre (después de Chile), plata (después de México) y zinc (después de China), así como el cuarto y ahora tercer productor de plomo, el cuarto productor de molibdeno y el sexto productor de oro (tabla 1.15).

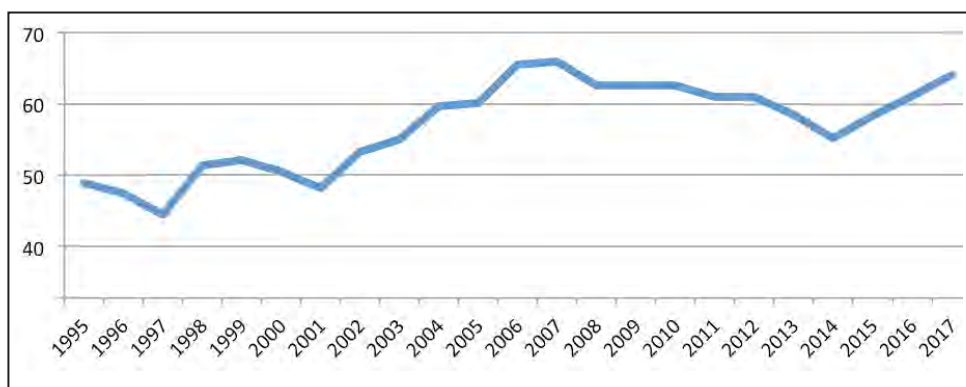


Figura 1.26 Evolución del porcentaje de productos mineros en el total de exportaciones del Perú de 1995 a 2017. La escala izquierda corresponde a %. Este porcentaje ha permanecido encima de 55 % desde el año 2003.

Fuente: The Observatory of Economic Complexity | OEC - The Observatory of Economic Complexity

Tabla 1.15

Rango mundial del Perú en 2017 y 2018 para metales relevantes

Metales	Au	Ag	Cu	Mo	Zn	Pb	Sn	Hg
2017	6	2	2	4	2	4	6	4
2018	6	2	2	4	2	3	-5	4

Fuente: USGS

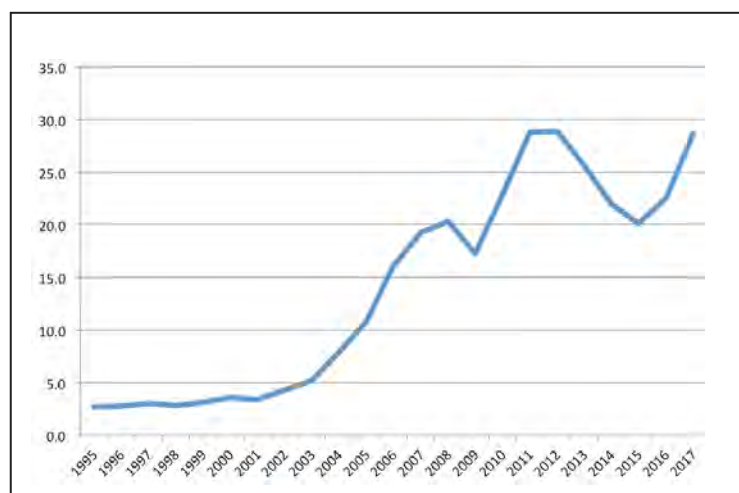


Figura 1.27 Evolución del valor total de los productos mineros exportados de 1995 a 2017. La escala izquierda es en billones de US\$. Este valor ha permanecido encima de 15 billones de US\$ desde el año 2006.

Fuente: The Observatory of Economic Complexity | OEC - The Observatory of Economic Complexity

El marcado aumento del valor de las exportaciones mineras que ocurrió por 2003 (figuras 1.25 y 1.27) parece correlacionarse de modo impactante con el inicio en 2004 de un impresionante descenso de las tasas de pobreza en todo el país (figura 1.28). Este casi sincronismo sugiere fuertemente que esta beneficiosa

consecuencia para la sociedad peruana resultó ampliamente del coetáneo incremento de las actividades y exportaciones mineras, mediante las riquezas que fueron inyectadas en la economía peruana por la industria minera en expansión.

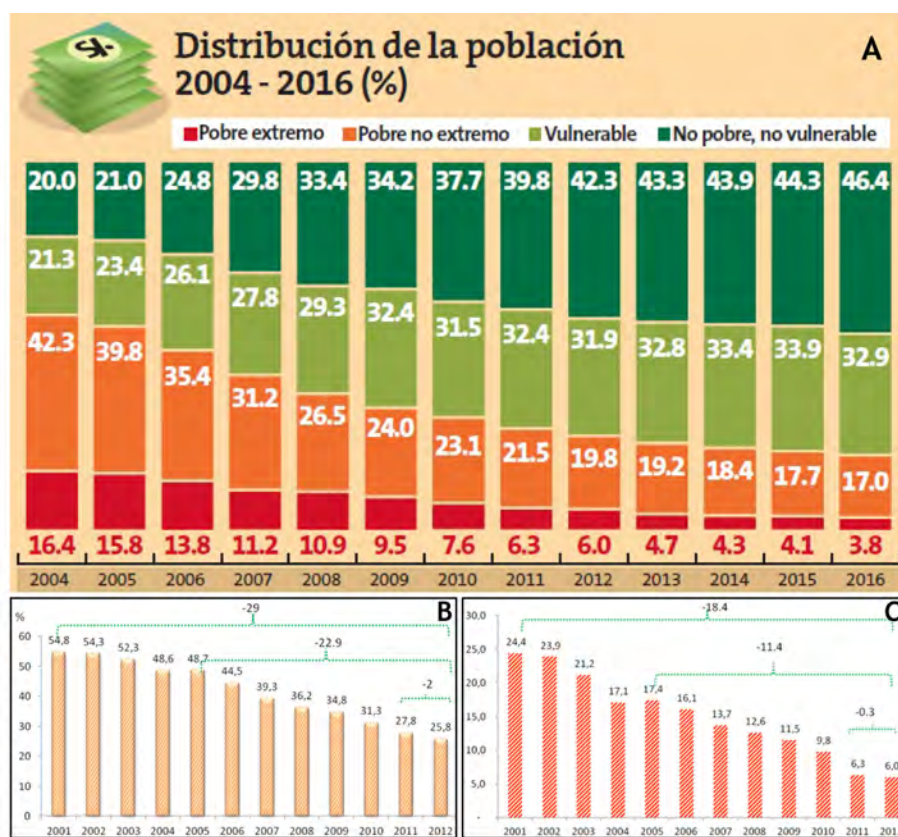


Figura 1.28 A) Evolución de la distribución de la población peruana por nivel económico de 2004 a 2016; B) de la tasa de pobreza de 2001 a 2012; y C) de la tasa de pobreza extrema de 2001 a 2012. El primer descenso marcado en la tasa de pobreza se registró en 2004, y hubo otros en 2006 y 2007; la tasa de pobreza fue dividida por 2 entre 2001 y 2011. La tasa de pobreza extrema también registró un fuerte descenso en 2004, y otro en 2010; fue dividida por 4 entre 2004 y 2015.

Fuente: INEI, 2016.

Pese a semejante evolución, claramente fructuosa para la sociedad peruana entera y su prosperidad, crecieron ciertas preocupaciones entre ciertas categorías de la población acerca de riesgos locales de contaminación inherentes a la minería. Aunque normas estrictas están impuestas por ley y respetadas por la industria minera estructurada, durante la última década movimientos ambientalistas han sido localmente muy activos para paralizar e impedir proyectos mineros. Esta situación es a menudo localmente compleja y, en algunos casos, se puede detectar motivaciones demagógicas y/o políticas en cabecillas de la postura antiminera. Por otro lado, estas preocupaciones

han resultado que el Estado ahora monitorea la actividad minera con mayor cuidado, estableciendo nuevas normas, un efecto adicional que resulta en trámites más largos para obtener permisos para explorar, taladrar y operar. La situación actual es entonces la de un debate, lo que puede resultar en una reforma de la legislación y normas existentes en cuanto a minería.

Algunas lecciones enseñadas por la historia minera del Perú

Siglos de historia han demostrado que el subsuelo del Perú contiene enormes riquezas mineras y especialmente metálicas. No cabe duda de que más yacimientos se descubrirán en el

futuro, aun si ubicarlos será probablemente más difícil que antes debido a que se tratará cada vez más de yacimientos "ciegos".

Un análisis de la historia de la minería peruana desde la Independencia, es decir en el curso de los últimos doscientos años, permite sacar lecciones simples. La lección más importante ha sido demostrada particularmente por las dos primeras décadas del siglo XXI, al comprobarse que la producción minera y su exportación han sido el motor del desarrollo económico y social, confirmando la opinión de que "el Perú es un país minero".

Existen dos grandes grupos de factores que condicionan la inyección de riquezas que resulten de la producción minera en la economía peruana: los factores sobre los cuales no se puede ejercer control y los factores sobre los cuales sí se puede influir.

Entre los primeros, que son mayormente externos, figuran ante todo los precios de los metales en el mercado internacional, que dependen de una serie de condiciones de alcance mundial. La historia muestra cómo acontecimientos externos como la adopción internacional del patrón oro, las dos guerras mundiales, la Gran Depresión han impuesto condiciones ineludibles a la minería peruana (pero que no fueron siempre negativas). Por otra parte, etapas de crecimiento económico mundial, en varias épocas, han creado y crean demandas de metales que resultan en beneficios importantes para países mineros, pero siempre y cuando su legislación minera permita aprovechar estas circunstancias favorables (el caso del Perú después de la Segunda Guerra Mundial proporciona un contraejemplo: véase más arriba).

Los factores sobre los cuales sí se puede influir son internos y consisten, por una parte, en la estabilidad económica, legal y política general del país –la cual depende a su vez de muchos aspectos, por lo general difíciles de controlar en detalle– y, por otra parte, de la legislación específicamente minera, que sí resulta ampliamente de decisiones gubernamentales y legislativas. La apertura a los progresos tecnológicos y científicos internacionales relacionados con la minería también constituye

un factor de este grupo, pero en este caso depende mayormente de decisiones tomadas por las propias compañías mineras.

Como ya lo destacó Mario Samamé Boggio, en 1979, el análisis de la historia de la minería peruana muestra en forma clarísima que "hasta los más leves incentivos tuvieron invariablemente efectos positivos inmediatos", y también de más largo plazo. La promulgación de las atractivas legislaciones mineras de 1890, 1900, 1950 y 1992 fue en cada caso seguida de un notable auge en la producción (tabla 1.5; figuras 1.16 a 1.23).

En contraste, la multiplicación de modificaciones a la legislación existente, en los años 1930 y 1940, tuvo consecuencias negativas, como ha señalado Mario Samamé (1979; véase más arriba), las cuales se remediaron por la promulgación de un nuevo Código de Minería en 1950, que restableció condiciones atractivas. La promulgación de la Ley General de Minería de 1971, por la cual el Estado se adjudicaba un rol importante en la minería, no tuvo efectos positivos en la producción minera (y hasta fueron negativos), y su reversión parcial en 1982 sí permitió reactivar la producción, pese a las dificultades creadas por el conflicto interno generado por Sendero Luminoso.

De este análisis histórico se desprende que la política del Estado en cuanto a minería, como reflejada en la legislación relevante y también las instituciones estatales, desempeña un papel importante para el nivel de la producción minera nacional y, por lo tanto, el nivel general de prosperidad de la sociedad peruana como se ha demostrado por su fuerte aumento desde el año 2004 (figura 1.28), cuando por su parte las exportaciones mineras habían empezado a dispararse en 2003 (figuras 1.25 y 1.27).

Dada la riqueza del Perú en yacimientos metálicos variados (y muchos de ellos quedan por descubrirse), otra lección que se debe sacar de la historia de la minería peruana es quizás que su producción podría bien aún incrementarse en el futuro si el Estado decide proseguir con medidas para incentivar la exploración y la factibilidad de proyectos.

CAPÍTULO II

ÉPOCAS METALOGENÉTICAS DEL PERÚ

J. Acosta, E. Villarreal, I. Rodríguez, D. Huanacuni y G. Trelles

La Metalogenia es una rama de la Geología que estudia el origen, distribución y disposición temporal de los depósitos minerales. Por ende, una "época metalogenética" es aquella en la que se agrupan distintos depósitos minerales con un determinado rango de edad, establecido en su mayoría de casos por la presencia, formación y migración de un arco magmático, debido a la estrecha relación que guardan con la génesis de los yacimientos minerales (Rodríguez et al., 2010).

En el Perú, se cuenta con distintas épocas metalogenéticas, en las cuales proliferó la formación de yacimientos minerales, siendo los más importantes, desde el punto de vista económico, los del Paleoceno al Plioceno (65-3 Ma.), donde se formaron

depósitos de Cu y Au de clase mundial (Acosta & Sempere, 2017), lo que ha permitido en la actualidad posicionar al Perú como uno de los países con mayores reservas y productores en el mundo de dichos elementos económicos.

2.1 PROTEROZOICO

En el Perú, esta era se caracteriza por la presencia de yacimientos ultramáficos de cromita (figura 2.1), siendo el depósito de cromo en Tapo, el más antiguo y con una mineralización que registra 667 +/-59 Ma. En cromita y gabro con Sm-Nd (Tassinari et al., 2010), alojado en rocas ultrabásicas de la Cordillera Oriental del centro del Perú.

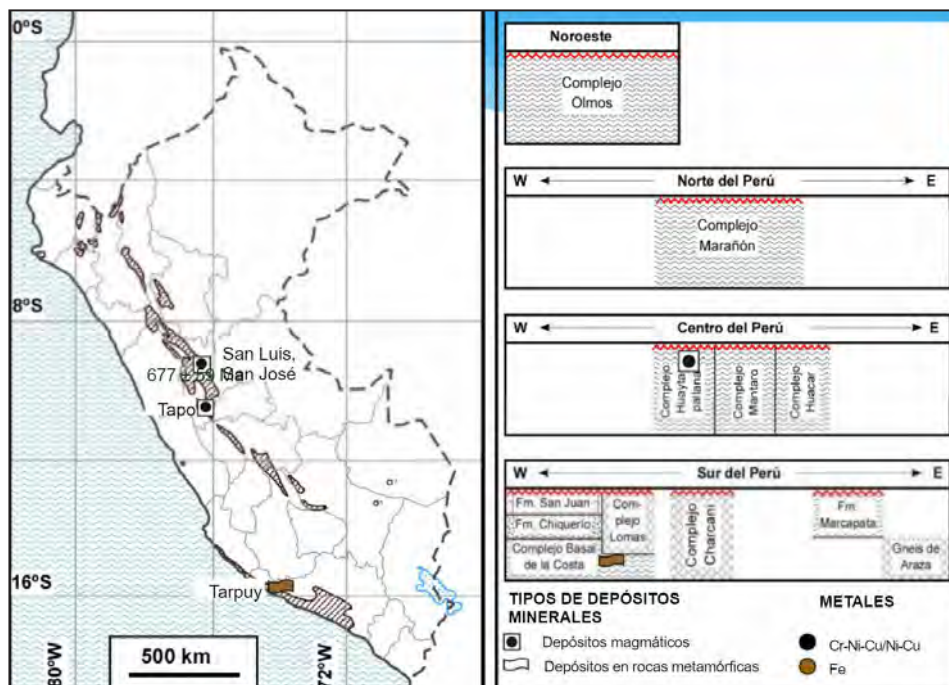


Figura 2.1 Depósitos de cromo, níquel y hierro alojados en rocas del Precámbrico.

Fuente: Chirif & Acosta (2013)

2.2 PALEOZOICO

Durante el Paleozoico inferior, en la Cordillera Oriental, se formaron depósitos de oro con geometrías vetiformes, lentes y cuerpos alojados en pizarras y esquistos, probablemente relacionados con los eventos magmáticos del Ordovícico y del Siluro-Devónico (Santo Domingo, Untuca, La Rinconada) (Carlotto & Cárdenas, 2009). Durante el Carbonífero se formaron los depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu de los distritos mineros de Pataz, Parcoy y Buldibuyo, asociados a un magmatismo calcoalcalino de 329 a 347 Ma, perteneciente al Batolito de Pataz (Haeblerlin, 2004). En el Pérmico, se formaron yacimientos de tipo pórfido-skarn de Cu-Mo-Zn en la Cordillera Oriental, como Cobriza (figura 2.2), relacionado con un granito de dos micas del Batolito de Villa Azul de 253 ± 11 Ma (Noble et al., 1995). Por otro lado, se describen rocas que contienen la mineralización de Ni y Co, como mármol. Estas rocas son consideradas como una intercalación carbonatada dentro del Grupo Excelsior (Paleozoico inferior), principalmente compuesta por rocas clásticas de origen turbidítico. Asimismo, se tienen los yacimientos de Huachón en la región Pasco, con presencia de

sistemas de vetas como las minas Tunsho, Chuco II y Dorita, todas asociadas a edades paleozoicas. En el domo de Yauli, un núcleo de formaciones débilmente metamorfizadas del Paleozoico inferior a medio (Grupo Excelsior) está cubierto discordantemente por secuencias volcánicas y volcanoclásticas del Paleozoico superior (Grupo Mitu), donde se ha registrado ocurrencias de sulfuros en depósitos estratoligados. Se distinguen dos tipos de depósitos de acuerdo con su contenido de metal, mineralogía, diferencias de estructura y formaciones rocosas asociadas: Tipo Ultimátum (Fe, Cu, As, Zn, Pb, Ag) y Tipo Yuraccgaga-Trapiche (Ni, Co, As, Fe, Cu, Zn, Sb), los cuales se encuentran en las formaciones paleozoicas metamorfizadas (Kobe, 1990).

De la misma manera, en las capas rojas permo-triásicas, se encuentran depósitos como Red Bed de Negra Huanusha, donde existe mineralización de cobre impregnada en areniscas y está conformada por una concentración de menas de cobre producido por procesos continuos de acumulación y diagénesis de capas rojas, producto de la erosión postpérmica y actividad magmática contemporánea (Kobe, 1990).

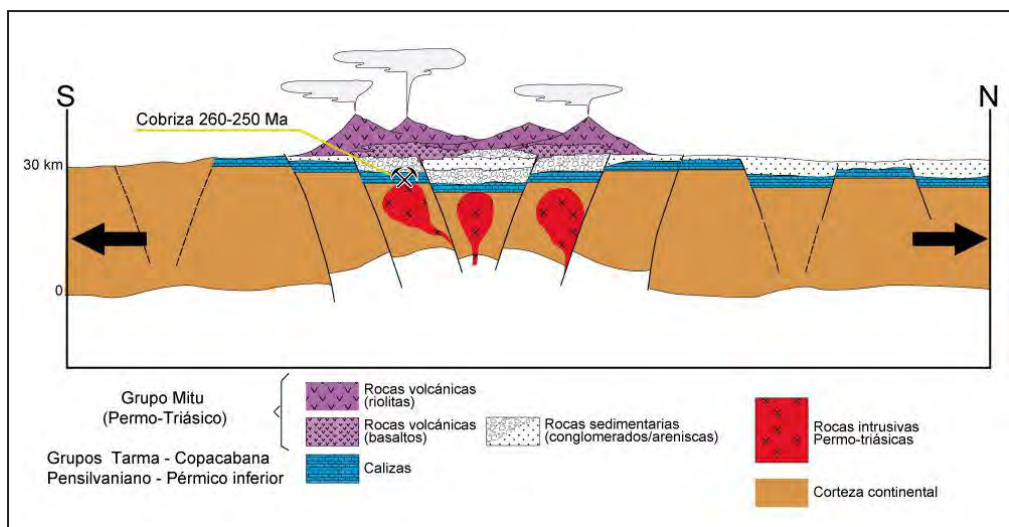


Figura 2.2 Sección estructural mostrando la paleogeografía permo-triásica donde se ha desarrollado yacimientos del tipo pórfidos y skarn como Cobriza, relacionados con intrusivos del Pérmico.

Fuente: Tomado de Carlotto & Cárdenas (2009)

2.3 MESOZOICO

2.3.1 Triásico – Jurásico (250-152 Ma)

A inicios y mediados del Mesozoico se inicia una deposición de la secuencia carbonatada del Grupo Pucará, del cual destaca la Formación Chambará del Triásico por ser un importante metalotecto para la mineralización tipo Mississippi Valley.

Por otro lado, en el sur del Perú, se formaron yacimientos tipo pórfido Cu-Mo como el yacimiento Tía María y depósitos de Fe-Cu-Au como Marcona y Mina Justa (figura 2.3), relacionados con el magmatismo del Jurásico medio-superior de ~165-160 Ma (Clark et al., 1990).

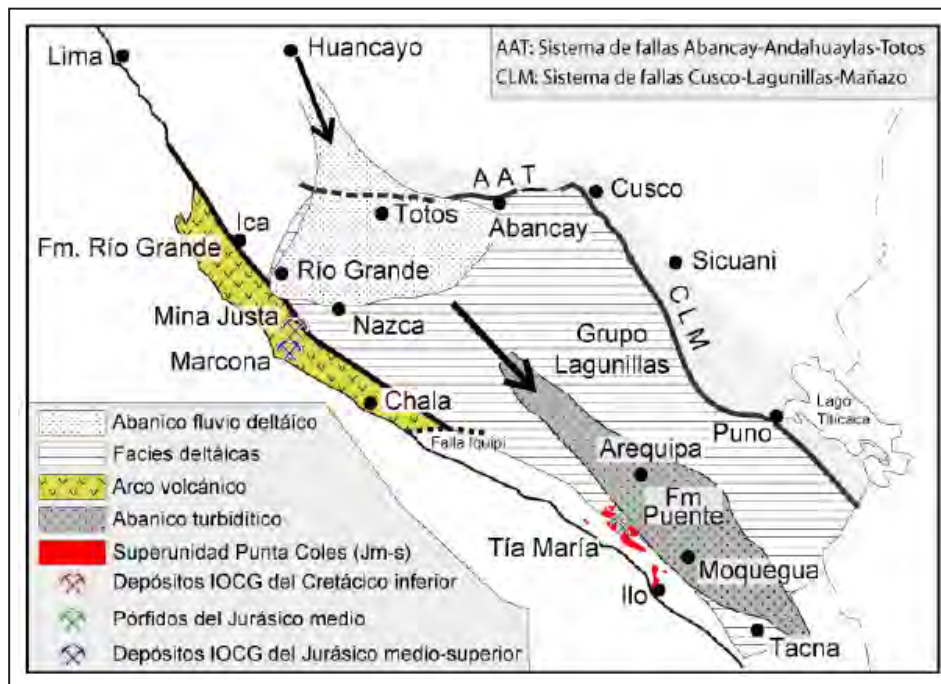


Figura 2.3 Paleogeografía de la cuenca Arequipa para el Jurásico medio donde se ha ubicado los principales yacimientos tipo IOCG y pórfidos de Cu que se desarrollaron en esa época.

Fuente: Tomado de Carlotto et al. (2009)

2.3.2 Cretácico inferior (145-100 Ma)

En el Cretácico inferior en el norte del Perú, se formaron los sulfuros masivos vulcanogénicos de Cu-Zn-Au en un ambiente marino con magmatismo toleítico como el yacimiento Tambogrande (figura 2.4) con un registro de 104 Ma (Winter, 2008).

Los depósitos de Cu-Fe-Au aparecen en la costa norte y centro asociados con el magmatismo de la cuenca Casma (~112 y 100 Ma) como los yacimientos Raúl Condestable, Hierro Acarí, Eliana y Monterrosas. En el sur se relacionan con intrusivos de ~145 y ~110 y 95 Ma (Clark et al., 1990). Mientras tanto en el

sur, se conoce un pórfido de Cu del Cretácico superior junto con depósitos de Cu-Fe-Au de la misma edad en la Cordillera de la Costa, se trata del prospecto El Yaral, con un registro de datación en 106 Ma. (Quang et al., 2005). Yacimientos de Vanadio se encuentra en la Cordillera Occidental en asociación con las asfaltitas de la formación Pariatambo del Albiano, que tiene gran desarrollo en el Perú Central. Pequeñas proporciones de vanadio junto con molibdeno, cobre y uranio se encuentran contenidas en dichas asfaltitas. El depósito más importante que tuvo el Perú fue Minas Ragra, donde el vanadio se hallaba en forma de sulfuros (patronita), óxidos (vanadinita, descloizita, minasragrita, etc.) y en mezclas completas de sulfuro de vanadio con coke.

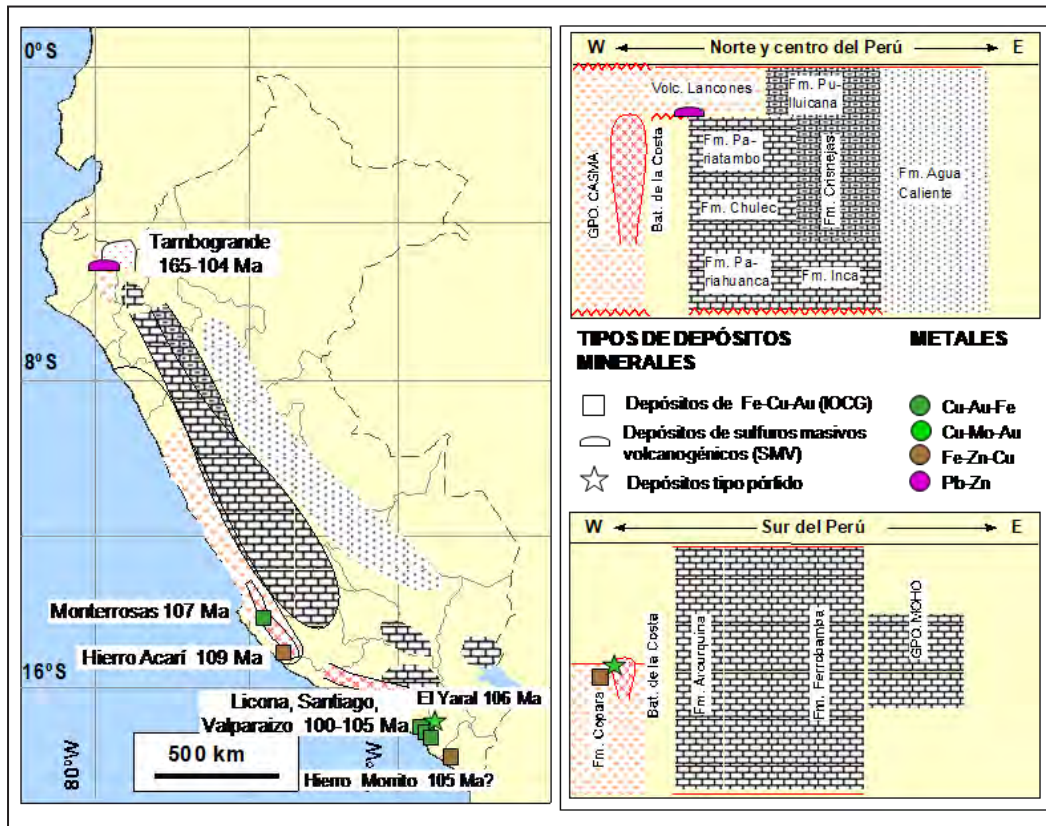


Figura 2.4 Yacimientos tipo IOCG y SMV formados durante el Albiano- Cenomaniano en el Perú.

Fuente: Chirif & Acosta (2013)

2.3.3 Cretácico superior (100-66 Ma)

En esta época metalogénica, se destaca la formación de pequeños pórfidos Cu-Mo en el sur del Perú relacionados con el Batolito de la Costa como los yacimientos Zafranal, Aguas Verdes, Lara, Puquico, Pucacorrán, entre otros.

El origen de estos yacimientos se llevó a cabo dentro de regímenes tectónicos de extensión y transtensión (figura 2.5) bajo un magmatismo de composición basáltica-intermedia durante el Mesozoico medio-tardío (Sillitoe & Hedenquist, 2003; Sillitoe & Perelló, 2005).

Contemporáneamente con la dinámica de la cuenca cretácica superior-paleocena (70 y 60 Ma), se desarrolló la actividad magmática más importante de la Costa y Cordillera Occidental del Perú central, cuyos productos intrusivos están representados por los mayores volúmenes del Batolito de la Costa caracterizados por gabros hasta monzogranitos.

Los productos volcánicos de este magmatismo rellenaron la cuenca a manera de piroclastos y lavas de composición andesítica o andesita-basáltica a riodacítica, de tendencia

calcoalcálica y alto contenido de K (Atherton et al., 1985; Soler, 1991). La característica bimodal del vulcanismo, así como la dinámica de la cuenca marginal de trasarco, habrían favorecido las condiciones necesarias para el emplazamiento de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) de Pb-Zn-Cu tipo Kuroko, probablemente con más de un evento de mineralización. Así, en la mina María Teresa se tiene dos eventos importantes: el primero con mineralización masiva, con presencia de cobre gris y calcopirita como exsolución en esfalerita; y el segundo, con mineralización diseminada y como relleno de fracturas, caracterizado por la presencia de bornita y calcopirita en vetillas, identificadas principalmente en los niveles inferiores de los cuerpos mineralizados (Romero, 2007). Ejemplo de estos depósitos en la cuenca del Cretácico superior-Paleoceno tenemos también a Cerro Lindo, Palma, Leonila Graciela, Aurora Augusta (figura 2.6), con edades de mineralización entre 70 y 63 Ma (Injoque, 2002). También se formaron en el norte del Perú, depósitos epitermales de Au-Ag en la cuenca Lancones como Bolsa del Diablo, Alvarado, Servilleta, Pilares, Suyo, etc. (Acosta, 2017).

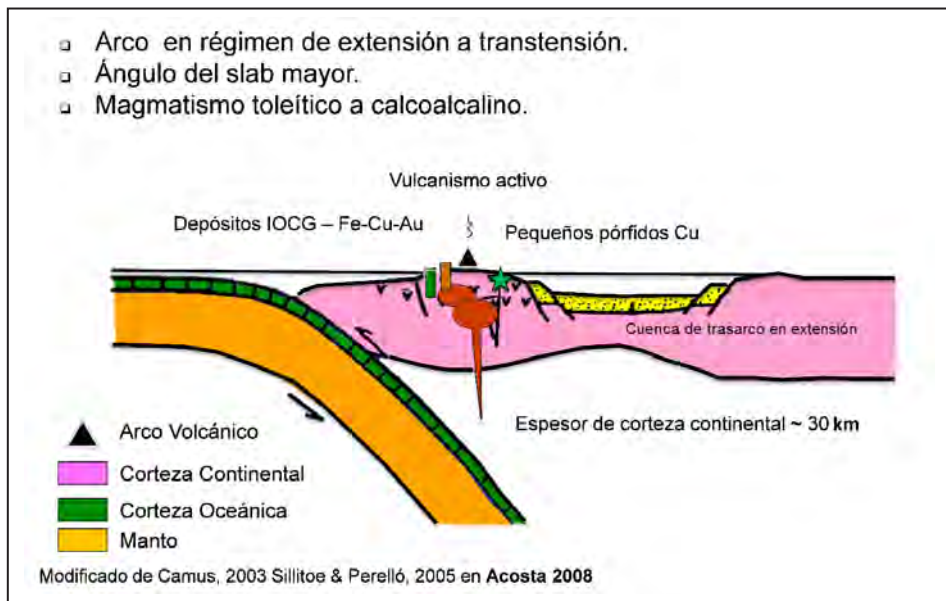


Figura 2.5 Marco tectónico y magmático durante el Jurásico medio-Cretácico superior en el sur del Perú. El arco magmático se encontraba en un régimen de extensión a transtensión con un ángulo mayor del slab y un magmatismo toleítico o calcoalcalino.

Fuente: Acosta & Sempere (2017)



Figura 2.6 Ubicación de los principales depósitos tipo VMS dentro de las cuencas volcano-sedimentarias Lancones, Huarmey y Cañete del Cretácico.

Fuente: Steinmüller (1999)

2.4 CENOZOICO

2.4.1 Paleoceno – Eoceno (66-40 Ma)

Esta época metalogénica es una de las más importantes, debido a la formación de grandes pórfidos de Cu-Mo en el sur del Perú como Cuajone, Toquepala, Cerro Verde y Quellaveco entre 61 y 53 Ma (figura 2.7). En el Eoceno se emplazaron los últimos intrusivos del Batolito de la Costa que estaban conformados por tonalitas y granodioritas que alojan mineralización mesotermal de Au-Cu-Pb-Zn en Áncash, Huancavelica y Ayacucho. La formación de grandes pórfidos de Cu-Mo y ocurrencias polimetálicas durante el Paleoceno-Eoceno estuvo controlada por el Sistema de Fallas Incaapuquio.

Sin embargo, a pesar de que el control estructural fue decisivo para la ubicación y geometría de los pórfidos de esta edad, no fue un factor determinante para su origen. En su lugar, se considera el extremo acortamiento y engrosamiento cortical, iniciado desde hace 100 a 120 Ma (Clark, et al., 1990. En Acosta, 2008), provisto por estos sistemas de fallas regionales con el consecuente levantamiento y exhumación (Maksaev & Zentilli, 1988, 1999; Maksaev, 1990; Skewes & Holmgren, 1993; Skewes & Stern, 1994; Perelló et al., 1996; Kurtz et al., 1997; Kay & Mpodozis, 2001. En Sillitoe & Perelló, 2005; Pino et al., 2004) fueron los controles fundamentales de la génesis de los grandes pórfidos de Cu-Mo.

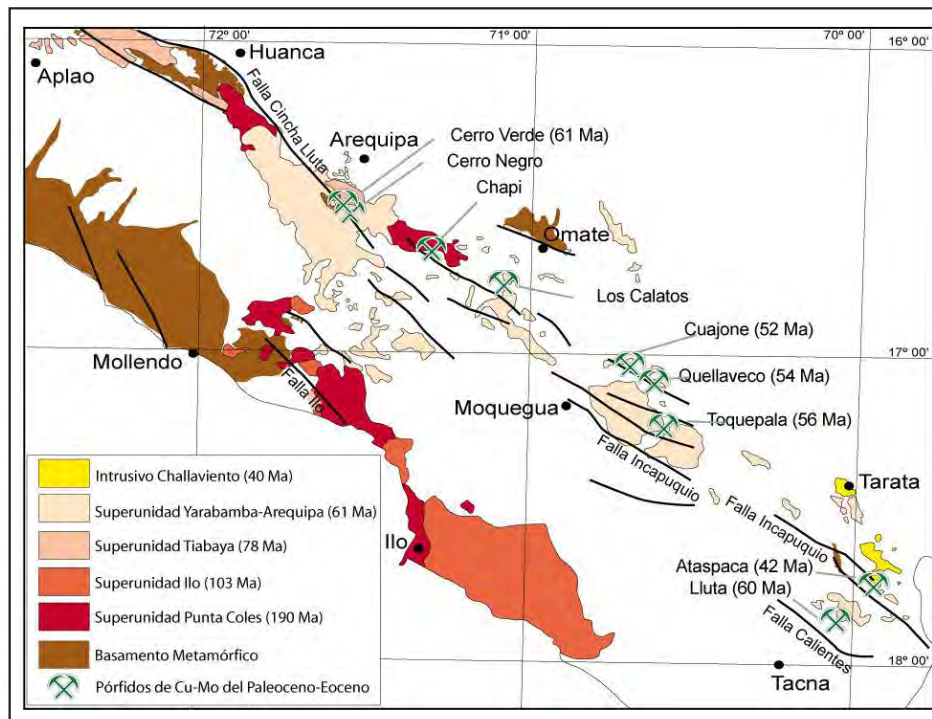


Figura 2.7 Mapa de ubicación de los principales yacimientos de la franja de pórfidos de Cu-Mo del Paleoceno-Eoceno, el entorno tectónico y de rocas intrusivas.

Fuente: Tomado de Carlotto et al. (2007)

2.4.2 Eoceno – Mioceno (40-13 Ma)

El Eoceno tardío – Oligoceno corresponde a una época metalogénica fértil, donde se formaron importantes yacimientos tipo pórfidos-skarn de Cu-Mo (Au-Zn) como Las Bambas, Tintaya, Cotabambas, Katanga y depósitos de Cu-Au-Fe con edades de mineralización entre 42 y 30 M (figura 2.8).

La mineralización en este cinturón está asociada espacial y temporalmente al Batolito Andahuaylas-Yauri de composición calco-alcalina. Este batolito se ha emplazado en el borde norte de la antigua cuenca occidental mesozoica sur peruano y al límite con el alto estructural Cusco-Puno, en una zona de fallas que corresponde al sistema Cusco-Lagunillas-Mañazo y su prolongación denominada Abancay-Andahuaylas-Totos.

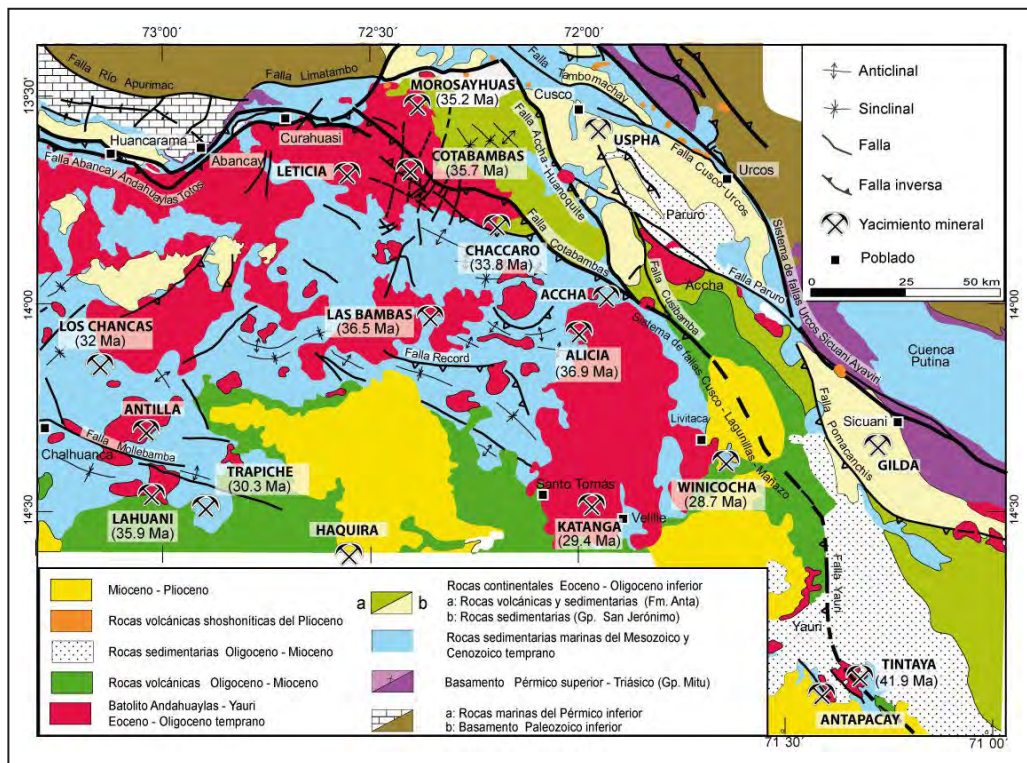


Figura 2.8 Geología y yacimientos principales de la franja de pórfidos y skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno del Batolito Andahuaylas-Yauri.

Fuente: Tomado de Carlotto (2005), Perelló et al. (2003) y Carlotto et al. (2009)

En la faja subandina del centro y norte del Perú, se formaron depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn de edad probable del Eoceno-Mioceno (Mégard, 1987; Carlotto, 2005), donde se encuentran San Vicente, Shalipayco, Bongará y Soloco (figura 2.9) (Acosta, 2017). Como se sabe, los depósitos MVT se emplazan en cuencas sedimentarias de tipo extensional formando sistemas de salmueras y sedimentación continúan que origino compresión y exsolucion de los metales, depositándose en forma de brechas, ritmitas estas últimas de una combinación de minerales félsicos como fluorita o baritina y las capas oscuras plomo y zinc. Su génesis puede ser resumida en la migración lateral de salmueras de cuencas que fueron lexiadas de rocas detríticas y en un ambiente reductor; en el caso de esta franja, hay un control estructural regional, ya que la cuenca ha evolucionado en un contexto de rift continental. Durante el Noriano-Retiano, una tectónica en extensión produce la individualización de grábenes y/o semigrábenes de la cuenca Pucará de dirección NO-SE (Formación Chambará), separados de altos a través de fallas normales, las que controlan la sedimentación rápida y potente, que producen cambios bruscos relacionados con una subsidencia tectónica, y que posteriormente serán el factor principal para la movilización

de los fluidos mineralizados. Para esta franja se plantean dos modelos regionales que tienen que ver con la mineralización MVT, pero ambas parten de un mismo contexto de cuenca, es decir del tipo rift, cuyas fallas normales van a controlar los cambios de facies, espesores y removilizaciones de las soluciones mineralizantes. En el caso de San Vicente, estas fallas sufren una inversión tectónica, la cuenca comienza a levantarse y las fallas se transforman en cabalgamientos asociados con eventos mayores de la deformación andina del Eoceno o Mioceno. En el caso de Bongará, las fallas normales se invierten y se comportan como fallas inversas de alto ángulo con poco desplazamiento. La edad de la inversión en este caso sería del Cretácico superior y en relación con el evento peruano (Basuki et al., 2008), aunque la geología regional indica más bien una probable edad eocena para la inversión. En los dos modelos, los cuerpos mineralizados están relacionados con zonas de disolución o de brechas y ligadas a dolomitas en la interfase con las calizas (Carlotto et al., 2009). En este periodo, también se formaron depósitos epitermales de Au-Ag y polimetálicos de Pb-Zn-Cu (Ag), en la Cordillera Occidental del centro del Perú (Acosta., 2017).

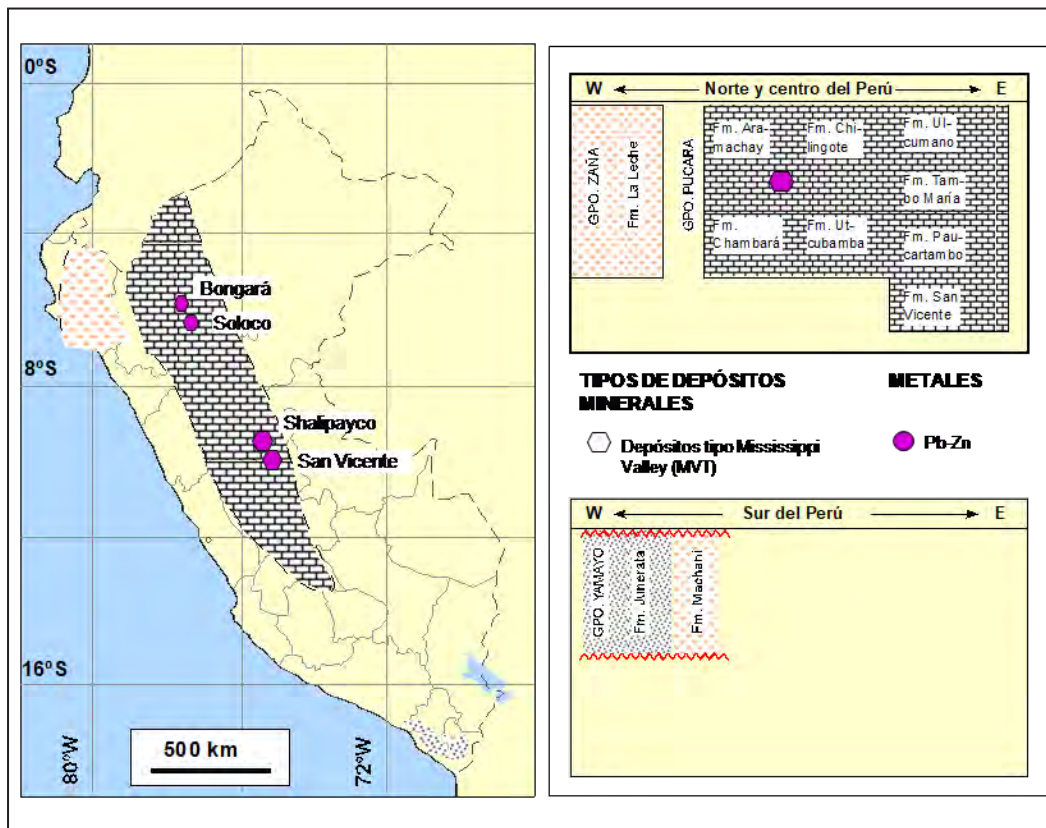


Figura 2.9 Depósitos tipo Mississippi Valley de Pb-Zn hospedados en calizas del Grupo Pucará del Triásico-Jurásico inferior.

Fuente: Chirif & Acosta (2013)

La mineralización de Sn-Cu-W que se formó en el Altiplano oriental del sur del Perú se relaciona con un magmatismo peraluminoso del Oligoceno-Mioceno. Otros eventos volcánicos de esta época dieron origen a depósitos epitermales de Ag-Pb-Zn (Acosta & Sempere, 2017).

2.4.3 Mioceno-Plioceno (23-2 Ma)

El Mioceno se caracteriza por ser una importante época metalogénica ya que es la más prolífica. En esta época, el arco magmático cambió de dirección desde el Batolito Andahuaylas-Yauri hacia la Cordillera Occidental (figura 2.10). Se formaron depósitos epitermales a lo largo de toda la Cordillera Occidental del Perú como yacimientos de clase mundial en el norte como Yanacocha, Pierina, Lagunas Norte, etc. En el sur, Caylloma,

Arcata, Ares, Selene, Orcopampa, Santa Rosa, Arasi, etc. En la parte norte y centro del Perú se formaron pórfidos de Cu-Mo (Au) como Michiquillay, La Granja, Río Blanco, El Galeno, Cerro Corona, etc. y skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) como Antamina, Uchuchacua, Iscaycruz, relacionados a un magmatismo calcoalcalino. En esta edad se formaron depósitos epitermales y polimetálicos de Cerro de Pasco (~14.5 – 10.9 Ma, Baumgartner et al., 2006) y Colquijirca (10.6 – 10.8 Ma) (Bendezu et al., 2003). Al final, durante Mioceno-Plioceno, se emplaza el Batolito de la Cordillera Blanca en el norte del Perú, relacionado con la mineralización de W-Cu de Pasto Bueno. Esta actividad también formó depósitos epitermales de Au-Ag en la Cordillera Occidental del centro y sur del Perú (Acosta J., 2017).

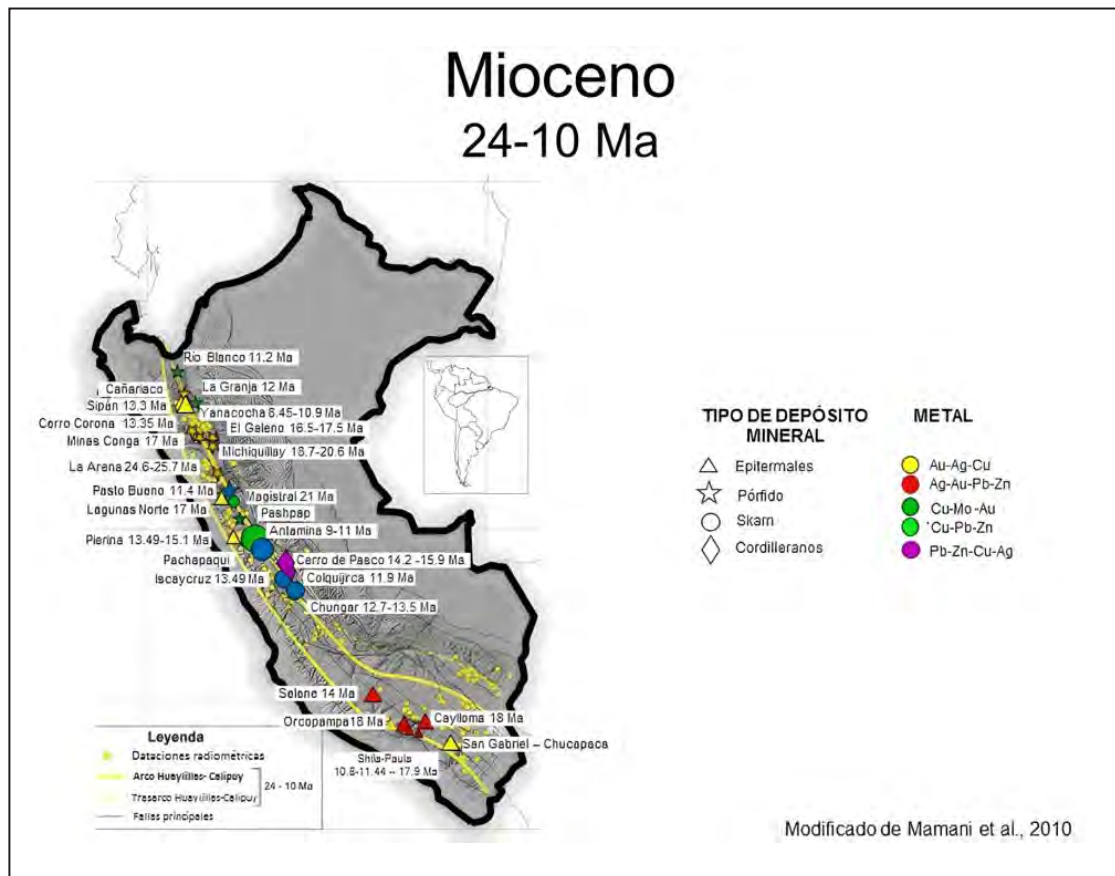


Figura 2.10 Migración hacia la Cordillera Occidental del arco magmático del Mioceno y época metalogénica prolífica de yacimientos tipo epitermal de Au-Ag y polimetálicos tipo skarn y cordilleranos en el norte, centro y sur del Perú.

Fuente: Modificado de Mamani et al. (2010) en Acosta & Sempere (2017)

CAPÍTULO III

EVOLUCIÓN TECTÓNICA Y MAGMATISMO DEL PERÚ

J. Acosta, E. Villarreal, I. Rodríguez, G. Trelles y D. Huanacuni

Un punto importante en el estudio de yacimientos minerales es la evolución tectónica ligada al magmatismo. Dado que el conocimiento de la historia geológica entrega un mayor panorama del origen de la mineralización de un depósito mineral. Desde finales del siglo XX e inicios del siglo XXI, el registro de data geológica disponible en el Perú ha progresado significativamente, en particular gracias a una gran cantidad de dataciones geocronológicas, mayormente de U-Pb en zircón. Sin embargo, a medida que el geólogo se adentra en estudios de la historia geológica remota (Paleozoico inferior y Proterozoico), este registro se encuentra menos claro y detallado (Acosta & Sempere, 2017).

En este capítulo, se describen los principales eventos tectonomagmáticos ocurridos en la historia geológica del Perú, desde el Proterozoico hasta el Cenozoico.

3.1 PROTEROZOICO Y PALEOZOICO

En este periodo se formaron las rocas del Macizo de Arequipa o Basamento Proterozoico, este está expuesto a lo largo de la

región costera del sur de Perú y norte de Chile. Este macizo tiene una evolución de complejo cíclico magmático y metamórfico desde el Proterozoico temprano 1910 ± 36 Ma (Dalmayrac et al., 1977) hasta el Paleozoico temprano $-440 - 339$ Ma (Loewy et al., 2004). Este Complejo se extiende a lo largo de la costa del Pacífico por 800 km y en continente aproximadamente 100 km (figura 3.1) (Ramos, 2008).

Varios ciclos magmáticos y metamórficos dieron origen al Basamento de Arequipa. Las edades metamórficas van desde 1064 ± 45 Ma a 956 ± 50 Ma y confirman que un antiguo protolito de 1900 Ma fue rejuvenecido alrededor de 1000 Ma durante un evento metamórfico regional de alto grado (Martignole & Martelat, 2003). El estudio indica un evento metamórfico de ultra alta temperatura en el Mesoproterozoico. Martignole y Martelat (2003) defienden dos tipos de perturbaciones térmicas para explicar la alta temperatura, la advección de calor debido al emplazamiento de magmas máficos o félsicos sobrecalentados y el ascenso del manto astenosférico en la base de la corteza continental.

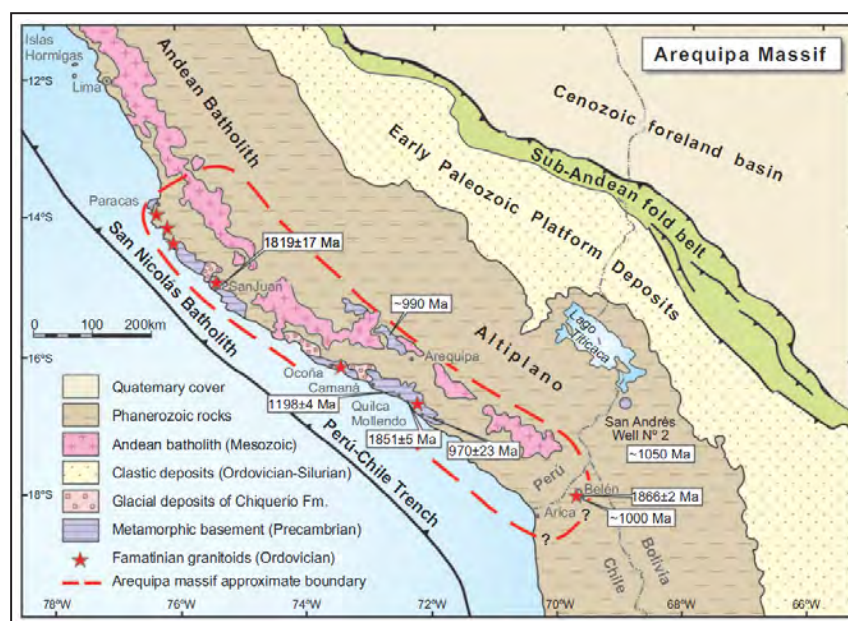


Figura 3.1 Principales afloramientos del basamento metamórfico del Macizo de Arequipa.

Fuente: Ramos (2008)

Un hito importante en la evolución proterozoica fue lo que se interpreta como colisiones entre los bloques continentales llamados Laurentia, Amazonia, y Arequipa-Antofalla (que habría sido parte del bloque Kalahari) entre ~1.2 y ~1.0 Ga (Loewy et al., 2003). Dado que por lo menos Laurentia se encontró luego en otra posición, esta amalgamación habría sido seguida por una separación continental, iniciada por algún rifting; sin embargo, no se han obtenido todavía datos que comprueben claramente este escenario para este intervalo de tiempo (Acosta & Sempere, 2017).

Desde este punto de vista se propuso que el margen peruano evolucionó como margen pasivo de ~850 Ma hasta ~650 Ma (figura 3.2), edad en la cual se habría vuelto activo por iniciarse el fenómeno de subducción (Chew et al., 2007). Sin embargo, esta interpretación está basada solo en un histograma de zircones

detríticos y necesita ser confirmada por datos más numerosos y diversos (Acosta & Sempere, 2017).

Se cree que a finales del Cámbrico y durante el Ordovícico (~490 - ~445 Ma), el Perú occidental fue afectado por fenómenos tectonomagmáticos, cuyas propiedades geoquímicas sugieren la formación de un arco magmático (Orogenia Famatiniana ~465 Ma) (figura 3.3) (Mukasa & Henry, 1990; Bahlburg et al., 2006; Reitsma et al., 2012). Sin embargo, las características generales de los plutones ordovícicos son bastante diferentes de los típicos plutones de arco mesozoicos (Mukasa & Henry, 1990; Mamani et al., 2013). Observaciones y datos diversos sugieren que este periodo fue dominado por un fuerte estiramiento cortical y posterior engrosamiento, tal como se muestra en la figura 3.4 (Acosta & Sempere, 2017).

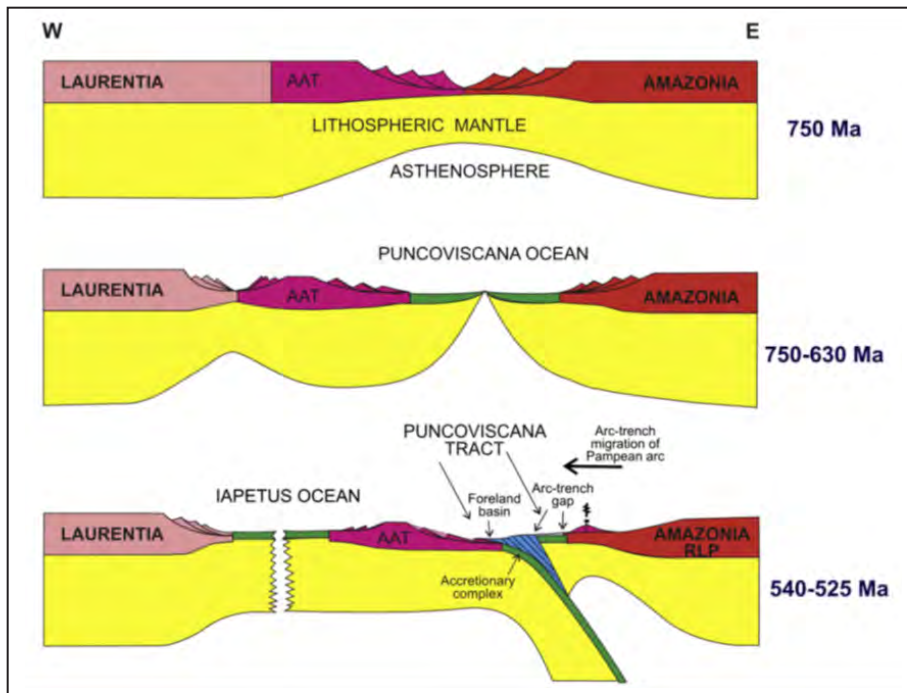


Figura 3.2 Modelo de evolución tectónica del Neoproterozoico superior - Cámbrico inferior.

Fuente: Tomado de Escayola et al. (2009)

Un magmatismo indudablemente de arco estuvo activo durante los eventos orogénicos del Ordovícico y del Carbonífero (Chew et al., 2007), después de un periodo caracterizado por deformación compresional de estratos devónicos (Mégard, 1978). El magmatismo carbonífero fue voluminoso y se desarrolló en forma creciente a partir de ~350 Ma (Misisipiano inferior) y terminó por ~285 Ma (Permotriásico) (Mišković et al., 2009). Dado el registro estratigráfico coetáneo (grupos Ambo y Tarma), es muy probable que esta intensa actividad magmática

carbonífera resultase debido a una orogenia de arco a lo largo de la Cordillera Oriental del Perú. Esta orogenia causó en profundidad un metamorfismo importante, llegando a migmatitas, representado por gran parte de lo que se ha mapeado como "Complejo Maraón" (figura 3.5) (Chew et al., 2007; Cardona et al., 2010; Mišković et al., 2009).

Siguiendo un proceso clásico, la corteza sobreengrosada del orógeno carbonífero terminó por colapsar extensionalmente durante el Pérmico y Triásico inferior (Mišković et al., 2009).

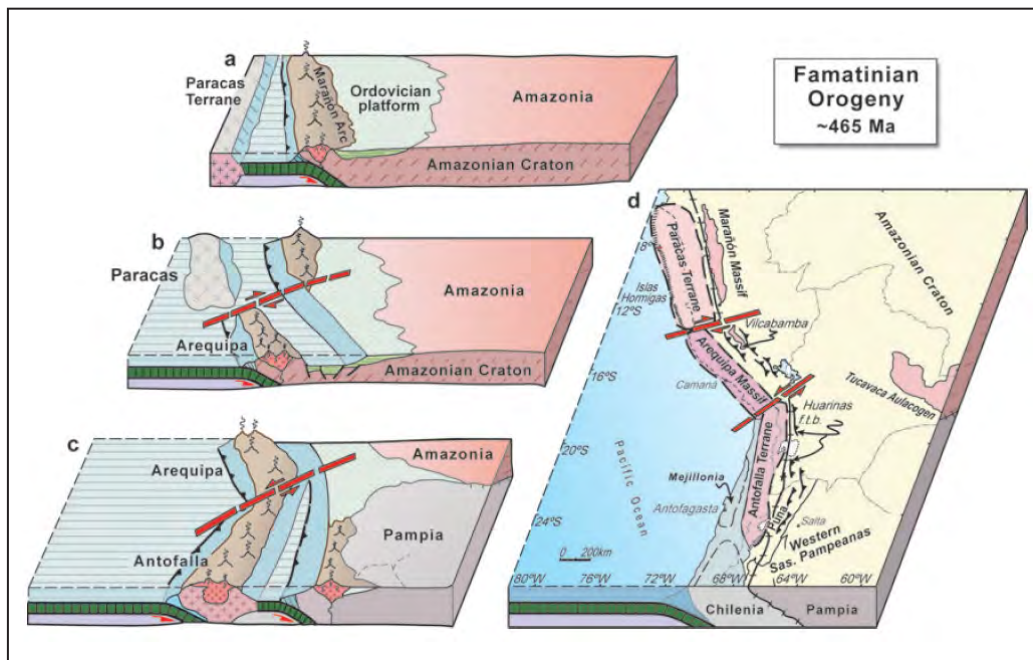


Figura 3.3 Evolución del basamento paleozoico de los Andes centrales durante la apertura de las cuencas del Paleozoico temprano (a-b-c)

Fuente: Tomado de Ramos (2008)

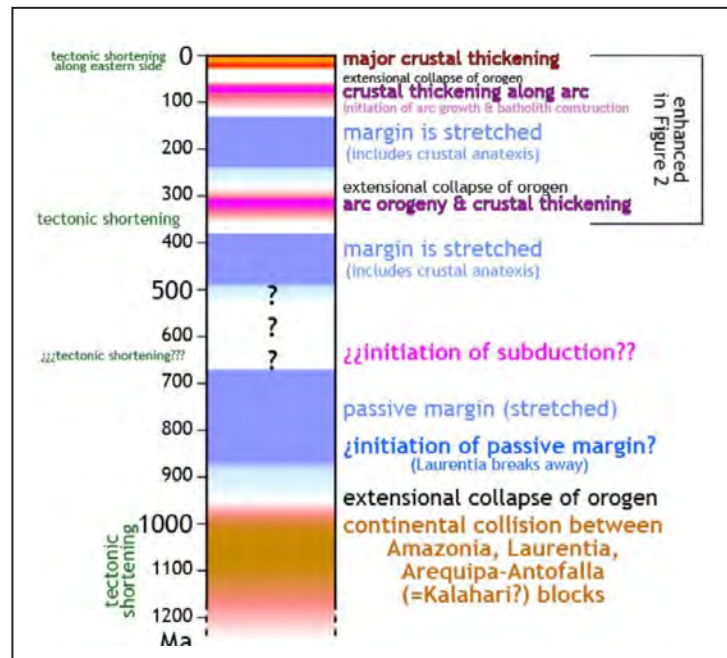


Figura 3.4 Evolución tectónica del Perú occidental desde 1.2 Ga

Fuente: Modificada de Acosta & Sempere (2017)

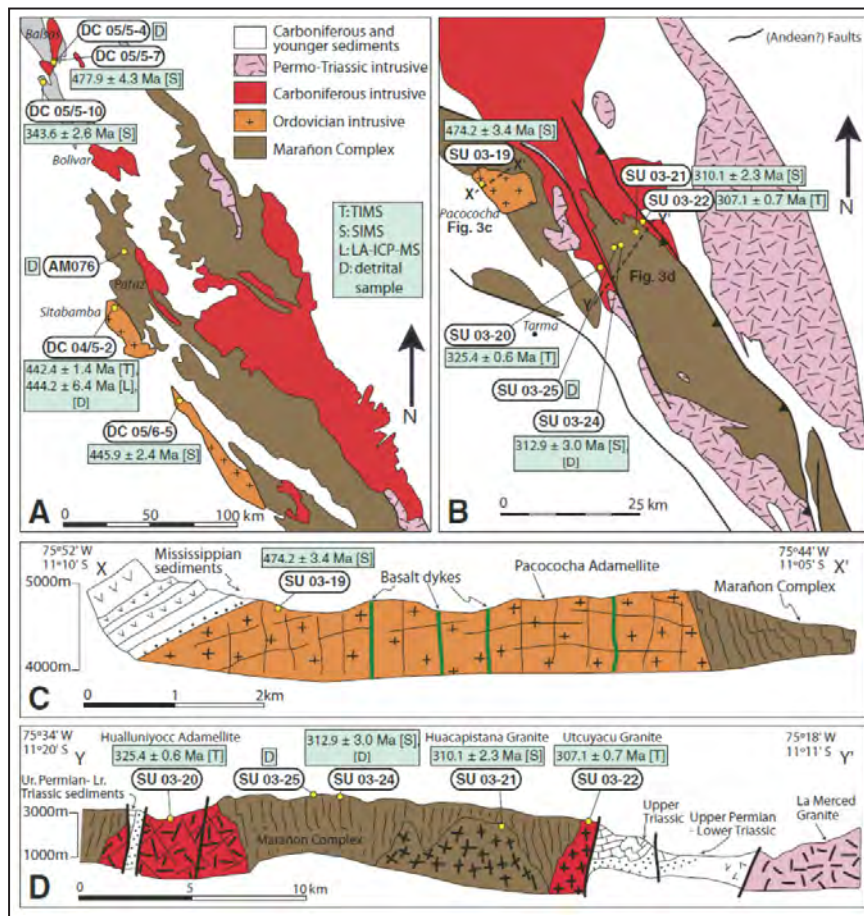


Figura 3.5 Mapa geológico de la Cordillera Oriental

Fuente: Tomado de Chew et al. (2007)

3.2 MESOZOICO Y CENOZOICO

La evolución mesozoica se inició por un fuerte estiramiento de la corteza a partir de ~250 Ma (Triásico inferior – Pérmico superior), continuando hasta el Cretácico inferior, con marcada migración del sistema arco-cuencas hacia el oeste. Esta migración se detuvo alrededor de ~130 Ma, para luego reanudarse en dirección al este (Acosta & Sempere, 2017). Las intrusiones graníticas del Permo-Triásico están alojadas dentro de los sedimentos del Paleozoico y el basamento metamórfico de la Cordillera Oriental (Carlier et al., 1982; Jacay et al., 1999; Lancelot et al., 1978; Soler et al., 1990).

Los depósitos volcánicos contenidos en el Grupo Mitu probablemente estén relacionados con este arco magmático Permo-Triásico (Kontak et al., 1985).

Durante el Jurásico medio hasta el Cretácico inferior (~173 Ma - ~106 Ma) ocurrieron una serie de magmatismos, producto de la extensión cortical, que dieron como resultado la génesis del Batolito de Ilo, el cual se emplazó dentro de las secuencias volcanoclásticas de la Formación Chocolate (figura 3.6) (Boekhout et al., 2012). Posteriormente, a partir de los ~90 Ma (Cretácico superior), se produjo otro evento magmático que resultó en engrosamiento de la corteza, lo cual causó deformaciones en los flancos del arco (Noury, 2014). Siguiendo el proceso clásico, la corteza sobreengrosada del arco sufrió a partir de ~60 Ma un colapso gravitacional que prosiguió durante el Paleógeno inferior (figura 3.7), produciendo deformaciones de varios tipos (Acosta & Sempere, 2017).

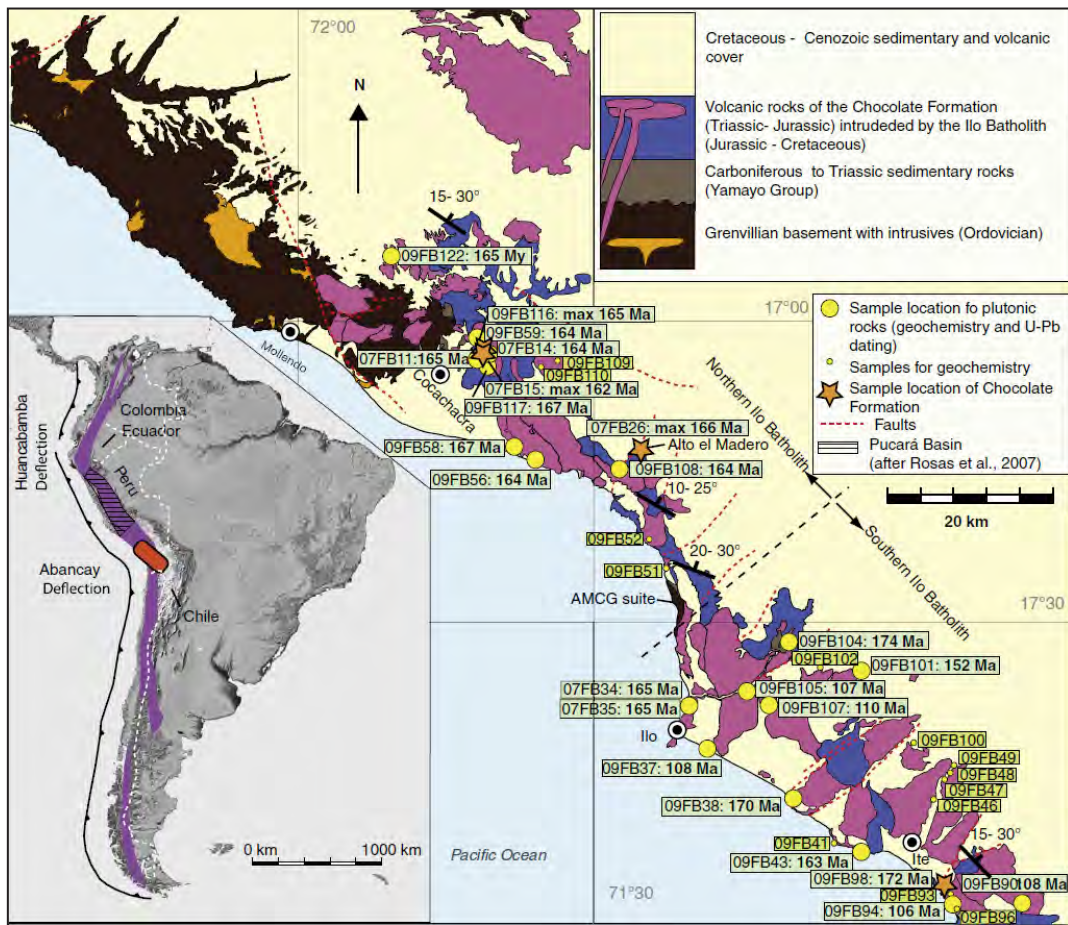


Figura 3.6 Distribución espaciotemporal del magmatismo jurásico y su emplazamiento dentro de las secuencias volcanoclásticas de la Formación Chocolate

Fuente: Tomado de Boekhout et al. (2012)

La migración del arco hacia el NE prosiguió en forma marcada en el sur del país a partir de ~50 Ma (Eoceno), donde la actividad del arco construyó el Batolito de Andahuaylas-Yauri hasta ~30 Ma (figura 3.8), para luego migrar otra vez hacia el suroeste hasta este tiempo presente (Mamani et al., 2010). En el Perú central y del norte, las migraciones cenozoicas del arco fueron menos marcadas y quedan por investigar (Acosta & Sempere, 2017).

En el sur, la actividad magmática se incrementó drásticamente a partir de ~30 Ma, con una aceleración a partir de ~5 Ma,

resultando en un engrosamiento descomunal de la corteza sur peruana. Este fenómeno generó un sobre engrosamiento de la corteza inferior dúctil, lo que provocó que esta fluyera en dirección al Norte, llegando a engrosar a su vez la corteza del Perú central y norte en forma progresiva (Picard et al., 2008), y generando axial y lateralmente una variedad de fenómenos tectónicos, incluyendo en particular la propagación de estructuras compresionales en la llanura amazónica (Acosta & Sempere, 2017).

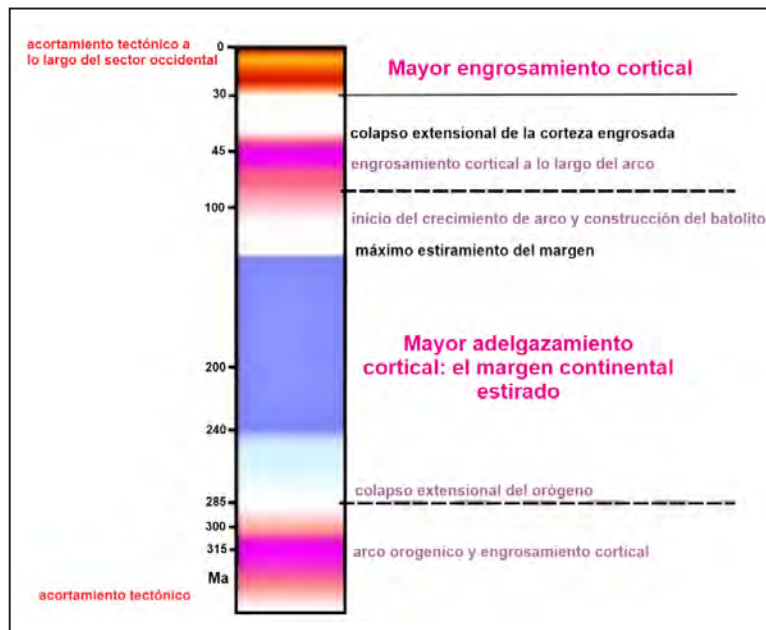


Figura 3.7 Bosquejo simplificado de la evolución tectónica del Perú occidental desde los ~350 Ma

Fuente: Tomado de Acosta & Sempere (2017)

En el sector oeste de la Cordillera Occidental (litoral peruano), se reconoció un episodio magmático del Cretácico temprano. Aquí, dentro de los grupos Morro Solar y Casma se encuentran capas gruesas de lavas almohadilladas, lavas laminares y tobas de composición basáltica a intermedia (Pfiffner & Gonzales, 2013). Según los datos geoquímicos, se ha inferido que los volcánicos representan magmas derivados del manto que posiblemente se formaron en un entorno de arco posterior (Atherton et al., 1985). Los volcano-clásticos del arco volcánico de Casma fueron invadidos por el Batolito de la Costa en un episodio magmático que duró desde el Cretácico superior hasta el Paleógeno temprano (Mukasa & Tilton, 1985; Mukasa, 1986).

Los plutones del Batolito costero invadieron no solo al arco volcánico Casma, sino también a los sedimentos cretácicos deformados de la faja corrida y plegada del Marañón en la Cordillera Occidental (Pfiffner & Gonzales, 2013). El Batolito costero se ha agrupado en varias superunidades que forman segmentos individuales a lo largo de la costa. Las superunidades que se muestran en la figura 3.9 pertenecen al segmento de Arequipa y Lima (Soler et al., 1990; Mukasa, 1986; Bussel & Pitcher, 1985). Estas corresponden a intrusiones individuales con una determinada composición y un contacto claramente definido entre ellas. Su ubicación se explica en un solo pulso magmático (Bussel & Pitcher, 1985), cada superunidad del Batolito costero

puede tener una variedad de tipos de rocas que varían desde gabrodiorita hasta granito, lo que se considera que indica un ritmo regular de intrusión y diferenciación de la composición básica a ácida (Bussel & Pitcher, 1985; Mukasa, 1986). A través del fraccionamiento de los cristales durante su paso ascendente, los fundidos basálticos cambiaron su composición a granodiorítica – tonalítica (Cobbing et al., 1972; Pitcher, 1997). Los intrusivos más superficiales están enriquecidos en feldespato potásico y cuarzo. Los estudios de isótopos indican que los magmas podrían haberse originado por fusión parcial en el manto o en una zona de acumulación de fundido magmático dentro de la corteza inferior (McCourt, 1981; Mukasa, 1986).

El episodio magmático más joven del Eoceno al Mioceno abarca batolitos más pequeños que invadieron los estratos cretácicos deformados de la faja corrida y plegada del Marañón, el Altiplano Central e incluso el borde occidental de la Cordillera Oriental (Bissig et al., 2008). El Batolito de la Cordillera Blanca, ubicado cerca de Huaraz en la parte norte de la Cordillera Occidental, es el cuerpo intrusivo más grande de este arco magmático Cenozoico. Las edades de enfriamiento de este batolito oscilan entre 16 y 9 Ma en las tonalitas y dioritas, y entre 6 y 2.7 Ma en la leucogranodiorita (Petford & Atherton, 1992; Petford & Atherton, 1996a).

Esta intrusión ahora forma picos que alcanzan más de 6000 m. Los estudios petrológicos e isotópicos sugieren que, a diferencia de los magmas derivados del manto del Batolito costero, las intrusiones cenozoicas tienen como fuente magmática primaria a la fusión parcial de la corteza inferior engrosada por la acumulación de fundido magmático en el borde de la corteza con el manto (Petford & Atherton, 1996a; Petford & Atherton, 1996b). Las rocas intrusivas de los stocks cenozoicos presentes en las cordilleras y el Altiplano Central muestran apenas algo o ningún signo de deformación interna. El último evento magmático está representado por los flujos de lava andesítica, tobas y corrientes

de cenizas cenozoicas que se depositaron principalmente en la Cordillera Occidental. En algunas localidades del Altiplano Central, este evento es coetáneo con las intrusiones cenozoicas. Las edades radiométricas de las rocas volcánicas, que pertenecen al Grupo Calipuy y equivalentes, son del Eoceno tardío - Mioceno y del Oligoceno - Mioceno (Atherton et al., 1985; Farrar & Nobel, 1976; Nobel et al., 1979). Estas rocas volcánicas descansan de manera discordante sobre los depósitos volcánoclasticos del cinturón costero, Batolito costero, y sedimentos cretácicos plegados y parcialmente erosionados de la faja corrida y plegada del Marañón.

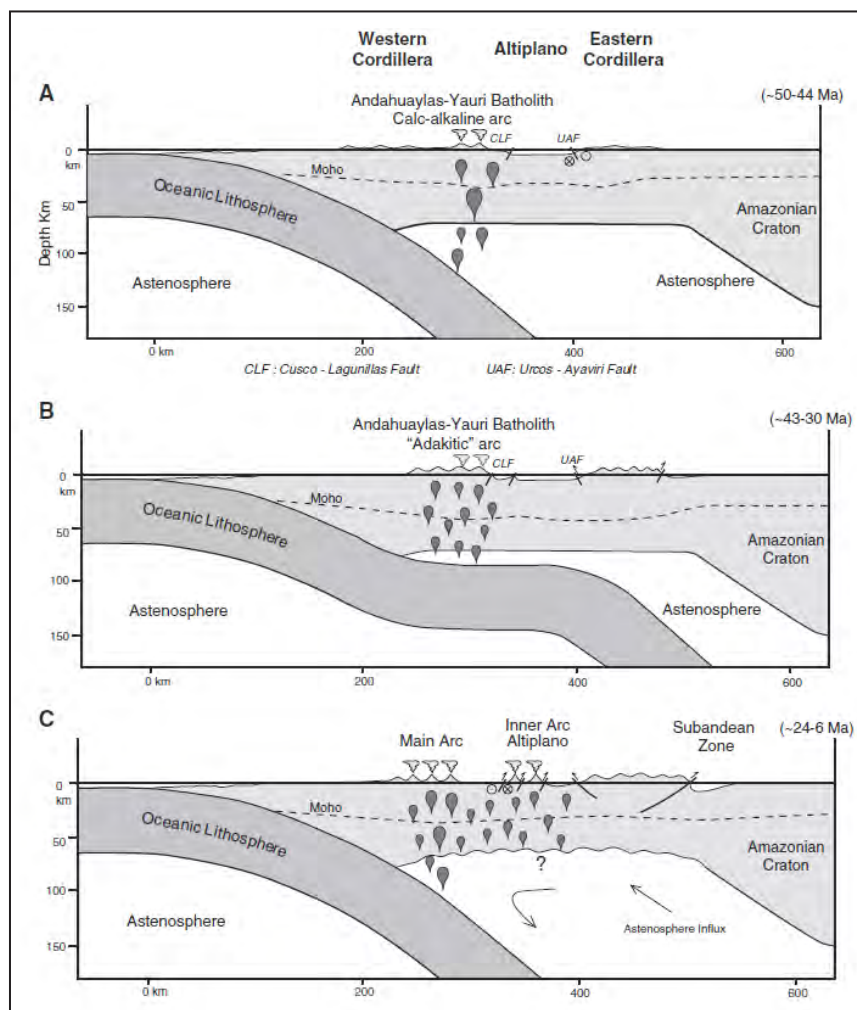


Figura 3.8 Modelo de la evolución tectónica del sur del Perú durante el Cenozoico, construcción del Batolito de Andahuaylas Yauri.

Fuente: Tomado de Perelló (2003)

El Grupo Calipuy se ha deformado modestamente en algunos sectores y completamente en la Costa. Se puede observar una leve discordancia angular en la base de los basaltos del Mioceno en el Altiplano Central cerca de Cerro de Pasco (Farrar & Nobel, 1976, McKee & Nobel, 1982; Wise, 2008). En general, la distribución temporal y espacial del magmatismo es muy similar a la observada en los Andes centrales de Chile y Bolivia incluso hacia más al sur (Trumbull et al., 2006). Para los Andes peruanos, varios autores han analizado la relación entre la edad de los pulsos magmáticos y el movimiento relativo concurrente entre la placa Sudamericana y de Nazca. Bussell & Pitcher (1985) llegaron a la conclusión de que la fase más temprana del magmatismo (vulcanismo del Grupo Casma) se produjo en un entorno tectónico extensional y que las intrusiones graníticas

subsiguientes representan fases de la tectónica compresional. Jaillard y Soler (1996) y Soler et al. (1990b) sugieren que los periodos de alta tasa de convergencia entre las dos placas se correlacionan con una mayor actividad magmática; reconocieron una notable excepción a esta regla para el emplazamiento del Batolito costero entre 75 y 59 Ma, periodo con una baja tasa de convergencia. Jaillard et al. (2000) siguieron esta idea y correlacionaron el desplazamiento hacia el este del arco magmático en el Cretácico superior (Campaniano tardío) a una fase de elevación en la Cordillera Occidental y el desplazamiento hacia el este del magmatismo en tiempos del Eoceno a una ampliación de la zona de fusión en la astenósfera causada por una inmersión más superficial de la zona de Benioff.

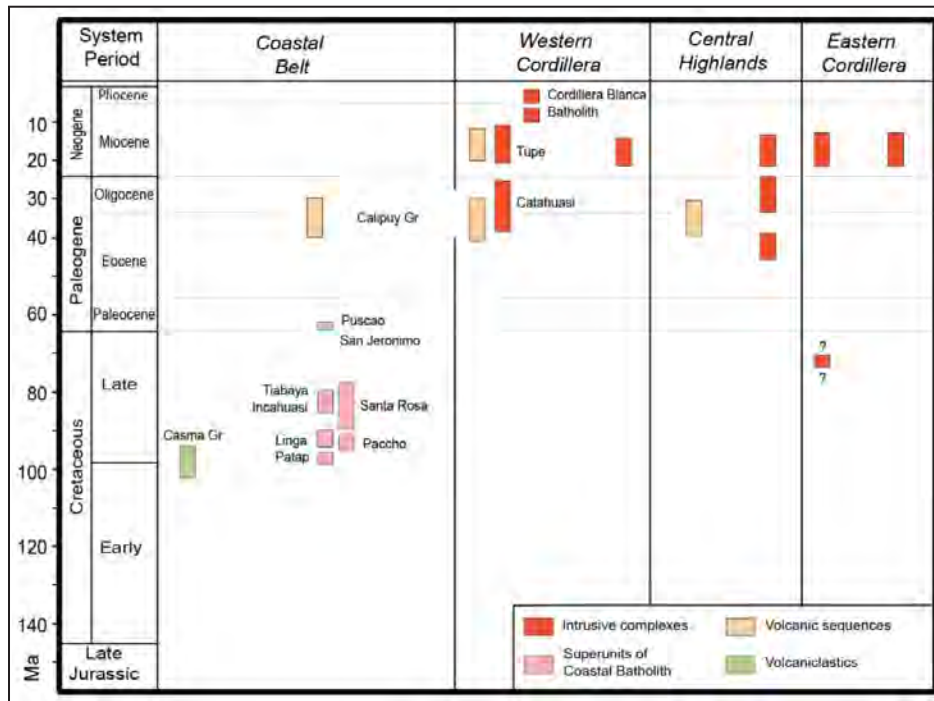


Figura 3.9 Distribución temporal y espacial de rocas magmáticas en los Andes centrales.

Fuente: Tomado de Piffner y Gonzales (2013)

CAPÍTULO IV

FRANJAS METALOGÉNÉTICAS

J. Acosta, R. Rivera, M. Valencia, H. Chirif, D. Huanacuni, I. Rodríguez, E. Villarreal, D. Paico y A. Santisteban

Desde que se publicó el primer mapa metalogénico del Perú a escala 1:1 000 000 (De Las Casas & Ponzoni, 1969), con auspicio de la Sociedad Nacional de Minería y Petróleo, han continuado los estudios de metalogenia con nuevas versiones de mapas (Bellido, 1972; Ponzoni, 1980; Canchaya & Aranda, 2001). En el año 2001, dentro del marco del Proyecto Multinacional Andino, se preparó un mapa metalogénico a escala 1:1000 000, de la región fronteriza entre Argentina, Bolivia, Chile y Perú (Zappettini et al., 2001). Más adelante, Cardozo (2002) presentó un mapa con franjas mineralizadas basado en tipos de yacimientos. En los años 2007 y 2008, Quispe et al. prepararon un nuevo mapa metalogénico que presentaba 23 franjas metalogénicas relacionadas con dominios geotectónicos y sistemas de fallas regionales, así como una clasificación de depósitos de minerales por operaciones y proyectos mineros. Desde entonces, este mapa se ha venido actualizando con nueva información, y al presente el mapa metalogénico de 2019 cuenta con una versión digital, que incluye información sobre el tamaño de depósito en base al tonelaje de contenido fino metálico. Esta versión también cuenta con una clasificación de las operaciones y proyectos mineros por tipo de yacimiento; además, cuenta con información de la producción metálica de las 23 franjas metalogénicas que se presentan en este compendio (figura 4.1).

4.1 FRANJAS METALOGÉNÉTICAS

Las franjas metalogénicas son zonas que se extienden a lo largo de sistemas de fallas regionales y litologías que han favorecido la formación de determinados tipos de depósitos minerales en determinadas épocas. De esta manera, Quispe et al. (2008) definieron 23 franjas metalogénicas (figura 4.1).

La mayoría de los sistemas de fallas que controlan las franjas metalogénicas en el centro y sur del Perú tienen orientaciones principalmente NO-SE. Su origen se les asocia con la disgregación cortical del rift Permo-Triásico (Mégard, 1973, 1978; Laubacher, 1978; Noble et al., 1978; Dalmayrac et al., 1980; Kontak et al., 1985; Rosas y Fontboté, 1995; Rosas et al., 1997; Jacay et al., 1999; Carlotto et al., 2000; Carlotto et al., 2004), caracterizado por actividad magmática alcalina del Grupo Mitu y presencia de granitoides de la misma edad en su eje axial (Carlotto et al., 2004). Entre los sistemas de fallas reconocidas como permo-triásicas se puede mencionar a Cerro de Pasco-Ayacucho, Satipo-Pangoa-San Francisco, Abancay-Andahuaylas-Totos-Licapa, Puyentimari, Tamburco-Patacancha y Urcos-Sicuani-Ayaviri.

Otros sistemas de fallas de igual categoría son los que se extienden a lo largo del Batolito de Pataz, relacionados con la tectónica eoherciniana, así como, los Sistemas de Fallas Punre-Canchis-Magistral y Cordillera Blanca, en el norte del Perú. En el sector central occidental destacan los Sistemas de Fallas Chonta, Churín-San Mateo, Tapacocha y Conchao-Cocachacra, mientras que en el sur del Perú se tienen los Sistemas de Fallas Ica-Islay-Ilo, Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condoroma-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo.

Dada la escala regional del mapa metalogénico, las 23 franjas metalogénicas no incluyen depósitos particulares como Tarpuy (Fe alojado en el Complejo Basal de la Costa), Huancapayac (depósitos de Cu-Ni en secuencias del Complejo Maraón), Tapo (Cr-Ni hospedado en rocas ultrabásicas (Precámbricas), Negra Huanusha (Cu-V alojado en capas rojas del Grupo Mitu) y depósitos de uranio (Macusani, Vilcabamba, Chaullay y otros).

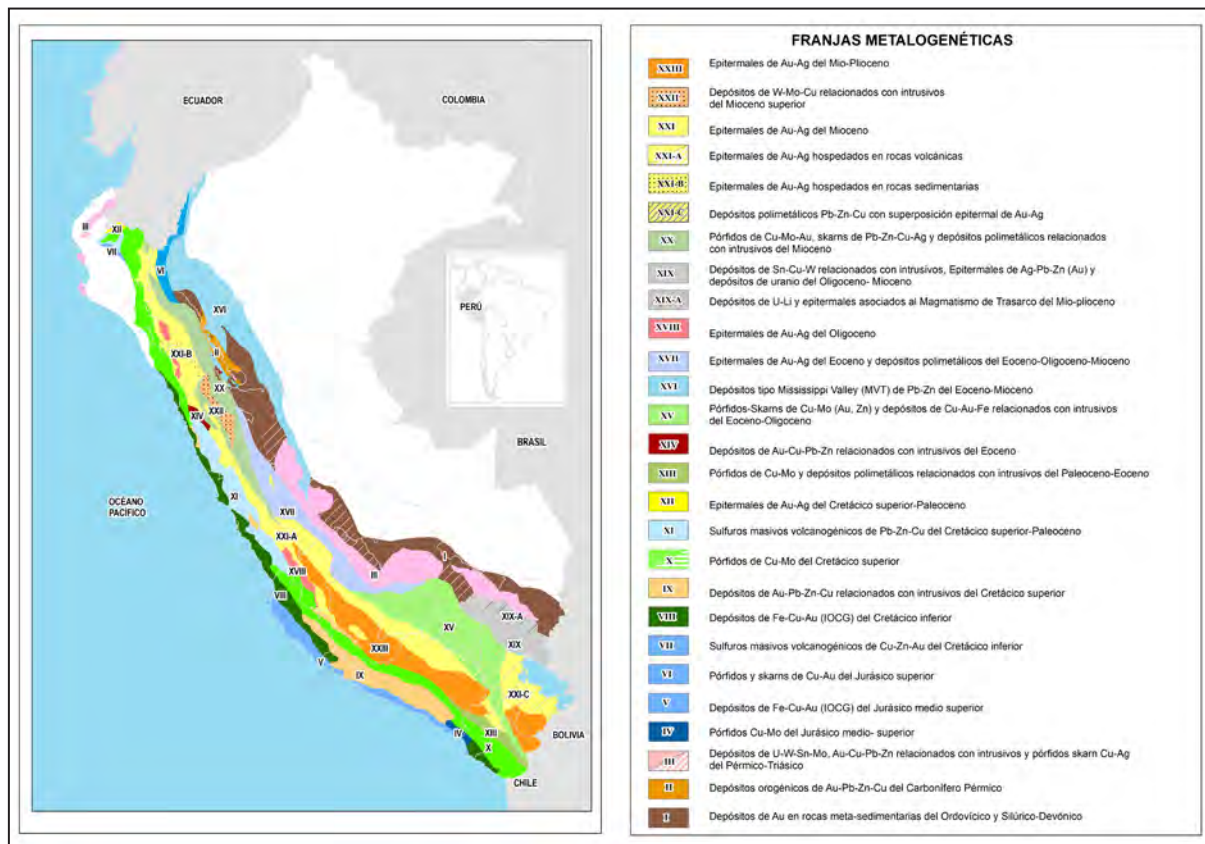


Figura 4.1 Mapa de Franjas Metalogenéticas (2020)

Fuente: Modificado de Quispe et al. (2007, 2008)

4.1.1 I. Franja de Au en rocas metasedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico

Se localiza a lo largo de la Cordillera Oriental del territorio peruano, en la cual las rocas hospedantes están conformadas por pizarras y esquistos del Paleozoico inferior. Las estructuras mineralizadas están conformadas por vetillas y mantos lenticulares de cuarzo y oro, controlados principalmente por fallas inversas de rumbo NO-SE. La mineralización probablemente está asociada a los eventos magmáticos del Ordovícico y del Siluro-Devónico. Entre los principales depósitos se pueden mencionar a Ananea, La Rinconada, Capac Orcco y Untuca.

Según las últimas investigaciones (Haeberlin, 2002; Chew et al., 2005 y Cardona, 2006), esta franja se extendería hasta los 6° sur, debido a que el Complejo Marañón se sitúa entre las latitudes 6° y 10°30' sur. Por otro lado, de acuerdo con sus eventos de sedimentación y metamorfismo, esta franja se puede subdividir en tres unidades geológicas: Ordovícico inferior, Ordovícico superior-Silúrico y Carbonífero. Las edades precámbricas solo corresponden a algunos segmentos aislados de migmatitas (Cardona, 2006).

4.1.2 II. Franja de depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico

Se ubica en la Cordillera Oriental del norte del Perú. En esta franja, la mineralización se encuentra asociada a granitoides calcoalcalinos del Carbonífero que pertenecen al Batolito de Pataz e intruyen a las unidades metamórficas del Paleozoico inferior. Las estructuras mineralizadas presentan geometrías de vetas y mantos, ubicados en zonas de cizalla NO-SE, aparentemente desarrolladas a partir de la tectónica eohercínica. En esta franja son conocidos los depósitos de Poderosa, Horizonte, Retamas y Parcoy. Las edades de mineralización oscilan entre 315 y 286 Ma.

4.1.3 III. Franja de depósitos de U-W-Sn-Mo, Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos y pórfidos-skarn de Cu-Ag del Pérmico Triásico

Se extiende en el flanco oeste de la Cordillera Oriental del centro del Perú, al norte de la deflexión de Abancay. Tiene una dirección NO-SE (aunque existe un segmento relativamente menor con orientación E-O) y está controlada por los Sistemas de Fallas

Satipo-Pangoa-San Francisco y Cerro de Pasco-Ayacucho. La mineralización está hospedada en lutitas y calizas del Carbonífero, con geometrías de mantos y vetas. Los depósitos más representativos de esta franja son Cobriza y Huachón, asociados a granitoides con edades entre 270 y 255 Ma. En el Altiplano de Puno y en el dominio de las fallas NO-SE del Sistema Urcos-Sicuani-Ayaviri, se encuentra aisladamente el depósito de W-Au San Judas Tadeo, en el cual se estima una edad de mineralización de 255.5 Ma (Clark et al., 1990).

En esta franja se encuentran evidencias de mineralización de uranio y litio en las rocas intrusivas de la Unidad Tectonoestratigráfica Plutonismo de Arco Magmático del Permotriásico (PET-Pam) (Quispe-Rentería, et al., 2020b), delimitado por los Sistemas de Fallas de Cerro de Pasco-Ayacucho y de Oxapampa-San Vicente.

4.1.4 IV. Franja de pórfidos Cu-Mo del Jurásico medio - superior

Se localiza en la zona costera del sur del Perú, estructuralmente esta franja es controlada por el Sistema de Fallas Ica-Islay-Ilo de rumbo NO-SE y fallas menores NE-SO y N-S (Acosta et al., 2008). Los depósitos más relevantes son Tía María y La Llave, con edades de mineralización entre 166 y 155 Ma.

4.1.5 V. Franja de depósitos de Cu-Fe-Au (IOCG) del Jurásico medio-superior

Se sitúa a lo largo de la zona costera, en el dominio del Complejo Basal de la Costa del Precámbrico. Su principal control estructural es el Sistema de Fallas Ica-Islay-Ilo, NO-SE, que constituyen el corredor del mismo nombre (Acosta et al., 2008). Los depósitos más importantes de esta franja son Marcona, Mina Justa y Rosa María, con edades de mineralización entre 165 y 160 Ma.

4.1.6 VI. Franja de pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior

Se extiende por el noroeste del Perú, dentro del dominio tectónico Olmos-Loja y está limitada por fallas regionales N-S, mayormente de carácter inverso. Las rocas huéspedes están conformadas por secuencias carbonatadas y volcánicas del Jurásico. La mineralización de Cu-Au se relaciona a stocks intrusivos del Jurásico superior, con edades absolutas de 153 Ma. Los depósitos más conocidos se encuentran en Ecuador, entre los que destacan: Nambija, Napintza, Cumay, Guaysini y Frutos del Norte; en territorio peruano se ubican los proyectos El Tambo, Huaquillas y Hualatán.

4.1.7 VII. Franja de Sulfuros masivos volcanogénicos de Cu-Zn-Au del Cretácico inferior

Se ubica en el noroeste del Perú, en el sector sur occidental de la cuenca Lancones, en un contexto de rift (Tegart et al., 2000; Ríos, 2004; Rodríguez et al., 2008). La mineralización se encuentra hospedada en rocas volcánicas submarinas del Jurásico medio al Albiano, cuyas composiciones varían de basaltos a riolitas con afinidad geoquímica toleítica (Ríos, 2004). La mineralización se relaciona con la actividad magmática dacítica. Los principales controles estructurales regionales son fallas NNE-SSO y ONO-ESE. El principal depósito es Tambogrande, con edades de mineralización de 165 ± 17 (Re/Os, pirita, Ryan Mathur en Ríos, 2004) y 104 ± 2 Ma (U/Pb, Winter et al., 2002).

4.1.8 VIII. Franja de depósitos de Cu-Fe-Au (IOCG) del Cretácico inferior

Esta franja se encuentra dividida en dos segmentos: Trujillo-Mala-Paracas-Ocoña (TMPO) y Locumba-Sama (LS). Entre Trujillo y Ocoña (8° - $15^{\circ}30'$) los depósitos metálicos están relacionados con la actividad magmática de la cuenca Casma, en el sector Trujillo-Mala-Paracas (~ 112 y 100 Ma) y volcánica de la Formación Chocolate en el sector Paracas-Nazca (~ 115 y 112 Ma).

Los principales controles de mineralización son fallas NO-SE de la cuenca Casma y del sistema Ica-Islay-Ilo, así como fallas menores NE-SO. En este segmento, destacan los depósitos Tanguche, Raúl-Condestable, Monterrosas, Eliana, Acari, entre otros. Entre Locumba y Sama (17° - 18°), los depósitos IOCG se encuentran relacionados con la actividad magmática de ~ 124 Ma, además de intrusiones de gabros y monzodioritas de edades ~ 112 Ma. Sus controles estructurales son definidos por la extensión del sistema NO-SE Ica-Islay-Ilo y fallas menores NE-SO. Los depósitos más importantes de este segmento son Licona y Hierro Morrito. En general, los eventos de mineralización que constituyen esta franja se registran entre 115 y 100 Ma (Acosta et al., 2008).

4.1.9 IX. Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusiones de Cretácico superior

Se extiende discontinuamente en cuatro áreas: Huarmey ($9^{\circ}30'$ - 10°), Canta (11° - $11^{\circ}30'$), sector de Huancavelica – Ayacucho (14° - 15°) y Saramarca-Nazca-Ocoña ($14^{\circ}30'$ - 17°). Las estructuras mineralizadas llevan cuarzo-oro-sulfuros y se encuentran hospedadas en granitoides del Cretácico superior del Batolito de la Costa.

En las áreas de Huarmey y Canta los controles estructurales son las fallas secundarias NO-SE, N-S y NE-SO de los sistemas de fallas regionales NO-SE Conchao-Cocachacra y Tapacocha. El depósito que destaca en Huarmey es Cerro Ballena y en Canta, los depósitos Lomada, Caracol y Lajas. En el sector Huancavelica – Ayacucho, las vetas están controladas por el Sistema de Fallas Cincha-Lluta y se encuentran los depósitos El Encanto, Zorro Plateado, Jatun Pata, Melchorita, entre otros. Más al sur, en Saramarca-Nazca-Ocoña, las estructuras mineralizadas están controladas por fallas con orientaciones NO-SE, N-S y E-O, que constituyen el corredor Nazca-Ocoña (Acosta et al., 2008). Entre los principales depósitos de esta zona sur se pueden mencionar a Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Chorunga.

4.1.10 X. Franja de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior

Se extiende discontinuamente desde la cuenca Lancones hasta el sur del Perú. En la cuenca Lancones, los depósitos que constituyen esta franja están controlados por fallas con orientaciones NE-SO. La mineralización de Cu-Mo está relacionada con granitoides del Cretácico superior (~75 Ma), donde destacan los depósitos Horquetas, Curi-Lagartos, Chancadora, Cascajo Blanco y otros. Igualmente, dentro de la cuenca Lancones se pueden identificar algunos skarnoides de Fe, ubicados en el contacto de los granitoides cretácicos con rocas calcáreas del Albiano-Cenomaniano de la Formación La Bocana. En el centro y sur del Perú, la mineralización está relacionada con intrusivos graníticos del Cretácico superior del Batolito de la Costa y controlada por fallas NO-SE de los sistemas Conchao-Cocachacra, Cincha-Lluta e Incapuquio, así como por fallas menores con orientación N-S (Acosta et al., 2008). Los principales depósitos que constituyen esta franja son Marcahui, Durazno, Puquio, Cuco, Aguas Verdes (skarn relacionado con los intrusivos del Cretácico superior), Lara, Tibillos, Zafranal y Angostura. Sus edades de mineralización se registran entre 80 y 68 Ma.

4.1.11 XI. Franja de sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno

Está constituida por dos subprovincias, una en la parte central de la cuenca Lancones en el noroeste del Perú, y la otra ubicada en el flanco oeste de la Cordillera Occidental entre La Libertad e Ica (9°-13°). Los depósitos de la cuenca Lancones están hospedados en los niveles volcánicos félsicos calcoalcalinos (Ríos, 2004) de las secuencias volcano-sedimentarias del Albiano-Cenomaniano. En este sector son conocidos los depósitos El Papayo, Cerro Colorado y Potrobayo, cuyos controles estructurales son fallas menores con orientaciones NE-

SO, E-O y NNE-SSO, que constituyen la zona de deformación de la deflexión de Huancabamba. Entre la Libertad e Ica, Romero (2007) diferencia secuencias volcánicas calcoalcalinas del Cretácico-Paleoceno, anteriormente atribuidas como Grupo Casma, pero ahora denominada Cuenca Maastrichtiano-Daniano, tipo marginal de tras arco (Romero et al., 2008). Esta cuenca alberga depósitos tipo sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu (tipo kuroko), cuyos controles regionales de mineralización son fallas NO-SE del sistema Tapacocha y Conchao-Cocachacra. Los depósitos más relevantes son María Teresa, Aurora Augusta, Leonila-Graciela (Perubar), Cerro Lindo, Palmas y Balducho. Las edades de mineralización tienen un intervalo de 68 a 62 Ma.

4.1.12 XII. Franja de epitermales de Au-Ag del Cretácico superior-Paleoceno

Se localiza en el sector central de la cuenca Lancones, en el noroeste del Perú. Las estructuras mineralizadas son vetas de cuarzo-oro, de orientación NE-SO, hospedadas en rocas volcánicas del Albiano-Cenomaniano. Los depósitos de Au-Ag que constituyen esta franja, están asociados a granitoides del Cretácico superior-Paleoceno (Injoque et al., 2000; Ríos, 2004). Entre los depósitos más representativos destacan Bolsa del Diablo, Potrero, Suyo y Pilares.

4.1.13 XIII. Franja de pórfidos de Cu-Mo y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Paleoceno-Eoceno

Se extiende en el flanco oeste de la Cordillera Occidental del sur del Perú y agrupa a los depósitos de Cu-Mo de mayor tonelaje en dicho sector. Los intrusivos relacionados con la mineralización presentan composiciones dioríticas, granodioríticas y monzoníticas, cuyo emplazamiento se encuentra controlado por el Sistema de Fallas Incapuquio (NO-SE). Esta franja registra dos épocas metalogenéticas con mineralización de Cu-Mo (Acosta et al., 2008). La primera época es del Paleoceno (62 y 55 Ma), representada por los depósitos de Cerro Verde y Toquepala. La segunda época es del Eoceno (54 y 52 Ma), caracterizada por los depósitos de Cuajone y Quellaveco. Distalmente a los sistemas porfiríticos de Cu-Mo y en secuencias sedimentarias, se tienen estructuras mineralizadas de Cu-Pb-Zn, con geometrías de vetas y cuerpos, similares a Ataspaca.

4.1.14 XIV. Franja de depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusiones del Eoceno

Se presenta en el Norte en la región Áncash (9°-10°). Las estructuras mineralizadas están conformadas por vetas de cuarzo-oro-sulfuros, con orientaciones son N-S, E-O y NO-SE.

Las vetas están relacionadas con stocks tonalíticos y granodioríticos del Eoceno, emplazados en el límite oeste del dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental y el Batolito de la Costa. Al Norte, el principal control estructural es el Sistema de Fallas Conchao-Cocachacra, donde destacan los depósitos La Cantera, Virahuanca, Tres Minas y Chuncas.

4.1.15 XV. Franja de pórfidos-skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno

Se ubica entre la Cordillera Occidental y el Altiplano de las regiones de Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno. La mineralización está relacionada con granitoides dioríticos a granodioríticos del Batolito Andahuaylas-Yauri del Eoceno-Oligoceno, emplazados en condiciones transpresionales (Carlotto et al., 1999; Perelló et al., 2003) y controlados por los sistemas de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, Cusco-Lagunillas-Mañazo, Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa y Abancay-Condoroma-Caylloma. La mineralización Cu-Mo (Au) está relacionada con intrusivos intermedios a ácidos, asimismo en el contacto con secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano se desarrollan cuerpos de skarn de Cu-Zn. Los intrusivos más básicos están relacionados con las mineralizaciones de Fe-Cu-Au, que se presentan a manera de cuerpos, en el contacto con secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano, además de vetas principalmente de Au-Cu en los intrusivos.

Los depósitos más representativos de esta franja son Tintaya, Kananga, Las Bambas, Cotabambas, Morosayhuas, Antapacay, Haquira, Los Chancas, Antillas, Trapiche, entre otros. Las edades de mineralización están registradas entre 42 y 30 Ma. Es importante mencionar que en el dominio del Sistema de Fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, se tienen cuencas continentales sinorogénicas (Carlotto et al., 2005), con mineralización de Cu tipo "Red Bed" alojada en capas rojas del Eoceno-Oligoceno del Grupo San Jerónimo y relacionada con el Batolito Andahuaylas-Yauri (Loza, 2004). Los depósitos más importantes de este tipo se ubican en las localidades de Tambomachay, Ushpa, Típon y Anta.

4.1.16 XVI. Franja de depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno

Se sitúa a lo largo de la Zona Subandina del centro y norte del Perú. Las rocas huéspedes de la mineralización de Pb-Zn, están constituidas por secuencias dolomíticas del Triásico superior-Jurásico inferior del Grupo Pucará. Esta franja está controlada por el Sistema de Fallas NO-SE Satipo-Pangoa-San Francisco y cabalgamientos que ponen en contacto la Cordillera Oriental

sobre la Zona Subandina. En este sector se encuentran los depósitos San Vicente, Piñón, Sillapata, Huacrash-Aynamayo, Puntayacu, Pichita Caluga, Cascas, Ninabamba, Raymondi Sur, Tambo María, Pampa Seca, San Roque, Bolívar, Soloco y Bongará. Al oeste de la franja, también es posible encontrar depósitos MVT de Pb-Zn, pero a diferencia de la franja principal se encuentran distribuidos puntualmente en anticlinales cerrados que desaparecen debajo de rocas más jóvenes. En este sector se tienen a los depósitos Ulcumayo y Shalipayco. La edad de mineralización de estos depósitos se asume como eocena o miocena, relacionada con las épocas de mayor deformación que afectaron a esta zona, durante la evolución andina (Mégard, 1987; Carlotto et al., 2005).

4.1.17 XVII. Franja epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno

Se localiza en el flanco oriental de la Cordillera Occidental en la zona norte del Perú y, hacia el sur, en la zona intercordillerana y Cordillera Oriental. Esta franja se caracteriza por ser una de las más complejas, debido a que se encuentran depósitos metálicos de diversos tipos, como pórfidos de Cu-Mo, skarns de Pb-Zn-Cu, epitermales de Au-Ag y polimetálicos Pb-Zn (Ag) relacionados con intrusiones. Dichos depósitos se relacionan con tres eventos magmáticos, registrados en los periodos 39-33 Ma (Eoceno), 31-25 Ma (Oligoceno) y 20-10 Ma (Mioceno). La distribución espacial y temporal de dichos depósitos está controlada por las reactivaciones de las fallas NO-SE y N-S de los sistemas La Oroya-Huancavelica y Cerro de Pasco-Ayacucho. El depósito más antiguo conocido hasta la fecha es el epitermal de Au-Ag de Quicay, con una edad de mineralización en el rango de 37 y 35 Ma (Noble & McKee, 1999). Quicay se relaciona con la actividad magmática del Oligoceno, manifestada principalmente por el emplazamiento de cuerpos intrusivos de composiciones variables entre dioritas y granodioritas. Asimismo, se tienen depósitos tipo pórfido de Cu-Mo, como Pariajirca y skarns de Pb-Zn-Cu, en el contacto con secuencias carbonatadas del Triásico superior-Jurásico inferior del Grupo Pucará, es el caso de los depósitos El Porvenir (Milpo), Atacocha, Raulito, Rondoní, Patashmina y Huancamina, así como, el pórfido-skarn de Vinchos.

De igual forma, las intrusiones oligocénicas están relacionadas con vetas de Pb-Zn-Cu, como Machcán y otras más. Según los reportes de edades radiométricas K/Ar de Soler y Bonhome (1988), la época metalogénica para los depósitos de Pb-Zn-Cu se encontraría entre 29 y 26 Ma. Por otro lado, las intrusiones miocénicas ~20 Ma se asocian con las mineralizaciones de Pb-Zn-Cu, es el caso de los depósitos Anita, Asunción, Chanchamina y otros del Perú central.

4.1.18 XVIII. Franja de epitermales de Au-Ag del Oligoceno

Se extiende entre en el flanco oeste del dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental. Esta franja se encuentra subdividida en dos segmentos. Por el norte, se encuentra el segmento Otuzco-San Pablo-Porculla (7° - $8^{\circ}30'$) y, por el sur, Huaytará-Tantaré-Tupe ($12^{\circ}30'$ - $14^{\circ}30'$). Los controles de mineralización son fallas con orientaciones preferenciales NO-SE y E-O. Al norte se encuentran los depósitos Salpo, San Pedro, Paredones, Coshuro, Lucero, Los Pircos, Mishahuanca, entre otros; algunos de ellos están relacionados con centros volcánicos, como el caso de Uromalqui (Salpo), San Pedro e Urillao-Ruhos (Rivera et al., 2005). Al sur destacan los depósitos Antapite, Pampa Andino y Ticrapo. En ambos segmentos, las estructuras mineralizadas presentan geometrías de vetas con contenido de Au-Ag tipo epitermal de baja sulfuración. Las edades de mineralización se estiman entre 31 y 25 Ma.

4.1.19 XIX. Franja de depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos, Epitermales de Ag-Pb-Zn (Au) y depósitos de uranio del Oligoceno-Mioceno

Se encuentra al extremo suroeste de la Cordillera Oriental y en la cuenca Putina, en el sur del Perú. Está limitada por el Sistema de Fallas NO-SE Urcos-Sicuani-Ayaviri y el Sistema de Fallas que controlan el sector oeste de la cuenca Putina. La mineralización Sn-Cu-W está relacionada con stocks peraluminosos "tipo S", que varían de monzogranitos a granodioritas (Kontak & Clark, 2002), con fuerte alteración clorítica (Mlynarczyk et al., 2003). Las rocas intrusivas del área constituyen la extensión de granitoides de la Cordillera Real de Bolivia, con edades de emplazamiento del Oligoceno y Mioceno. Los stocks intrusivos cortan a pizarras, esquistos y cuarcitas del Ordovícico. El principal depósito del Perú es San Rafael, pero destacan otros menores como Palca 11 y Santo Domingo. Las edades de mineralización están entre 25 y 22 Ma, pero hacia el lado boliviano, en el depósito Cerro Rico de Potosí, se registra una edad más joven próxima a 14 Ma (Zartman & Cunningham, 1995). Igualmente, asociado a eventos volcánicos de 25-14 Ma, se tienen epitermales de Ag-Pb-Zn (Au) de intermedia a baja sulfuración y vetas Sb. El depósito más representativo es Corani.

4.1.20 XIX-A. Depósitos de U-Li y epitermales asociados al Magmatismo de Trasarco del Mioplioceno

Esta subfranja comprende las cuencas de Crucero y Macusani (Laubacher et al., 1988^a) en donde se hallan los centros volcánicos de Macusani, Picotani y Cayconi (Rivera et al., 2011); se encuentran delimitados al este por el Sistema de Fallas

Cordillera Real y al oeste por la Unidad Tectonoestratigráfica: Plutonismo de Arco Magmático del Permotriásico (PET-Pam) y el basamento Paleozoico. La mineralización de U-Li se encuentra emplazada en los volcánicos de trasarco del mioplioceno (Quispe-Rentería, L. et al., 2020^a), Unidad Tectonoestratigráfica conformada por las formaciones Quenamari (miembros Chacacuniza, Sapanuta y Yapamayo), Picotani y Cayconi, que están constituidas mayoritariamente por rocas volcánicas de composición peraluminosas "tipo S", específicamente tobas y lavas riódacíticas a riolíticas. Además, asociadas a estas rocas se tienen los yacimientos epitermales de Au-Ag-Zn (Au) de intermedia sulfuración. La mineralización de uranio es supérgena alojada en rocas volcánicas piroclásticas peraluminosas del Mioceno temprano, tipo Structure bound y Strata bound. El depósito más representativo de esta subfranja es la mina Macusani, emplazada en la caldera del mismo nombre y su mineralización está constituida principalmente por minerales de Uranio, mayormente de color amarillo limón a amarillo verdosos, tales como: Autunita ($\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$), Metaautunita ($(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6\text{-}8\text{H}_2\text{O}$), como las principales; Coffinita (silicato de uranio), Weeksite (silicato potásico de uranio), Carnotita (vanadato potásico de uranio) y posiblemente uraninita. La mineralización se presenta como relleno de fracturas y venillas irregulares tipo stockwork, que no presentan alteración hidrotermal y diseminado de autunita y metaautunita; estos pueden estar asociados a minerales primarios como pechblenda y uraninita, ambos óxidos de uranio. Las edades de mineralización van desde el Mioceno inferior al Plioceno (23-4 Ma.); las edades para estas unidades han sido obtenidas por diversos métodos como fisión y K-Ar en micas (biotita y moscovita) provenientes de las tobas y obsidiana en Macusani (Barnes et al., 1970; Fleischer & Price, 1964; Kontak et al., 1985; Pichavant et al., 1987), indicando que esta actividad volcánica se dio entre 10 y 4 Ma. Sin embargo, nuevas edades por trazas de fisión, usando el método Plateau age (Bigazzi et al., 1990), indican edades más antiguas para los vidrios de obsidiana desde Calluyo Mayo y Chilcuno Chico (6.7 ± 0.3 a 7.0 ± 0.4 Ma.). Por su parte dataciones K-Ar en la Formación Picotani son presentadas por Kontak (1985, en Pichavant et al., 1988^a), por Bonhomme et al. (1988) y Laubacher et al. (1988). Edades de 22.9 a 24.8 Ma. Fueron obtenidos para los basaltos y riódacitas, mientras que suprayaciendo a estas se encuentran las riolitas que reportan edades de 16.7 ± 0.4 y 17.9 ± 0.6 Ma. En la Formación Quenamari, su miembro Sapanuta fue datado por el método de Ar/Ar en 6.7 y 7.8 Ma., con errores de ± 0.2 y 0.4 Ma., respectivamente (Cheilletz et al., 1992). En la Formación Cayconi, para las rocas volcánicas basálticas, dacíticas y riolíticas, Laubacher et al., (1988^a) obtienen edades que van entre 22.2 ± 0.2 a 23.7 ± 1.3 Ma., por el método de K-Ar.

4.1.21 XX. Franja de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno

Se ubica en la Cordillera Occidental del norte y centro del Perú (5°-12°). Esta franja está controlada por el sistema de fallas y cabalgamientos NO-SE de los sistemas Chonta y Punre-Canchis-Magistral; este último conforma la faja corrida y plegada del Marañón (MTFB). En el norte del Perú, las fallas van cambiando a ONO-ESE y finalmente N-S, al aproximarse a la deflexión de Huancabamba. Esta franja presenta tres eventos magmáticos relacionados con la mineralización, estimados en 22-20 Ma, 18-13 Ma y 10-5 Ma. Los eventos magmáticos están manifestados por el emplazamiento de stocks intrusivos calcoalcalinos dioríticos a granodioríticos. El primer evento de 22-20 Ma se asocia con los depósitos tipo pórfido de Cu-Mo de Michiquillay y Aurora Patricia. El segundo evento de 18-13 Ma contiene mineralizaciones tipo pórfido de Cu-Mo y Cu-Au, que algunas veces desarrolla skarns y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, en el contacto con rocas carbonatadas del Cretácico, como Chungar, Iscay Cruz y otros depósitos. Los pórfidos de Cu-Mo (18-13 Ma) están relacionados con intrusiones intermedias a ácidas, tal como El Galeno, La Granja, Cañariaco, Parón y Magistral; mientras que los pórfidos de Cu-Au están asociados con intrusiones básicas a intermedias, como es el caso de Minas Conga (El Perol y Chailhualgón) y Cerro Corona.

Otros sistemas porfíricos similares a los anteriores se exponen puntualmente en sectores erosionados del dominio volcánico miocénico (franja XXI), donde se puede mencionar a los depósitos de Chamis, Colpayoc, Cascabamba, San José, La Arena, Alto Dorado, Pashpap, Los Latinos, así como al depósito en la transición pórfido-epitermal El Toro y al skarn de Pb-Zn-Cu, El Extraño.

El tercer evento magmático de 10-5 Ma genera depósitos tipo pórfido Cu-Mo (Au), como Río Blanco al norte, Toromocho y Puy Puy al centro. Los intrusivos de 10-5 Ma son controlados por el dominio de las fallas del sistema Chonta, Churín-San Mateo y de la MTFB, en contacto con rocas calcáreas del Cretácico (9°-12°30'), presentan skarns y cuerpos de reemplazamiento de Cu-Zn y Pb-Zn-Ag, como Antamina, Huanzalá, Pachapaqui, Raura, Ucchuchacua, Huarón, Yauricocha y otros. Dichos intrusivos también generan vetas y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, similares a Yauliyacu-Casapalca, Morococha, Mina Solitaria y San Cristóbal, este último con una edad ~6 Ma (Noble y McKee, 1999).

4.1.22 XXI. Franja de epitermales de Au-Ag del Mioceno

4.1.23 XXI-A. Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas volcánicas

Se distribuye ampliamente en el dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental. En el norte (5°-9°30') esta franja es controlada por fallas NO-SE que van cambiando a ONO-ESE al aproximarse a la deflexión de Cajamarca, para luego pasar a N-S, conforme se aproximan a la deflexión de Huancabamba. En el sector centro-norte (10°-13°30'), los principales controles estructurales son: fallas NO-SE, correspondientes a los sistemas Conchao-Cocachacra y Chonta; fallas N-S del sistema Cerro de Pasco-Ayacucho y La Oroya-Huancavelica; y fallas E-O del sistema Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa. En el sector sur, la franja está controlada por fallas NO-SE correspondientes a los sistemas Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condorama-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Esta franja agrupa a depósitos de Au-Ag (Pb-Zn-Cu) de alta, baja e intermedia sulfuración. Según las edades de mineralización, esta franja puede ser subdividida en dos épocas metalogénicas (18-13 Ma y 12-8 Ma). Entre los depósitos que se encuentran hospedados en rocas volcánicas se encuentran Quiruvilca, Pierina, Tamboraque y Santa Rita. Algunos de los depósitos están relacionados con centros volcánicos, como es el caso de Quesquenda (Alto Chicama), Quiruvilca, Alto Dorado, Matala, Macón y Alto Cruz-Ticas (Rivera et al., 2005).

Entre las latitudes 14° y 16° se encuentran depósitos de Au-Ag de alta sulfuración como Chipmo (Orcopampa), Poracota y posiblemente Arasi. Asimismo, destaca la presencia de epitermales de Au-Ag (Pb-Zn) de baja sulfuración, similares a Calera, Caylloma y Selene.

En la época metalogénica de 12-8 Ma, en el norte del Perú se encuentran los depósitos de Au-Ag del distrito minero de Yanacocha, Tantahuatay y La Zanja, así como, vetas y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Cu (Ag, Au). En el Perú central, se tiene el segundo pulso de mineralización de Pb-Zn (Ag) de Cerro de Pasco (12.4-10.9 Ma, Baungartner et al., 2006) y la mineralización del distrito de Colquijirca (el primer pulso corresponde a un evento de superposición epitermal).

Entre los paralelos 12° y 13°30' sur, en el dominio de las fallas NO-SE del sistema La Oroya-Huancavelica, destaca la presencia de epitermales de Au-Ag en rocas carbonatadas del Triásico-Jurásico del Grupo Pucará, como Tucumachay. Mientras que en el sector de influencia de las fallas NO-SE del

sistema Chonta y de la falla N-S Huancayo-Julcani, se tienen epitermales de Pb-Zn-Ag de alta a intermedia sulfuración como Julcani, Palomo, San Genaro, Huachocolpa, Caudalosa Grande, Caudalosa Chica y otros. Más al sur (14°-16°), se encuentran principalmente epitermales de Au-Ag de baja sulfuración, como Ares, Shila y Paula. Dentro de esta franja epitermal del mioceno tenemos yacimientos alojados en rocas cretácicas y depósitos polimetálicos con superposición epitermal, los que a continuación se presentan.

4.1.24 XXI-B. Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias

Esta franja se ubica al norte del Perú (~7°30'), la cual alberga yacimientos epitermales de alta sulfuración hospedados en secuencias siliciclásticas del Cretácico inferior del Grupo Goyllarisquiza, con una edad de mineralización de 17 a 14 Ma. Los depósitos más importantes son Alto Chicama (Lagunas Norte), La Virgen, Santa Rosa, Rosario de Belén y Shahuindo.

4.1.25 XXI-C. Depósitos polimetálicos Pb-Zn-Cu con superposición epitermal de Au-Ag

En el centro del Perú (10°30'-11°), las fallas N-S del sistema Cerro de Pasco-Ayacucho controlan a la cuenca eocena Pocobamba (Ángeles, 1999), y esta a su vez a los centros volcánicos de Cerro de Pasco y Colquijirca. De esta manera, entre 18 y 13 Ma se desarrolla el primer pulso de mineralización Pb-Zn-Ag con superposición epitermal en el distrito de Cerro de Pasco (14.5-14.1 Ma, Baugartner et al., 2006).

En el sur (14°30'), las rocas hospedantes están formadas por el Grupo Tacaza de edad miocénica, y la mineralización corresponde a vetas de Pb-Ag-Cu, Pb-Cu-Ag y Cu-Pb-Ag, siendo las principales ocurrencias Pepita, Carmencita, Cerro Huarajuy y Don Felipe. Más al sur (16° y 17 °S) la mineralización se encuentra entre dos corredores estructurales formados por los sistemas de fallas Incapuquio, Condoroma-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Las rocas hospedantes pertenecen a los grupos Tacaza y Maure y las calizas de la Formación Ayavacas. La mineralización es de tipo Cu-Pb-Zn y los yacimientos más importantes son Tacaza, Santa Bárbara, Berenguela, Mina

los Rosales, Quello Quello y San Antonio de Esquilache. La edad de mineralización está asociada a intrusivos de edades comprendidas entre 22 y 19 Ma.

4.1.26 XXII. Franja de depósitos de W-Mo-Cu relacionados con intrusivos del Mioceno superior

Se ubica en la Cordillera Occidental del centro-norte del Perú (8°-10°). La mineralización de Cu-W se asocia con granitoides de la Cordillera Blanca, cuyo emplazamiento se encuentra controlado por fallas NO-SE y N-S del sistema de la Cordillera Blanca. Los depósitos más representativos son Pasto Bueno, Mundo Nuevo, Nueva California, Lacabamba y Señor de la Soledad. Las estructuras mineralizadas presentan principalmente geometrías de vetas con contenidos variables de cuarzo-hubnerita-ferberita-cobres grises. Las edades de mineralización se registran entre 9 y 6 Ma.

4.1.27 XXIII. Franja de epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno

Se extiende en el dominio volcánico de la Cordillera Occidental del centro-sur del Perú (12°30'-18°). La mineralización de Au-Ag está relacionada con la actividad magmática Mio-Pliocena. Sus controles estructurales son fallas NO-SE de los sistemas de fallas Chonta, Abancay-Condoroma-Caylloma y Cincha-Lluta, así como fallas menores E-O. Las edades de mineralización de esta franja se registran entre 7 y 1 Ma, y está constituida principalmente por depósitos epitermales de Au-Ag de alta sulfuración, a excepción del depósito de baja sulfuración de Ag-Au Arcata (5.4 Ma, Candiotti et al., 1990) y del depósito de Pb-Zn-Ag. Recuperada de intermedia sulfuración (6.4 Ma, Noble & McKee, 1999). Los epitermales de Au-Ag de alta sulfuración que se distribuyen en esta franja son Tucari, Santa Rosa, Pucamarca, Pico Machay, Corihuarmi, Huamanrazo, Ccarhuaraso, Palla Palla, Baños del Indio y otros.

Cuencas hidrográficas favorables para depósitos de Au tipo placer y aluvial

Estas cuencas se extienden principalmente en el llano amazónico y en parte de la Cordillera Oriental. Las más importantes son Madre de Dios, Alto Huallaga y Santiago-Bajo Marañón.

CAPÍTULO V

YACIMIENTOS MINERALES

5.1 YACIMIENTOS DE COBRE DE TIPO PÓRFIDO EN EL PERÚ

Thierry P. A. Sempere

5.1.1 Generalidades

Sistemas porfídicos

Los yacimientos de tipo pórfido, los cuales proveen mucho del cobre, molibdeno, oro y plata usados por la población humana, se generan en arcos magmáticos asociados a zonas de subducción (figura 5.1). Sin embargo, los yacimientos más importantes se encuentran en segmentos de arco específicos, donde se formaron durante cortos intervalos de tiempo (Wilkinson, 2013).

Los yacimientos de cobre de tipo pórfido o "pórfidos de cobre" pertenecen a un grupo variado de depósitos minerales organizados en torno a sistemas magmáticos centrados sobre columnas, uniendo reservorios plutónicos de magma y fluidos, por una parte, y complejos subvolcánicos a volcánicos, por otra (figura 5.2). En conjunto, estos depósitos diversos conforman "sistemas porfídicos de cobre" (Porphyry Cu systems), que se inician por el ascenso e intrusión de magmas oxidados saturados en fluidos ácuos enriquecidos en azufre y metales, a partir de las culminaciones locales de los cuerpos plutónicos parentales (Sillitoe, 2010). El contexto de subducción genera un magmatismo relativamente rico en agua, lo que produce a su vez una cierta abundancia de fluidos de origen magmático, los cuales suelen transportar metales (Hedenquist & Lowenstern, 1994).

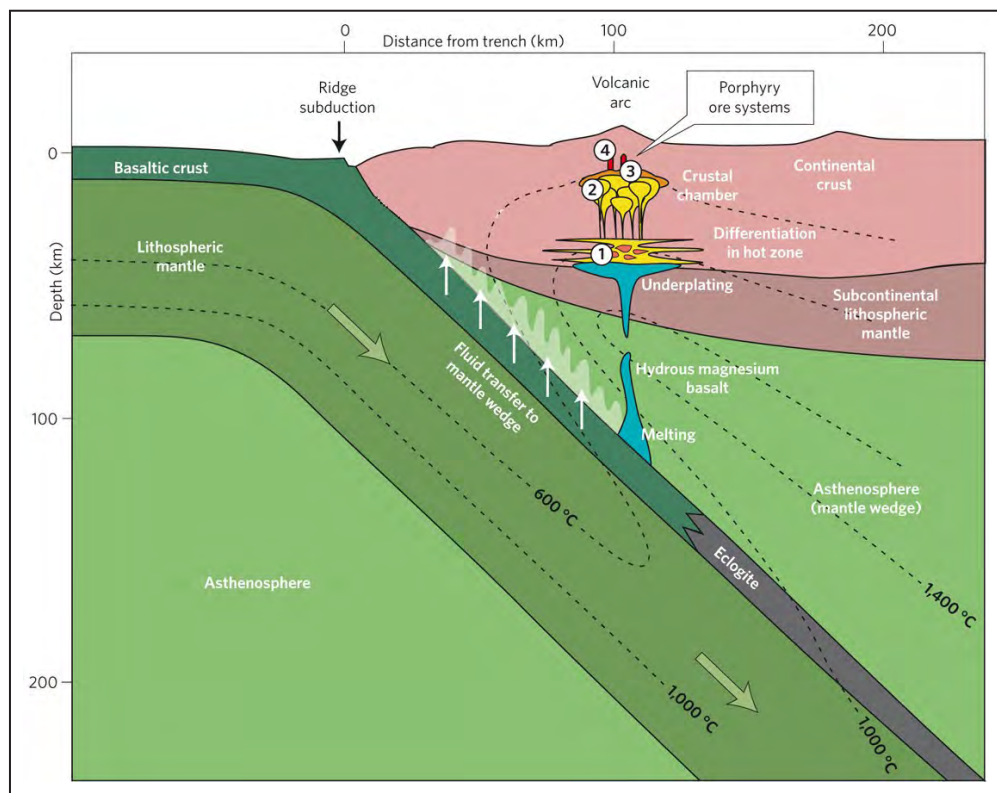


Figura 5.1 Esquema simplificado ilustrando el contexto de formación de los yacimientos de tipo pórfido.

Fuente: Modificado de Wilkinson (2013) quien modificó a su vez a Winter (2001).

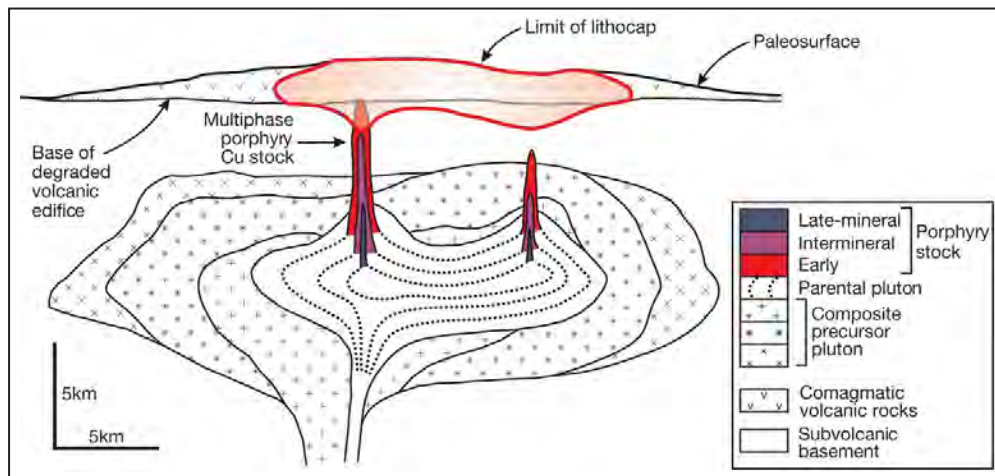


Figura 5.2 Esquema generalizado ilustrando las relaciones espaciales entre un plutón pariente (elemento de un batolito), dos columnas de pórfidos cupríferos, un complejo volcánico, un lithocap, y la paleosuperficie (Sillitoe, 2010). Existen cuerpos magmáticos precursoros. Dentro del plutón pariente, las líneas interrumpidas concéntricas figuran etapas en su progresiva consolidación hacia su interior, las cuales se conectan a pórfidos tempranos, intermineral y tardíos, cuya alimentación es cada vez más profunda debido a la cristalización del plutón desde sus partes exteriores.

Es común que varios pórfidos distintos se hayan emplazado a través o encima de la culminación de plutones, y que formen así agrupaciones o alineamientos de sistemas porfídicos de cobre. En general, estos sistemas se distribuyen a lo largo de fajas que pueden tener cientos de kilómetros de longitud, pero también pueden presentarse aislados. Los plutones subyacentes conforman generalmente un batolito, cuya profundidad varía entre 5 y 15 km. Estos plutones actuaron como cámaras de alimentación para los magmas y fluidos que llegaron a formar cuerpos porfídicos, que son de geometría columnar (de más de 3 km de dimensión vertical) o enjambres de diques, y las mineralizaciones asociadas. Parte del magma de estos plutones puede haber alcanzado la superficie – provocando erupciones volcánicas, pero generalmente eso ocurrió antes de la iniciación de los sistemas porfídicos (Sillitoe, 2010).

Actividad en el curso del tiempo

Las zonas con pórfidos y/o enjambres de diques presentan generalmente varias generaciones de intrusiones porfídicas de composiciones intermedias a félsicas, que se pueden datar con precisión.

La actividad de un sistema porfídico individual parece desarrollarse durante un periodo de tiempo comprendido entre aproximadamente 0.1 y varios millones de años (Sillitoe, 2010). Agrupaciones o alineamientos de sistemas porfídicos, o fajas enteras, pueden permanecer activos durante 10 Ma o más.

La datación precisa de pórfidos es crucial para identificar provincias y distritos, y la duración de su actividad. La gran mayoría de los pórfidos conocidos en el planeta son más jóvenes

que 100 Ma, pero esta observación puede estar sesgada por la cuestión de la preservación de estos cuerpos frente a la erosión.

Tipos de yacimientos

Los sistemas porfídicos de cobre hospedan los tipos de mineralización más frecuentes encontrados a lo largo de márgenes de subducción. Ante todo, comprenden los yacimientos de tipo pórfido (“pórfidos de cobre”), los cuales se caracterizan por ser centrados sobre intrusiones subverticales que presentan generalmente una textura típica de pórfido. Esta “textura porfírica”, caracterizada por feldespatos algo grandes en una matriz fina, refleja una solidificación rápida del magma al ascender y así templarse por descompresión (*decompression quenching*).

Los fluidos mineralizantes han migrado verticalmente y, a partir de cierta profundidad, también lateralmente a través de rocas de composiciones variadas que han sido generalmente alteradas por circulaciones de fluidos anteriores y/o contemporáneas. Estos fluidos fueron capaces de formar otros tipos de yacimientos en las vecindades. Por esta razón, los “pórfidos de cobre” pueden mostrar relaciones genéticas con (figura 5.3):

- Yacimientos de tipo *skarn*, de tipo CRD (*carbonate-replacement deposits*), y en todo tipo de rocas permeables por las cuales fluidos mineralizantes han podido transitar, incluso hasta distancias bastante periféricas;
- Yacimientos epitermales, que se alojan en complejos subvolcánicos a volcánicos que coronan los sistemas porfídicos;

- Yacimientos de tipo “cordillerano”, que son sistemas de vetas cortando la roca de caja en los alrededores de un sistema porfídico, y/o en su misma zona epitermal.

Los yacimientos de tipo pórfido de $\text{Cu} \pm \text{Au} \pm \text{Mo}$ están centrados sobre intrusiones porfídicas (como esta denominación lo sugiere). Los otros yacimientos no epitermales son periféricos, siendo más comunes en rocas de caja que incluyen carbonatos, donde pueden existir yacimientos de tipo *skarn* en posición proximal y/o yacimientos de tipo CRD (*carbonate-replacement deposits*) en posiciones más distales (figura 5.3). En otros contextos, pueden existir vetas y/o mantos con metales de base u oro. Por lo general, cualquier tipo de unidades u horizontes

permeables (como areniscas porosas) también pueden presentar mineralizaciones depositadas por fluidos provenientes del eje central del sistema porfídico.

El tamaño, ley y tipo de mineralización de sistemas porfídicos pueden depender mucho de la reología y composición de la(s) roca(s) intruida(s) y/o atravesada(s) por los magmas y los fluidos. Se trata generalmente de yacimientos de alto tonelaje, pero de ley relativamente baja. La mineralización se ubica comúnmente en *stockworks* y/o brechas, y de manera diseminada en rocas alteradas, cuyo volumen es mucho más grande que el del propio pórfido. Es frecuente que exista un enriquecimiento supérgeno a partir de la superficie.

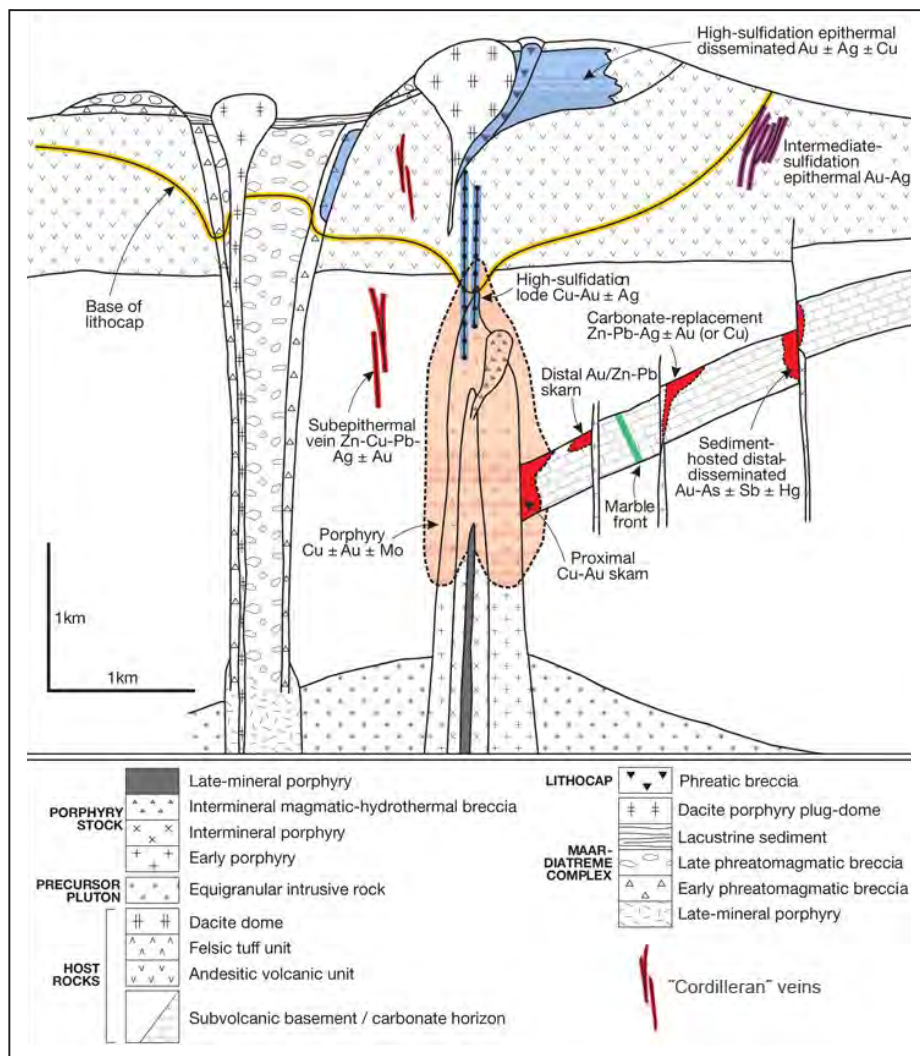


Figura 5.3 Anatomía esquematizada de un sistema porfídico de cobre, levemente modificada a partir de Sillitoe (2010). Se ilustran relaciones entre un “pórfido de cobre” ($\pm \text{Mo} \pm \text{Au}$) y sus rocas de caja vecinas. El sistema central incluye varias intrusiones porfídicas encajadas. Los yacimientos periféricos en carbonatos son de tipo *skarn* en posición proximal y de tipo CRD (*carbonate-replacement deposits*) en posición más distal; los que se encuentran ubicados en otras rocas incluyen enjambres de vetas, etc.; yacimientos epitermales se ubican dentro o a lo largo del lithocap. Aunque esquemas de este tipo no permiten explicar en detalle la formación de “pórfidos de cobre” en el curso del tiempo, ilustran relaciones espaciales que se observan comúnmente en la realidad geológica.

Alteración y mineralización

La alteración-mineralización de los sistemas porfídicos se organiza en forma concéntrica a partir de los pórfidos o enjambres de diques, decreciendo hacia afuera. Pueden afectar a muchos km³ de rocas.

La alteración-mineralización en pórfidos de cobre presenta una zonación hacia arriba, desde una zona sódica-cálcica

inferior, temprana y estéril, pasando por una potásica, potencialmente mineralizada, una de clorita-sericita y una sericitica (tradicionalmente agrupadas como "zona filica"), hasta una argilica avanzada, la última zona siendo la formada por los *lithocaps* (figura 5.4; Sillitoe, 2010). El espesor de un *lithocap* puede sobrepasar 1 km donde la erosión ha sido débil o ausente.

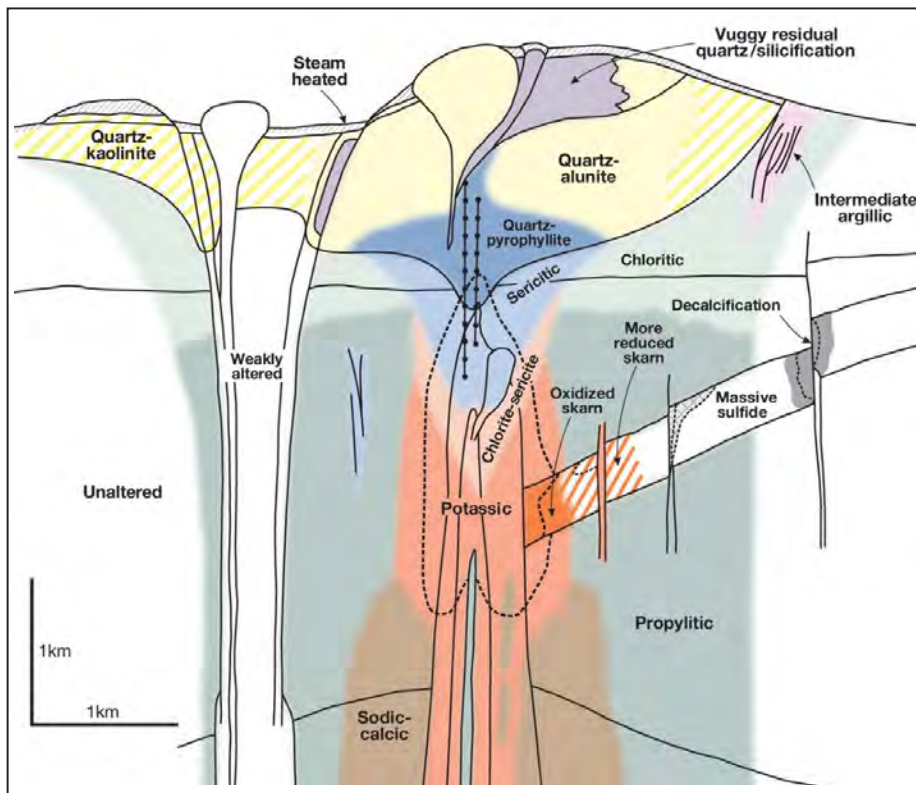


Figura 5.4 Esquema generalizado de alteración-mineralización en sistemas porfídicos de cobre, completando el esquema de la figura 5.3 (Sillitoe, 2010). Es importante notar que tipos someros de alteración-mineralización obliteran sistemáticamente tipos más profundos. Existe entre yacimientos una gran variación en cuanto a los volúmenes de los distintos tipos de alteración. La alteración sericitica puede extenderse hacia abajo y llegar a insertarse entre las zonas potásica y propilítica, y/o sobreponerse a la parte central de la zona potásica. La alteración sericitica tiende a ser más abundante en los pórfidos de Cu-Mo, mientras la alteración de tipo clorita-sericita se desarrolla preferentemente en pórfidos de Cu-Au. En el *lithocap*, los detalles de alteración-mineralización suelen ser mucho más complejos que lo ilustrado, especialmente si han existido controles estructurales.

Las zonas potásicas se caracterizan por asociaciones dominadas por calcopirita ± bornita, que representan un estado de baja sulfuración. Sulfuros representando estados de sulfuración más elevados se generan progresivamente hacia arriba del sistema, acompañando la disminución de la temperatura, por una parte, y el aumento de la alteración por hidrólisis, por otra parte (Sillitoe, 2010).

En los pórfidos de cobre, la mineralización ocurre en vetillas con cuarzo que muestran una sucesión distintiva, y también en forma diseminada dentro de la roca alterada atravesada por estas vetillas. Durante la intrusión de un pórfido se pueden formar brechas magmático-hidrotermales, entre las cuales algunas pueden ser mineralizadas con altas leyes debido a su alta permeabilidad. Sin embargo, la mayoría de las brechas

freatomagmáticas, que caracterizan sistemas de tipo maar-diatrema, son poco mineralizadas debido a que se formaron tarde en la evolución de estos sistemas.

La sucesión de eventos de alteración-mineralización ilustrada en la figura 5.4 resulta principalmente del enfriamiento progresivo de las rocas y fluidos, desde más de 700 °C a menos de 250 °C, el cual resulta a su vez de la cristalización y solidificación de los plutones parentales subyacentes, y también del desplazamiento hacia abajo de la zona de transición entre presiones litostática e hidrostática (Sillitoe, 2010).

Los fluidos que operan a alta temperatura corresponden generalmente a dos fases: un líquido hipersalino, que genera la alteración potásica y mineralización asociada, y un vapor, que más arriba es responsable de la alteración argílica avanzada temprana. A medida que el sistema magmático se enfría, esta configuración evoluciona a partir de aproximadamente de 350 °C hacia una sola fase compuesta por un líquido de salinidad baja a moderada, el cual produce las alteraciones sericitica y de clorita-sericitica, y las mineralizaciones relacionadas; este líquido también es responsable de las mineralizaciones periféricas del sistema porfídico, incluyendo el lithocap que conforma su parte superior (Sillitoe, 2010).

El enfriamiento progresivo del sistema y los fenómenos erosivos operando en la paleosuperficie se combinan para generar la característica sobreimpresión y hasta obliteración (“telescopaje” o “telescopamiento”, traduciendo telescoping) del estado anterior, y su reconstrucción parcial a total mediante el reemplazo de tipos anteriores de alteración-mineralización por tipos más recientes (Sillitoe, 2010). Aunque el tema sigue debatido, no se requeriría agua meteórica para generar esta sucesión de alteración-mineralización, pero es muy frecuente que ella ingrese en el sistema en algún momento de la evolución tardía.

Aplicaciones a la exploración

Es obviamente preferible que los proyectos de exploración minera tomen en cuenta, a todas las escalas, lo que hoy en día se entiende de la formación de sistemas porfídicos de cobre. El hecho que estos sistemas conformen fajas donde existen agrupaciones (clusters) y/o alineamientos tiene muchas implicancias para explorar en forma eficiente, una vez que se ha identificado por lo menos un sistema porfídico.

A la escala de un yacimiento, y especialmente en un pórfido de cobre, es común (pero no sistemático) observar que los mejores cuerpos mineralizados fueron aparentemente formados durante la etapa temprana de la evolución del sistema. Las sobreimpresiones tardías de alteración pueden causar un empobrecimiento parcial en Cu y otros metales – y hasta

su eliminación completa –, pero también pueden resultar en mayores concentraciones metálicas (Sillitoe, 2010).

El nivel de erosión del sistema porfídico es un factor importante en cuanto a los tipos de mineralización que han sido preservados cerca de la superficie, y a los que pueden ser anticipados a mayor profundidad.

5.1.2 Los pórfidos de cobre del Perú

Los sistemas porfídicos reconocidos en el Perú (figura 5.5) se formaron en el arco magmático principal generado por la subducción, en relación con batolitos plutónicos más profundos. Los datos geocronológicos disponibles demuestran que su emplazamiento tuvo lugar principalmente durante tres épocas:

1) Un primer grupo reúne los sistemas porfídicos de edad Cretáceo superior a Eoceno basal. Sin embargo, cabe notar que los pórfidos de cobre gigantes distribuidos entre los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna (Cerro Verde y Santa Rosa, Cuajone, Quellaveco, Toquepala) se emplazaron estrictamente entre -60 y -53 Ma (Sillitoe & Mortensen, 2010; Simmons, 2013; véase líneas más abajo).

2) Todos los pórfidos conocidos en el Batolito de Andahuaylas-Yauri (departamentos de Apurímac, Cusco, y Puno) se emplazaron entre -45 y -30 Ma (i.e., entre el Eoceno medio y el Oligoceno medio; Perelló et al., 2003). Ellos incluyen Los Chancas, Haquira, Antapaccay (anteriormente denominado Atalaya), Coroccohuayco, etc.

3) El tercer grupo reúne sistemas porfídicos de edad miocena, pero existen variaciones sustanciales entre regiones alejadas:

- En el extremo sur del Perú, el pórfido de Chipispaya (departamento de Tacna) se emplazó alrededor del límite Oligoceno-Mioceno (Valdivia et al., 2014).
- En el norte del país (departamento de Cajamarca y áreas vecinas), los sistemas porfídicos son de edad Mioceno inferior a medio (Davies, 2002; Davies & Williams, 2005). Incluyen Michiquillay, El Galeno, Minas Conga, Cerro Corona (distrito de Hualgayoc), La Granja en Cajamarca, y Río Blanco en Piura, cerca de la frontera con el Ecuador.
- En el Perú central, los pórfidos de interés minero conocidos hasta la fecha son de edad Mioceno superior (Toromocho, Santa Bárbara; Catchpole et al., 2015). Incluyen también El Águila y Pashpap en Áncash.

Las reservas se estiman desde 400 Mt Cu en Toromocho y otros, hasta 2000 Mt Cu en el conjunto Cerro Verde - Santa Rosa - Cerro Negro (Tumialán, 2003).

Los pórfidos cupríferos del Perú son generalmente también productores de molibdeno. Los pórfidos norteños, como Cerro Corona, Minas Conga, El Galeno, contienen mayor cantidad de oro que los pórfidos de cobre del centro y sur del país (con la excepción del pórfido de Chipispaya en Tacna). Además, estos pórfidos proporcionan otros metales como Ag, Pb, y Zn.

La mineralización de cobre se ubica en intrusiones ígneas de textura porfírica y composición intermedia a félsica, que se emplazaron por pulsos distintos. El intenso fracturamiento de tipo *stockwork* observado en ellas se originó por esfuerzos dinámicos causados por sobrepresión de magmas y/o fluidos. También se observan localmente chimeneas brechosas, y en ciertos casos con clastos redondeados (*pebble breccia*).

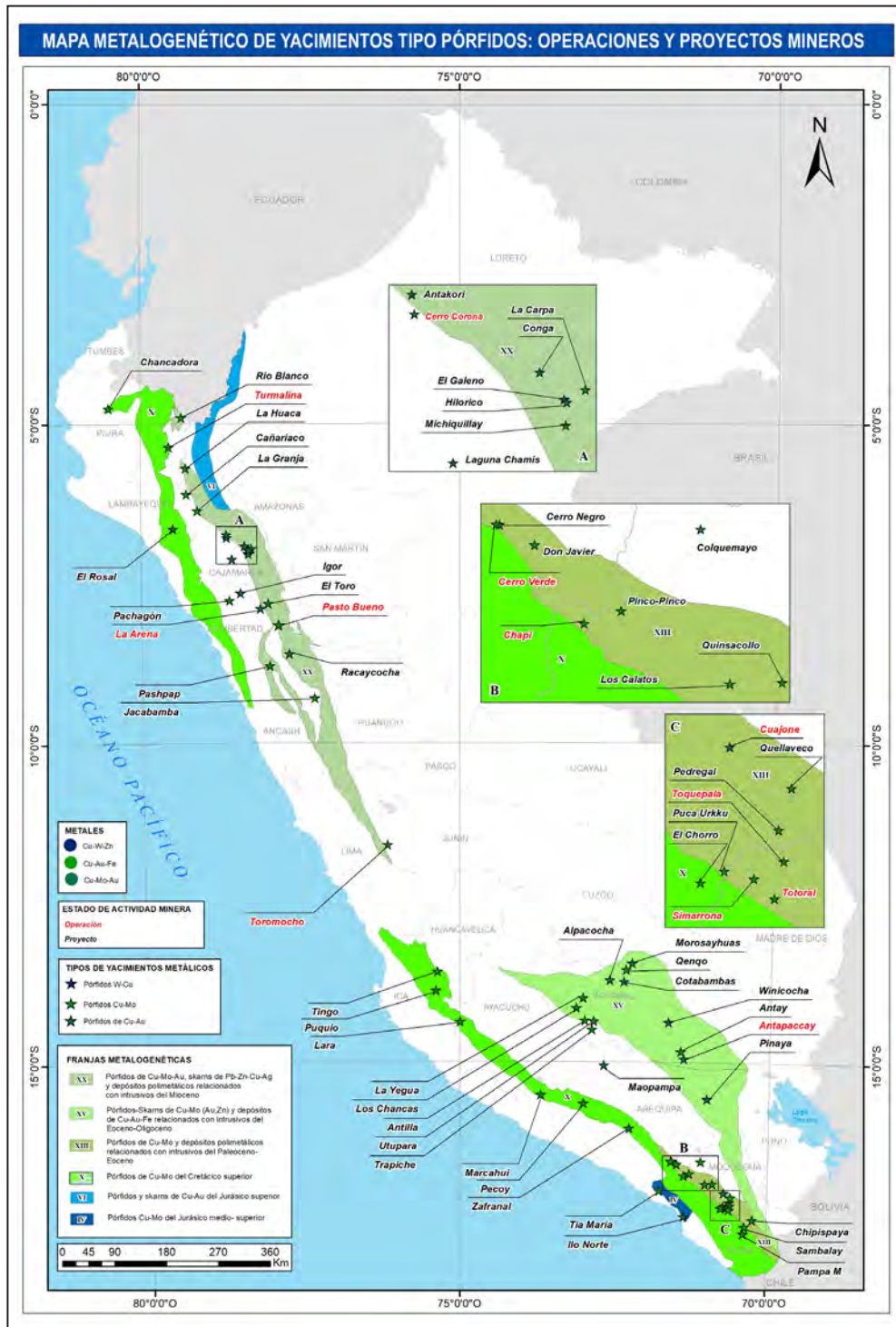


Figura 5.5 Mapa de los pórfidos reconocidos hasta la fecha en el Perú.

De acuerdo con el modelo de sistemas porfídicos de Sillitoe (2010), es común que se observe yacimientos polimetálicos alrededor de los pórfidos de cobre, como las vetas de Yarabamba cerca de Cerro Verde (Arequipa), las vetas de Morococha fuera del pórfido de Toromocho (Junín) o las vetas de Hualgayoc fuera del área del pórfido de Cerro Corona (Cajamarca). Esta organización espacial indica que estas vetas polimetálicas se formaron a menor temperatura que los pórfidos. Se observa a menudo un zoneamiento desde la parte central hacia la parte externa del sistema porfídico, como: calcopirita-molibdenita-pirita, calcopirita-molibdenita, pirita-calcopirita, y galena-esfalerita-pirita (\pm Au \pm Ag) que ya son de alcance "mesotermal".

En los sistemas porfídicos de interés minero, el área de alteración es mucho mayor que el área mineralizada. La alteración hipógena se organiza en forma concéntrica desde la parte axial, ocupada por el corazón del sistema porfídico, hacia su parte exterior –es decir de mayor a menor temperatura–, presentando a grandes rasgos: una alteración potásica (caracterizada por cuarzo-feldespato potásico-biotita), una alteración llamada "filica" donde domina la sericita (con cuarzo y pirita), y una alteración propilítica (generalmente con epidota-calcita-clorita), que están detalladas en casos específicos y publicaciones de síntesis (Sillitoe, 2010; etc.). La alteración propilítica se extiende aproximadamente 1 km hacia la parte externa del borde de la mineralización del sistema porfídico.

Calcopirita, pirita y cuarzo son los minerales más comunes en los yacimientos estrechamente asociados a los cuerpos porfídicos. Las leyes más altas de cobre se encuentran las alteraciones potásica y filica (las leyes son bajas en las alteraciones propilíticas). Las leyes varían de ~0.5 % Cu en El Galeno (norte del país), a ~0.7 % Cu en Toromocho (Perú central), hasta ~1.0 % Cu en Toquepala (extremo sur del Perú). En superficie, los sulfuros se encuentran oxidados, conformando un gossan

limonítico ("sombrero de hierro") cuyo aspecto y color concho de vino combinados con las alteraciones hipógenas visibles y una fracturación de tipo *stockwork* proporcionan indicios superficiales de la existencia de un sistema porfídico en el subsuelo cercano. Esta oxidación desde la superficie produce a poca profundidad un enriquecimiento llamado "supérgeno".

A continuación, se presentan casos relevantes y didácticos, bien documentados en publicaciones recientes, que en parte coinciden con los ilustrados por Tumialán (2003).

Extremo sur del Perú: Arequipa, Moquegua, Tacna

Esta región comprende: 1) pórfidos relativamente pequeños de edad Cretáceo superior o anterior, que quedan todavía sin explotar; 2) pórfidos gigantes con yacimientos de Cu-Mo de clase mundial; y 3) algunos pórfidos relativamente pequeños emplazados alrededor del límite Oligoceno-Mioceno (figuras 5.6 y 5.7). Por su importancia económica, se presenta a continuación los casos más estudiados de Cerro Verde y Santa Rosa (Arequipa), Cuajone y Quellaveco (Moquegua), y Toquepala (Tacna), los cuales pertenecen al segundo grupo, así como el novedoso e interesante caso de Chipispaya, que representa el tercer grupo.

Cabe resaltar que los datos actualmente disponibles indican que todos los grandes pórfidos de cobre repartidos entre los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna (segundo grupo; figuras. 5.6 y 5.7) se emplazaron estrictamente entre ~60 y ~53 Ma (Sillitoe & Mortensen, 2010; Simmons, 2013; Martínez et al., 2017).

En el área de Cuajone, Quellaveco y Toquepala, el enriquecimiento supérgeno se inició a fines del Oligoceno y ha continuado desde entonces. Las edades más recientes obtenidas sobre minerales potásicos de alteración supérgena son de 13.1 Ma en Cuajone y 9.5 Ma en Quellaveco.

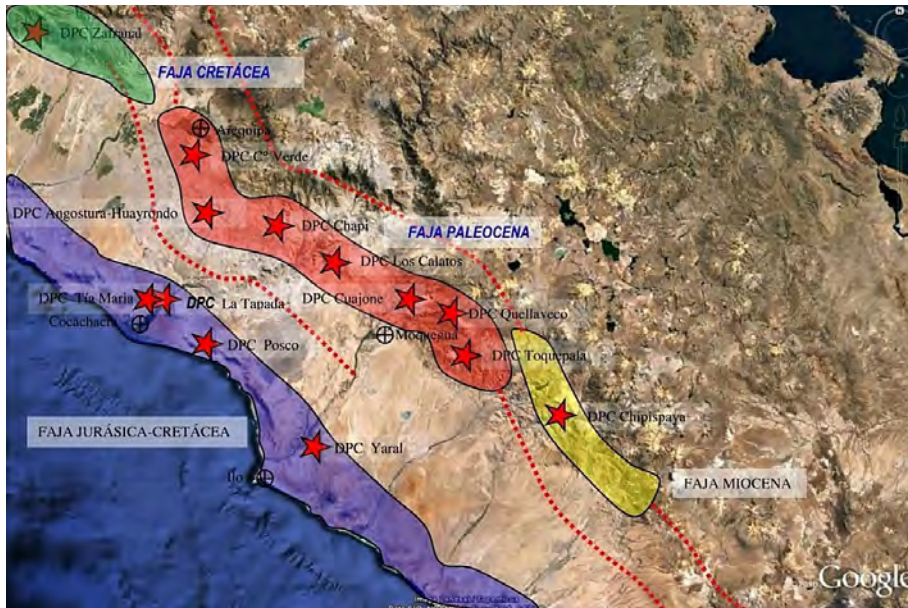


Figura 5.6 Distribución de los sistemas porfíricos de cobre en el extremo sur del Perú
Fuente: Martínez et al. (2017)

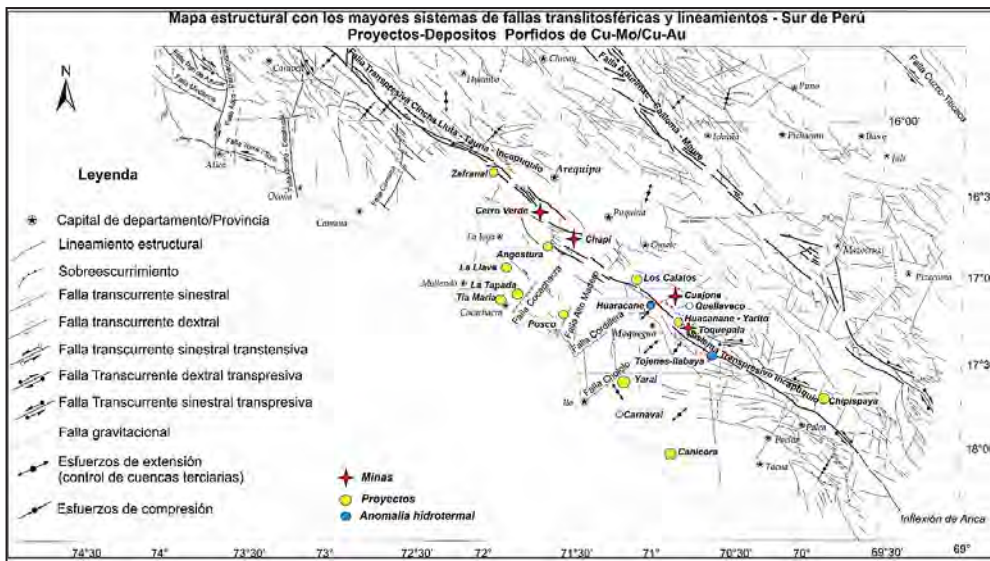


Figura 5.7 Ubicación de los sistemas porfíricos de cobre del extremo sur del Perú en el marco estructural regional
Fuente: Martínez et al. (2017)

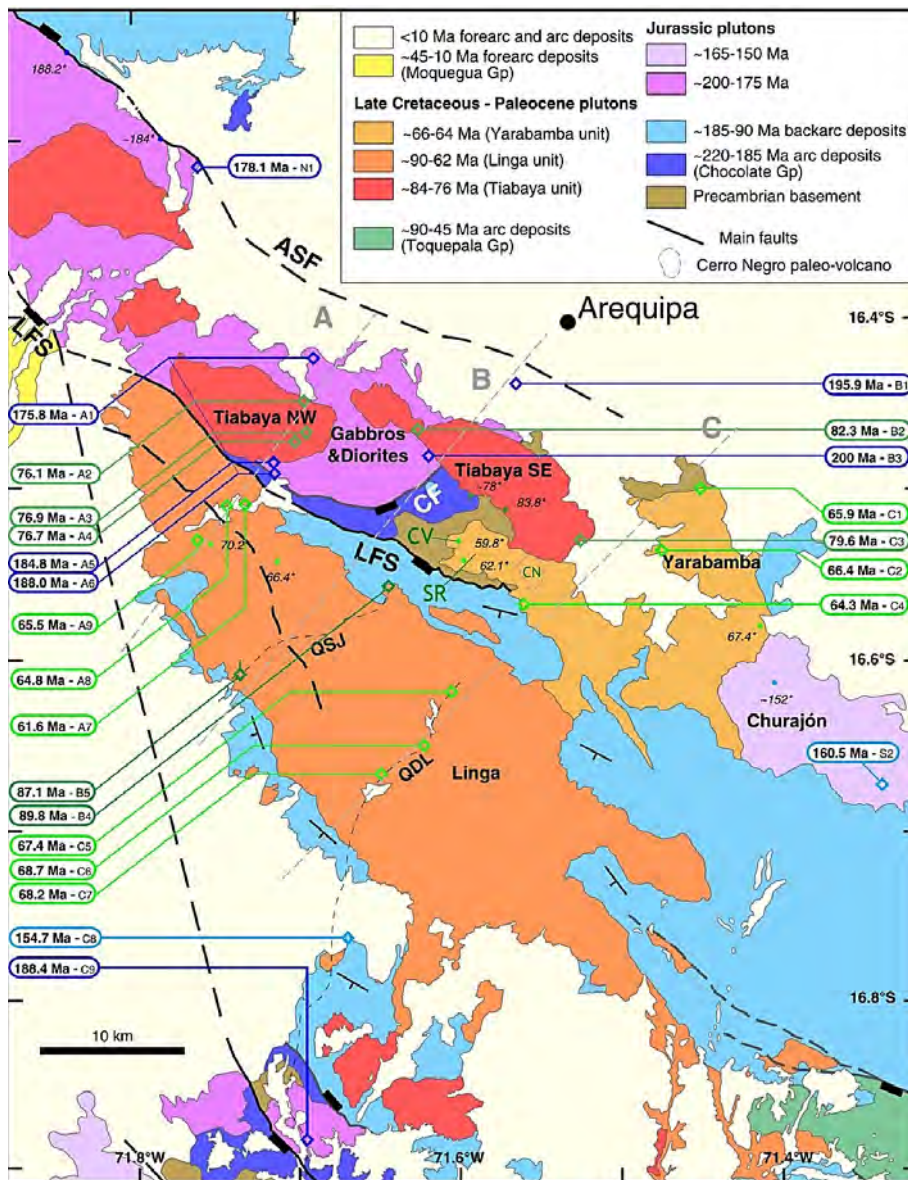


Figura 5.8 Mapa geológico del área de Arequipa y Cerro Verde (Demouy et al., 2012). CN = Cerro Negro, CV = Cerro Verde, SR = Santa Rosa; QDL = Quebrada de Linga, QSJ = Quebrada San José; ASF = Agua Salada Fault; CF = Cenicienta Fault, LFS = Lluclla Fault System

Área de Cerro Verde, Santa Rosa y Cerro Negro

Los pórfidos de Cerro Verde y Santa Rosa se encuentran a 16.3 y 16.5 km, respectivamente, al SSO de la Plaza de Armas de la ciudad de Arequipa. Los fondos de cada tajo abierto definen una línea orientada ONO-ESE, y distan actualmente solo 1.6 km. El contexto geológico regional se puede apreciar en la figura 5.8

(Demouy et al., 2012), y aparentemente ha sido exclusivamente extensional desde por lo menos el Carbonífero (Noury et al., 2017). La figura 5.9 (Núñez et al., 2000) proporciona un corte estructural importante por el hecho que toma en cuenta el estado anterior a la explotación minera. Gran parte de las numerosas edades isotópicas obtenidas en el área están ploteadas en la figura 5.8.

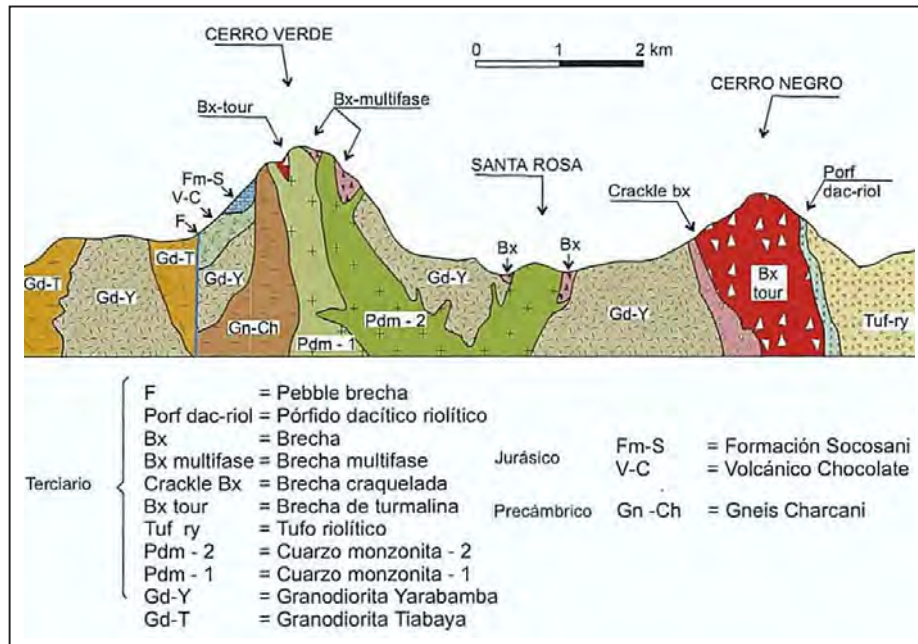


Figura 5.9 Sección geológica según el alineamiento Cerro Verde - Santa Rosa - Cerro Negro

Fuente: Núñez et al. (2000)

Los plutones de la Superunidad Yarabamba (~61-73 Ma) intruyen a otras rocas plutónicas que pertenecen a la Superunidad Tiabaya (~76-84 Ma), a la sucesión sedimentaria jurásica (formaciones Socosani y Puente), a la subyacente Formación Chocolate (rocas volcánicas y volcanoclásticas datadas del Noriano al Pliensbachiano inferior, es decir ~185-215 Ma), la relacionada superunidad de Gabros y Dioritas (~175-200 Ma; Demouy et al., 2012), y al basamento metamórfico regionalmente datado en ~1.0-1.1 Ga.

El pórfido dacítico de Cerro Verde arrojó dos edades U-Pb en zircones de 59.8 ± 0.6 y 60.5 ± 0.6 Ma (Mukasa, 1986). La edad de la actividad hidrotermal es indicada por edades obtenidas en sericita por el método $40\text{Ar}-39\text{Ar}$: 61.8 ± 0.7 y 62.0 ± 1.1 Ma para Cerro Verde, y 62.2 ± 2.9 Ma para Santa Rosa (notar que estas edades discrepan de las edades U-Pb en zircones). Una roca piroclástica de Cerro Negro fue datada por el mismo método en 57.0 ± 1.5 Ma (Bidgood, 1999).

Los pórfidos del área tienen composiciones de granodiorita (dacita) a monzonita y se emplazaron intruyendo la granodiorita Yarabamba (el pórfido de Cerro Verde se emplazó en la zona de contacto de ésta con rocas metamórficas del basamento). Los fluidos asociados fueron responsables de la alteración y posterior mineralización en Cu y Mo de los yacimientos. Se observan brechas con turmalina y dumortierita (reflejando la riqueza de fluidos en boro) en Cerro Verde y Cerro Negro y *pebble breccias*. En Santa Rosa, una brecha muy mineralizada consiste en

fragmentos angulosos, que muestran calcopirita diseminada en una roca intensamente alterada (donde la sericita domina sobre el cuarzo), en una matriz dominada por calcopirita masiva y en menor proporción pirita, magnetita y ferberita (Quang et al., 2003). Diques andesíticos y pegmatíticos cortan los yacimientos (Martínez et al., 2017).

La geometría reconstruida para cada uno de los pórfidos de Cerro Verde y Santa Rosa sugiere que en profundidad ellos se unen. La alteración hipógena entre los dos pórfidos es amplia.

El yacimiento muestra en planta una forma elíptica, siendo sus dimensiones horizontales 1.20 km por 0.85 km. Existe una distribución vertical por zonas:

1. Zona lixiviada, con limonita, jarosita, goethita, hematita.
2. Zona de óxidos y mixtos, con brochantita, neotosita, malaquita, tenorita, antlerita, crisocola, calcantita y cuprita.
3. Zona de enriquecimiento secundario, con calcosina, covelita, digenita, bornita.
4. Zona de sulfuros primarios, con pirita, calcopirita, molibdenita, magnetita, galena, esfalerita, pirrotita, tetraedrita, cobre nativo, oro libre, plata, anhidrita.

La calcopirita es el principal mineral de mena como sulfuro primario. La mena principal del yacimiento es una asociación de calcopirita y pirita.

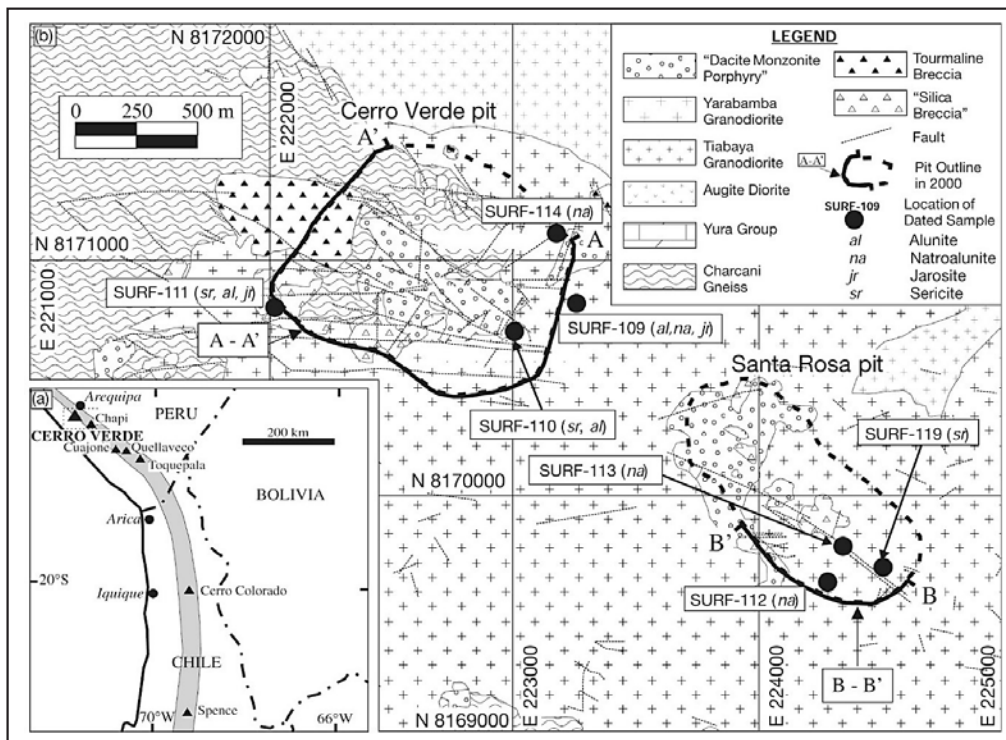


Figura 5.10 Mapa geológico de Cerro Verde y Santa Rosa.

Fuente: Quang et al. (2003)

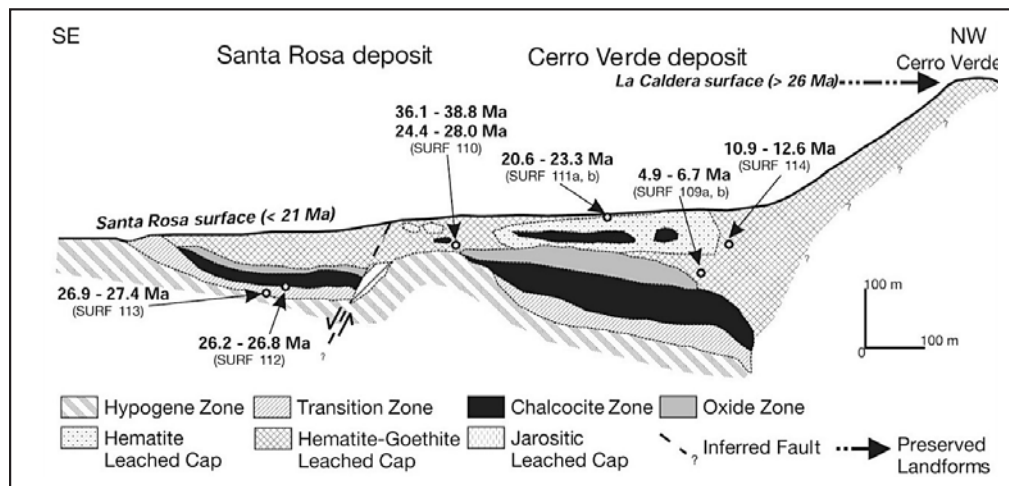


Figura 5.11 Sección geológica de Cerro Verde y Santa Rosa evidenciando la distribución de distintas zonas de alteración y mineralización.

Fuente: Quang et al. (2003)

La mineralización de cobre se presenta por 40 % en la granodiorita Yarabamba, por 29 % en las rocas metamórficas, por 21 % en los pórfidos monzoníticos-tonalíticos, y por 10 % en las brechas de cuarzo y turmalina.

El área de alteración hidrotermal abarca una extensión de alrededor de 5 por 1.5 km. La alteración potásica se preserva en

la profundidad, pero también persiste a niveles someros en Cerro Verde. Esta alteración está representada por dos subfacies: 1) feldespato potásico con poca biotita y poca magnetita, en la granodiorita Yarabamba y en el pórfido dacítico; 2) una asociación biotita-magnetita se observa en las andesitas de la Formación Chocolate. La alteración filica bordea las zonas potásicas y se caracteriza por cuarzo, sericita, y pirita.

Los procesos supérgenos alcanzan profundidades de hasta 300 m entre el cuerpo principal y la brecha de turmalina, con un promedio de 70 m. El perfil supérgeno es más delgado en Santa Rosa. La capa con calcosina en Cerro Verde y Santa Rosa subyace a una subzona de brochantita, que corresponde a la zona de óxidos, en la cual se tiene ocurrencias menores de crisocola en forma de vetillas cortando el stockwork con brochantita. Calcedonia, ankerita y malaquita son constituyentes menores. El alto grado de óxidos de Cu ocurre en la matriz de las brechas hidrotermales. Las menas con brochantita subyacen a una subzona donde predominan óxidos de Cu-Fe-Mn. La distribución de las menas de óxidos está asociada espacialmente con zonas con calcosina y caolinita, o zonas de hematita. Hematita, goethita, y algo de jarosita son abundantes en la zona de brecha. La jarosita es localmente abundante en los márgenes de la pirita.

Las alteraciones tienen un núcleo de mayor temperatura representado por la alteración potásica, con ensambles de ortosa-biotita-anhidrita o biotita-ortosa-anhidrita. Ahí las leyes de cobre "primario" superiores a 0.6 % representan 80 % de su área total.

La alteración fílica es de mayor amplitud en la granodiorita y rocas metamórficas. Se presenta en menor proporción en el pórfido monzonítico-tonalítico, con un ensamble de sericita a

cuarzo-sericita-pirita. Las leyes de cobre "primario" superiores a 0.6 % representan 20 % de su área total.

La alteración argílica ocurre en pequeñas áreas de la granodiorita, caracterizándose por el ensamble cuarzo-caolinita.

La alteración propilitica, que representa temperaturas menores, se observa en la periferia del sistema, con el ensamble clorita-epidota/calcita. Se observa silicificación cerca a los contactos de brechas con la granodiorita y en el contacto del pórfido con las rocas metamórficas.

El conjunto Cerro Verde - Santa Rosa representa 3571 Mt @ 0.40 % Cu y 0.01 % Mo (Singer et al., 2008), representando 15.0 Mt Cu y 0.36 Mt Mo.

Cuajone

El yacimiento de Cu-Mo(-Au) de Cuajone se ubica en el departamento de Moquegua, entre las alturas de 3150 y 3500 m s. n. m., a unos 110 km hacia el ESE de Cerro Verde (figuras 5.6 y 5.7). Su geología ha sido reportada por Tosdal et al. (1981), Satchwell (1983), Clark et al. (1990), Concha y Valle (1999), y Martínez et al. (2017), entre otros autores (figura 5.12). En particular, una reconstrucción detallada de la evolución de las intrusiones, alteraciones y mineralizaciones presentes en Cuajone ha sido propuesta por Concha y Valle (1999).

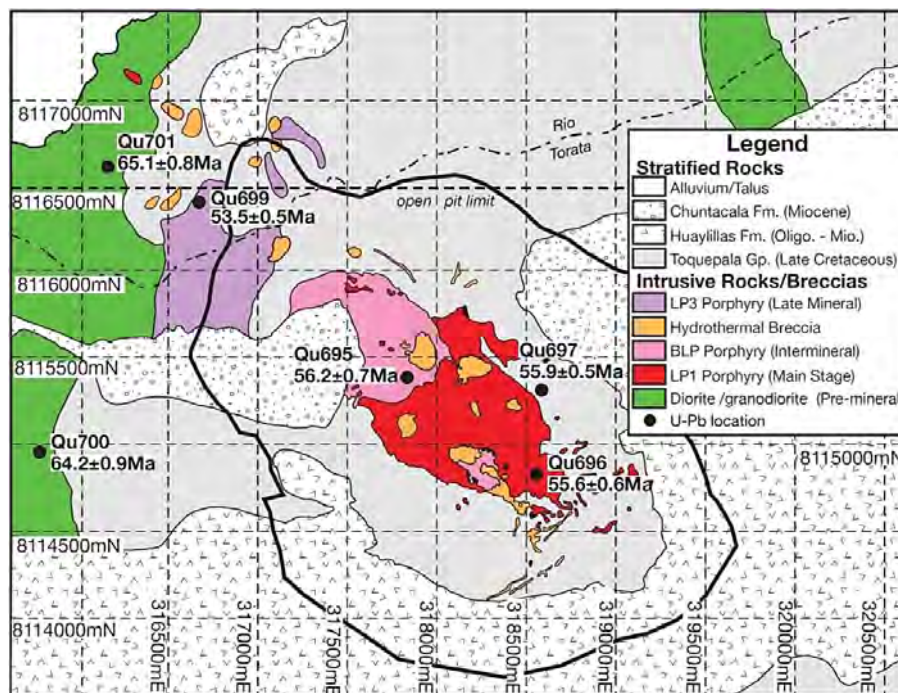


Figura 5.12 Geología de la mina Cuajone

Fuente: Sintetizada por Martínez et al. (2017)

El pórfido de Cuajone intruye la espesa sucesión de rocas volcánicas y volcanoclásticas que conforma el Grupo Toquepala (Cretáceo superior-Paleoceno). El pórfido parece estar ubicado en un corredor estructural de orientación NO-SE, definido por la falla Quellaveco/Botiflaca orientada N125E y la Falla Viña Blanca orientada N130E (figura 5.15). El emplazamiento del pórfido parece haber sido controlado por la Falla Principal orientada NE-SO (N050E).

Se han reconstruido tres pulsos magmáticos que emplazaron cada uno una latita porfírica:

- 1) La primera latita porfírica (LP1) se ubica en el sector SE y fue responsable de la mineralización de Cu-Mo; se encuentra bastante alterada.
- 2) La segunda latita porfírica (BLP = LP2) se reparte entre 2 *stocks*; sus leyes de Cu no son de un nivel económico.
- 3) La tercera latita porfírica (LP3) se ubica en el sector NO, en el valle del río Torata; presenta una alteración débil y no muestra mineralización.

Las edades U-Pb en zircones obtenidas en Cuajone (Simmons, 2013; Simmons et al., 2013) se distribuyen de la siguiente manera (orden cronológico aparente, decreciente):

Granodiorita regional:	65.1 ± 0.8 Ma
"Diorite premineral":	64.2 ± 0.9 Ma
Pórfido BLP (= LP2):	56.2 ± 0.7 Ma
"Andesita intrusiva":	55.9 ± 0.5 Ma
Pórfido LP1:	55.6 ± 0.6 Ma
Pórfido LP3:	53.5 ± 0.5 Ma

Cabe notar que los cuerpos denominados "pórfido BLP (= LP2)", "andesita intrusiva", y "pórfido LP1" tienen edades U-Pb cuyos márgenes de incertidumbre se solapan, compartiendo el intervalo común 56.2-55.5 Ma. Este hecho significa que sus respectivos emplazamientos se produjeron en un intervalo de tiempo bastante corto. Por lo tanto, el orden cronológico listado arriba puede ser solo aparente y se tiene que considerar en particular las relaciones geológicas observables directamente.

La intrusión de la latita LP1 se acompañó de alteraciones potásica, filica, y propilitica, así como de la mineralización del yacimiento. Esta mineralización se encuentra en el cuerpo de LP1, que es elongado según la dirección NO-SE, con aproximadamente 2.5 km de largo por 0.7 km de ancho. Este cuerpo está bastante alterado en su sector SE, pero la alteración decrece hacia el NO. La ley de cobre varía de ~1.0 a ~0.6 % Cu. La ley promedio de molibdeno es de 0.033 % MoS₂ (molibdenita).

Las alteraciones hidrotermales se extienden alrededor del eje del sistema porfídico sobre un radio de ~4 km. La alteración potásica se caracteriza por biotita, magnetita, feldespato potásico, cuarzo en venillas de tipo A y ocasionalmente anhidrita. La mineralización de la zona primaria se caracteriza por calcopirita, bornita, esfalerita, galena, enargita, y pirita. La alteración potásica grada lateralmente a alteración propilitica, la cual se caracteriza por clorita, epidota, calcita, y pirita. La zona potásica subyace a una alteración hidrotermal de sericita y cuarzo que afecta fuertemente la latita LP1 (Satchwell, 1983; Concha & Valle, 1999).

La alteración supérgena incluye el recubrimiento lixiviado y las zonas de óxidos y sulfuros enriquecidos; los cuales corresponden a la zona de alteración argílica, caracterizada por caolinita, montmorillonita, illita, dickita. La zona lixiviada, desde pocos metros de profundidad hasta unos 120 m, se caracterizaba por hematita, goethita, y en menor grado jarosita y óxidos de Mn. La zona de óxidos, ya explotada, tenía 15 m de espesor y consistía en crisocola, malaquita, calcantita, brochantita, cuprita, Cu nativo, y tenorita en rellenos de fracturas (Concha & Valle, 1999). La zona de enriquecimiento secundario, también ya explotada, era espesa de 20-80 m y contenía calcosina, digenita y covelita. Debajo de esta capa se encontraba otra zona mixta caracterizada por el reemplazo parcial de sulfuros primarios por calcosina.

La intrusión de la latita LP2 (BLP) produjo brechas que lo rodean, con leyes de cobre entre 0.1 y 0.4 % Cu, y formó también diques. Se reconocieron tres tipos de brecha (Satchwell, 1983; Concha & Valle, 1999):

- Un primer tipo corresponde a brechas tabulares, controladas por las fallas Quellaveco y Viña Blanca, en el centro y SE del yacimiento. Se observan fragmentos de andesita y latita (ocasionalmente mineralizados).
- Un segundo tipo de brecha ocurre en estructuras orientadas NE-SO (como la Falla Principal).
- Un tercer tipo de brecha, de forma irregular, presenta abundante mineralización de sulfuros, con fragmentos angulosos en una matriz de latita.

Según Southern Copper Corporation (2021), sus reservas son 1619 Mt @ 0.49% Cu, 0.02% Mo. De acuerdo a la cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto de ampliación Cuajone, se encuentra en etapa conceptual y su puesta en marcha estaría por definir, con una inversión CAPEX de US\$ 850 millones.

Quellaveco

El sistema porfídico de Cu-Mo de Quellaveco está ubicado en el departamento de Moquegua, unos 11 km al SE de Cuajone

(figuras 5.13 y 5.14). Su geología ha sido reportada por Candiotti (1995), Simmons (2013), y Simmons et al. (2013), entre otros autores (figura 5.13).

El sistema porfídico de Quellaveco también intruye la espesa sucesión de rocas volcánicas y volcanoclásticas que conforma el Grupo Toquepala (Cretáceo superior–Paleoceno), la cual incluye en esta área la riolita Quellaveco, las andesitas Samanapé, y la riolita Asana. Se ha emplazado en la intersección de la Falla Quellaveco, orientada NO-SE, con estructuras de dirección NE-SO (figura 5.15; existen diques dacíticos con esta dirección).

Una muestra de riolita porfírica del Grupo Toquepala arrojó una edad de 71.1 ± 0.5 Ma. Este grupo se encuentra intruido por

una granodiorita considerada como regional, que proporcionó dos edades (U-Pb en zircones) muy similares: 60.0 ± 0.9 y 59.7 ± 0.7 Ma (Simmons, 2013).

Los varios componentes del sistema porfídico que intruye estas rocas anteriores han sido datados entre 58.4 ± 0.5 y 53.7 ± 0.9 Ma (U-Pb en zircones; ver lista más abajo), sugiriendo que estuvo activo durante 4.5 ± 1.7 Ma (4.07 ± 0.82 Ma, según Sillitoe & Mortensen, 2010). Tres muestras de “monzonita intermineral” arrojaron las siguientes edades: 57.2 ± 0.9 , 56.4 ± 0.7 , y 56.4 ± 0.6 Ma, definiendo el intervalo de solapamiento 57.0–56.3 Ma, el cual indica la época más probable de mineralización en Quellaveco.

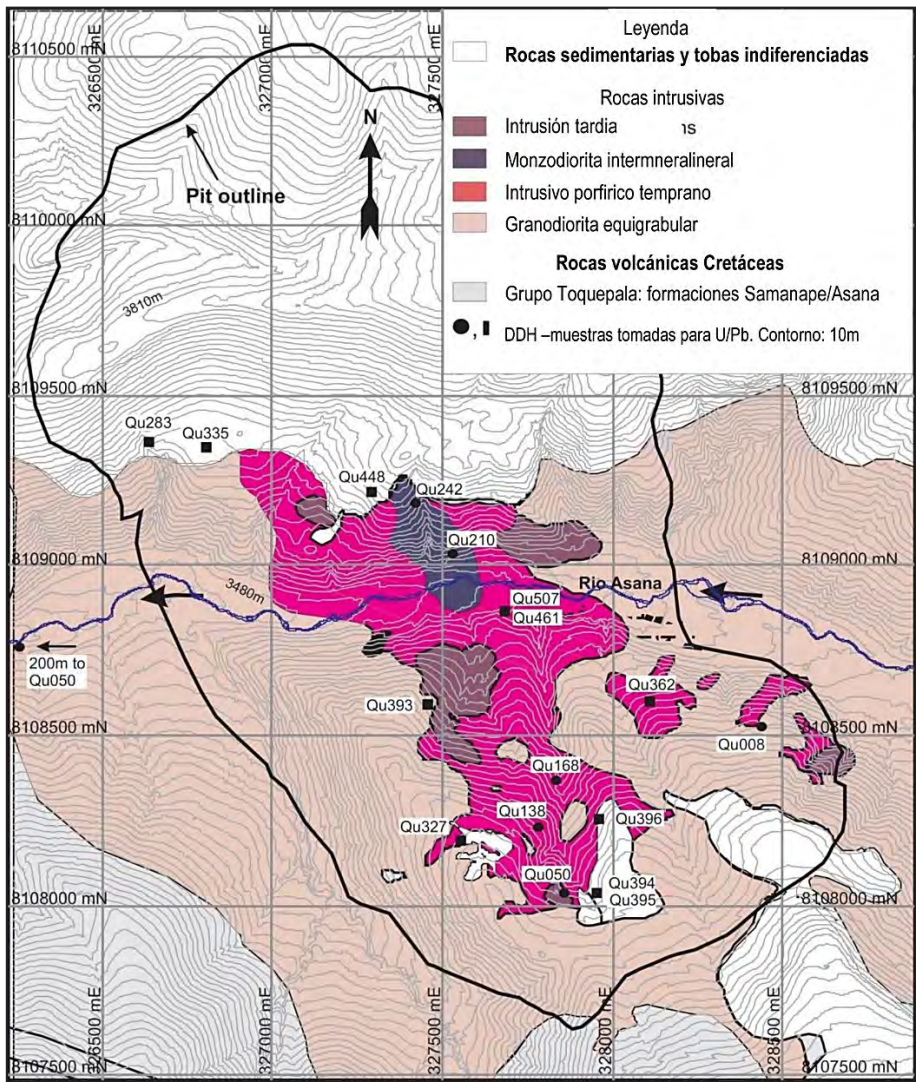


Figura 5.13 Geología de la zona de Quellaveco

Fuente: Sintetizada por Martínez et al. (2017)

El cuerpo mineralizado tiene una forma elíptica en planta, con un eje mayor orientado NO-SE. Usando un cut-off de 0.3 % Cu, sus dimensiones son de 1.8 km por 0.9 km.

La mena consiste en calcopirita, molibdenita, y poca pirita. La ley es de 0.94 % Cu y 0.014 % Mo (Martínez et al., 2017).

Las edades U-Pb en zircones obtenidas en Quellaveco (Sillitoe & Mortensen, 2010 [distinguidas en esta lista por *]; Simmons, 2013; Simmons et al., 2013) se distribuyen de la siguiente manera (orden cronológico aparente, decreciente):

“Riolita porfírica”:	71.1 ± 0.5 Ma
Granodiorita regional:	60.0 ± 0.9 Ma
Granodiorita regional:	59.7 ± 0.7 Ma
Granodiorita regional:	59.49 ± 0.24 Ma *
“Pórfido temprano”:	58.41 ± 0.53 Ma *
“Monzonita más temprana (<i>earliest</i>)”:	58.2 ± 0.8 Ma
“Monzonita más temprana (<i>earliest</i>)”:	57.8 ± 0.8 Ma
“Pórfido temprano”:	57.5 ± 1.0 Ma
Dique de dacita:	57.4 ± 0.9 Ma
“Monzonita intermineral”:	57.2 ± 0.9 Ma
“Pórfido monzodiorítico”:	57.2 ± 0.7 Ma
“Monzonita intermineral temprana”:	56.4 ± 0.7 Ma
“Monzonita intermineral”:	56.4 ± 0.6 Ma
“Pórfido monzodiorítico”:	56.2 ± 1.0 Ma
“Monzonita temprana (<i>early</i>)”:	56.1 ± 0.5 Ma
“Pórfido postmineral”:	56.0 ± 0.8 Ma
“Pórfido intermineral”:	55.90 ± 0.31 Ma *
“Pórfido temprano”:	55.4 ± 1.3 Ma
Dique de dacita:	55.1 ± 0.6 Ma
“Pórfido post-mineral”:	54.7 ± 0.8 Ma
“Pórfido tardimineral”:	54.34 ± 0.63 Ma *
“Monzonita tardía”:	53.7 ± 0.9 Ma

Se han reconocido las siguientes zonas de alteración hidrotermal, cuyas extensiones son paralelas a la forma elíptica del área mineralizada:

La alteración potásica se localiza en la parte central. Presenta feldespatos potásicos peritítico, biotita secundaria y menor porcentaje de anhidrita; la plagioclasa se encuentra reemplazada por ortosa y un poco de muscovita y/o biotita. El feldespatos potásico ocurre en vetillas de cuarzo de tipo A, con calcopirita, bornita, pirita y molibdenita asociadas, con magnetita en menor porcentaje. Existen también localmente esfalerita, galena, cubanita, mackinawita, pirrotita, marcasita, y tetraedrita. En esta zona ocurren las leyes más altas de cobre y molibdeno, que se encuentran correlacionadas positivamente. La mineralización diseminada predomina sobre la mineralización de relleno de vetillas en el stockwork. La mineralización más intensa corresponde a las zonas más fracturadas.

La alteración fílica se sobrepuso a la alteración potásica y consiste en sericita, cuarzo y pirita. Se presenta en forma penetrante o en vetillas de cuarzo. Se caracteriza por plagioclasas y ortosas parcialmente reemplazadas por sericita. Existe una zona pequeña de alteración sericítica intensa (sericita-cuarzo), y otra de alteración sericítica moderada a débil, de mayor desarrollo superficial.

La alteración propilítica consiste en clorita, calcita, epidota y pirita. Se caracteriza por la cloritización de la biotita, y la alteración de la plagioclasa a calcita, epidota, y sericita. Esta zona envuelve a la de alteración sericítica moderada a débil. No se conoce su límite externo por la cubierta de rocas posteriores.

Los procesos supérgenos (figura 5.14) han alcanzado profundidades de hasta 300 m. El recubrimiento lixiviado tiene una profundidad de 80 m y mineralógicamente consiste en caolinita, sericita, hematita, goethita y jarosita, con menor porcentaje de crisocola, malaquita, turquesa, copper pitch, y brochantita.

La zona de enriquecimiento secundario forma una capa subhorizontal, de aproximadamente 10 a ~100 m de espesor, paralela a la superficie, y mineralógicamente consiste en calcosina, covelita, digenita, y bornita. Esta zona de sulfuros secundarios encierra más del 50 % de la reserva mineral de Quellaveco, con leyes de hasta 1.5 % Cu.

Según el reporte anual de Anglo American PLC (2021), señala que se tienen recursos medidos e indicados 888 Mt @ 0.53 % Cu; reservas probadas y probables 680.4 Mt @ 0.39% Cu.

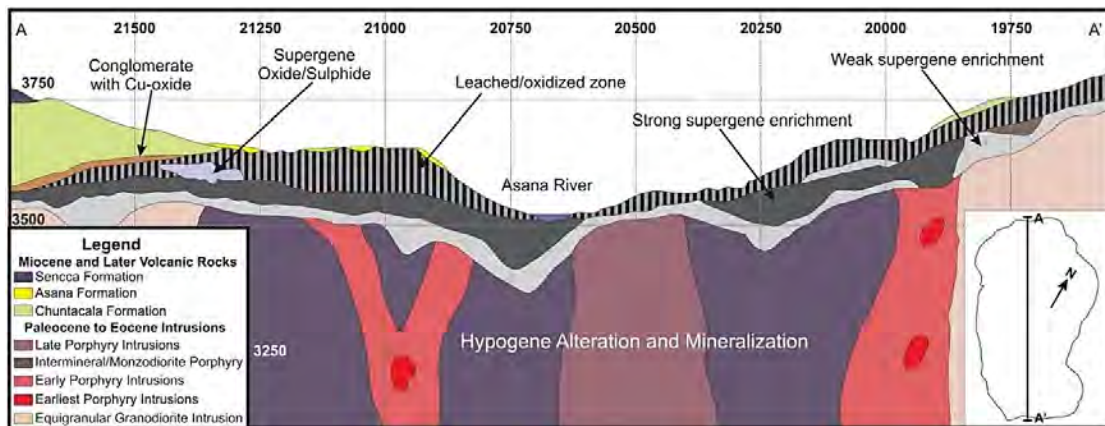


Figura 5.14 Sección a través de la zona planeada para abrir el tajo abierto en Quellaveco. La topografía está a escala; la red ilustrada indica metros.

Fuente: Simmons (2013)

Toquepala

El yacimiento de Toquepala se ubica entre 3100 y 3600 m s. n. m. de altura, en el departamento de Tacna. El tajo abierto de Toquepala se encuentra 16.4 km al sur de Quellaveco y 25 km al SSE del tajo abierto de Cuajone. Su geología ha sido descrita por Mattos y Valle (1999), y Martínez et al. (2017), entre otros autores (figura 5.16).

El sistema porfídico de Toquepala también se encuentra emplazado en el Grupo Toquepala, la espesa sucesión volcánica y volcano-detritica de edad Cretáceo medio- Paleoceno. Está ubicado unos 7 km al NNE del Sistema de Fallas Incapuquio (SFI), y se considera que la intrusión se produjo en la intersección de dos estructuras posiblemente asociadas al SFI: la Falla Micalaco, orientada NO-SE, y el lineamiento Sargento, orientado N-S (figura 5.15). La mineralización de sulfuros primarios parece distribuirse preferencialmente a lo largo del lineamiento Sargento. Es probable que esta intersección de estructuras debilitó el basamento y facilitó el tránsito de fluidos magmato-hidrotermales, que originaron el yacimiento.

Martínez et al. (2017) consideran que el yacimiento de Toquepala permite observar un sistema porfídico completo: plutón precursor, plutón parental, stock de pórfido y rocas volcánicas comagmáticas. El plutón precursor, el cual intruyó la sucesión conformada por el Grupo Toquepala, pertenece a la Superunidad Yarabamba y tiene composición de diorita y granodiorita (SiO_2 entre 62 % y 67 %), calco-alcalina con contenido medio de K. El plutón parental corresponde a una monzonita, también de la Superunidad Yarabamba (alrededor de 59 Ma). Los stocks porfídicos tienen una composición dacítica/granodiorítica. Las rocas volcánicas comagmáticas estarían representadas por flujos de lava e ignimbritas: las lavas tienen una composición

andesítica (57 % SiO_2), calco-alcalina, alto contenido de K; las ignimbritas son de composición riolítica.

Según Mattos y Valle (1999), se formaron chimeneas con cuarzo y turmalina, y un sistema de stockwork por el cual migraron fluidos, que depositaron algo de calcopirita y pirita. Se produjo a continuación la intrusión de un pórfido dacítico que provocó un brechamiento central de la diorita; flujos mineralizantes depositaron entonces calcopirita, molibdenita, y un poco de anhidrita. Luego se produjo un brechamiento de colapso por subsidencia, que afectó a las rocas referidas, acompañándose de una segunda fase de depositación de calcopirita y molibdenita. Posteriormente, se formó un diatrama de explosión en el borde de la brecha de colapso, que fue luego intruido por una dacita aglomerádica, columnas de pebble breccia, y por un pórfido latítico. Posteriormente, en el Neógeno, se produjo el levantamiento regional, generando erosión y la formación de la zona de oxidación y enriquecimiento secundario.

Las edades U-Pb en zircones obtenidas en Toquepala (Simmons, 2013; Simmons et al., 2013) se distribuyen de la siguiente manera (orden cronológico aparente, decreciente):

Diorita regional:	61.4 ± 0.8 Ma
Pórfido dacítico:	56.8 ± 0.6 Ma
Aglomerado dacítico:	56.2 ± 0.6 Ma
Pórfido latítico:	54.3 ± 0.6 Ma

Estas edades U-Pb indican que, en conjunto, el sistema porfídico estuvo activo por lo menos entre 56.8 ± 0.6 y 54.3 ± 0.6 Ma, es decir durante un intervalo de tiempo $\geq 2.5 \pm 1.2$ Myr. Edades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sobre biotitas ígneas y sericita hidrotermal sugieren que el sistema porfídico de cobre se formó entre 55.9 y 55.0 Ma (Zweng & Clark, 1995), con una etapa hidrotermal tardía, con pirita, tan reciente como ~52 Ma (Simmons, 2013).

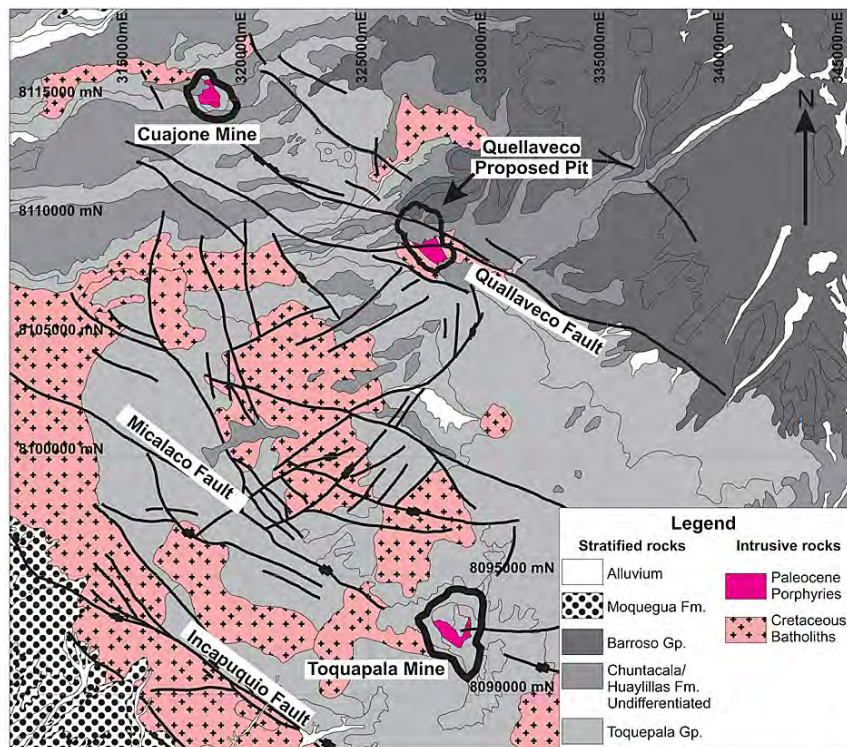


Figura 5.15 Principales componentes geológicos en el área de los yacimientos de Toquepala, Quellaveco y Cuajone.

Fuente: Simmons (2013)

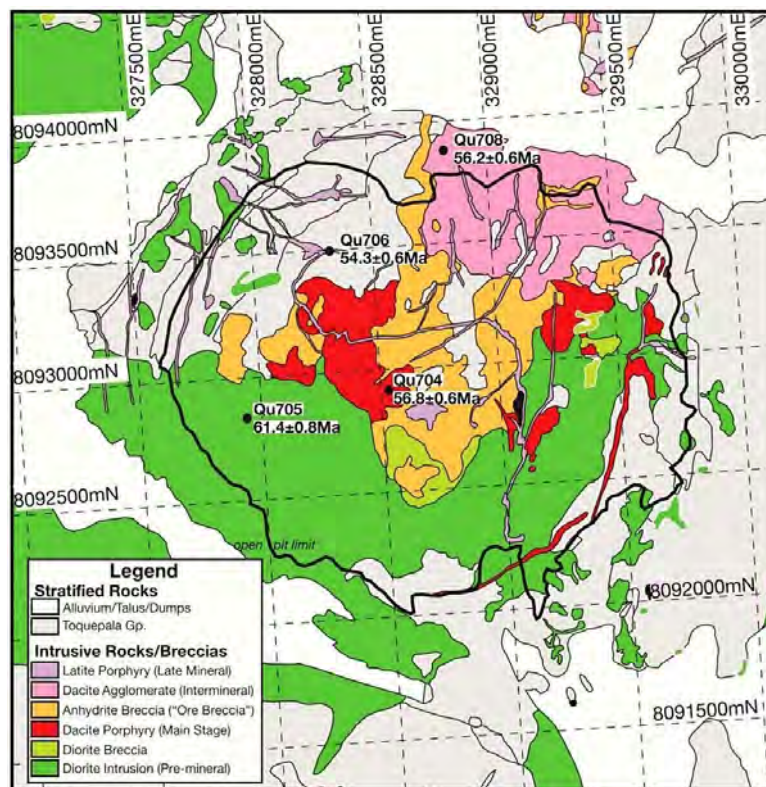


Figura 5.16 Geología de la mina Toquepala

Fuente: Sintetizada por Martínez et al. (2017)

Los fluidos hidrotermales generaron en el *stockwork* una alteración hipógena de forma concéntrica: la parte central, de mayor temperatura, se caracteriza por una alteración potásica con biotita y ortosa (y anhidrita-magnetita); la rodea una alteración filica con cuarzo y sericita; alrededor de ella se encuentra la alteración propilítica con epidota-clorita y calcita.

Se han reconocido cuatro etapas de alteración hidrotermal y mineralización:

1) La etapa temprana, asociada al pórfido dacítico, se observa en clastos del complejo de brechas hidrotermales. Se reconocen varias generaciones de vetillas de cuarzo, feldespato potásico, albita, biotita, anhidrita y bornita con halos de alteración; son vetillas sinuosas e irregulares de 1 a 8 mm, del tipo A. Hacia los márgenes se observa una alteración propilítica poco desarrollada, con clorita.

2) La etapa de turmalina está relacionada con procesos de formación de brechas del depósito. No se observa mineralización de sulfuros asociada a esta etapa. Se reconocen dos tipos de alteración: la primera en clastos con reemplazo casi total de sericita y cuarzo, y la segunda con alteración de la matriz por turmalina y cuarzo.

3) La etapa principal corresponde a la mineralización de Cu y Mo. Se observan vetillas de cuarzo con molibdenita-calcopirita, brechas con molibdenita, y en menor porcentaje vetillas de magnetita. La pirita es muy rara y ocurre en vetillas de tipo B. Las brechas con molibdenita y vetillas de cuarzo-calcopirita y molibdenita contienen la mayor parte del molibdeno explotado en Toquepala. El molibdeno aumenta con la profundidad mientras las vetillas de calcopirita-pirita disminuyen.

4) La etapa tardía corresponde a una alteración hidrolítica del yacimiento, durante la cual se forman vetillas y vetas de cuarzo-sericita y pirita con halos de sericita y menores porcentajes de anhidrita. También existen vetillas de cuarzo-sericita-andalusita-pirita con halos de sericita. Localmente existe una alteración penetrante que afecta al pórfido.

La mineralogía de Toquepala se reparte de la siguiente manera:

El recubrimiento lixiviado tiene 150 a 170 m de espesor, y se compone de 30 % de jarosita, 60 % de hematita y 10% de goethita diseminadas y en fracturas.

La zona de óxidos prácticamente no existe.

La zona de enriquecimiento secundario, espesa de hasta 170 m, infrayace entonces al recubrimiento lixiviado. Los sulfuros secundarios son calcosina (90 %), digenita (10 %) y escasa covelita, que reemplazan parcialmente a los sulfuros primarios.

La zona primaria se caracteriza por calcopirita, pirita, bornita, molibdenita, tetraedrita, enargita, galena, en forma diseminada y rellenando stockworks. La mena principal es de calcopirita y molibdenita.

De acuerdo con Southern Copper Corporation (2021), sus reservas son de 2456,49 Mt @ 0.49 % Cu.

Chipispaya

Se encuentra ubicado en el distrito Héroes Albarracín Chucutamani, provincia Tarata, departamento de Tacna. El pórfido de Chipispaya, con mineralización de tipo Cu-Au, fue descubierto en el año 2005 por Anglo American Perú, usando inicialmente un análisis de anomalías de color en imágenes satelitales. Valdivia et al. (2014) han dado a conocer su geología (figura 5.17), mineralización y geocronología. La datación del pórfido de Chipispaya en torno al límite Paleógeno-Neógeno (Oligoceno-Mioceno) trajo la novedad de que pueden existir en el extremo sur del Perú sistemas porfídicos de una edad más reciente que el Paleógeno superior (época a la cual corresponden los pórfidos ahora clásicos de Toquepala, Quellaveco, Cujajone, y Cerro Verde-Santa Rosa).

El pórfido de Chipispaya intruye al Grupo Toquepala, que en esta comarca consiste principalmente de lavas andesíticas y dacíticas, ignimbritas, laháres, y depósitos volcánico-clásticos. En esta zona, el Grupo Toquepala subyace al Grupo Moquegua más al sur, y directamente a la Formación Huaylillas en la propia área de Chipispaya.

Valdivia et al. (2014) describieron varias unidades magmáticas en el entorno del yacimiento. Una granodiorita es premineral. La diorita I y la diorita II, que solo están presentes en subsuelo, representan intrusivos tempranos, relacionados con la mineralización principal. Existen stocks dacíticos, uno siendo intermineral, y otro tardío.

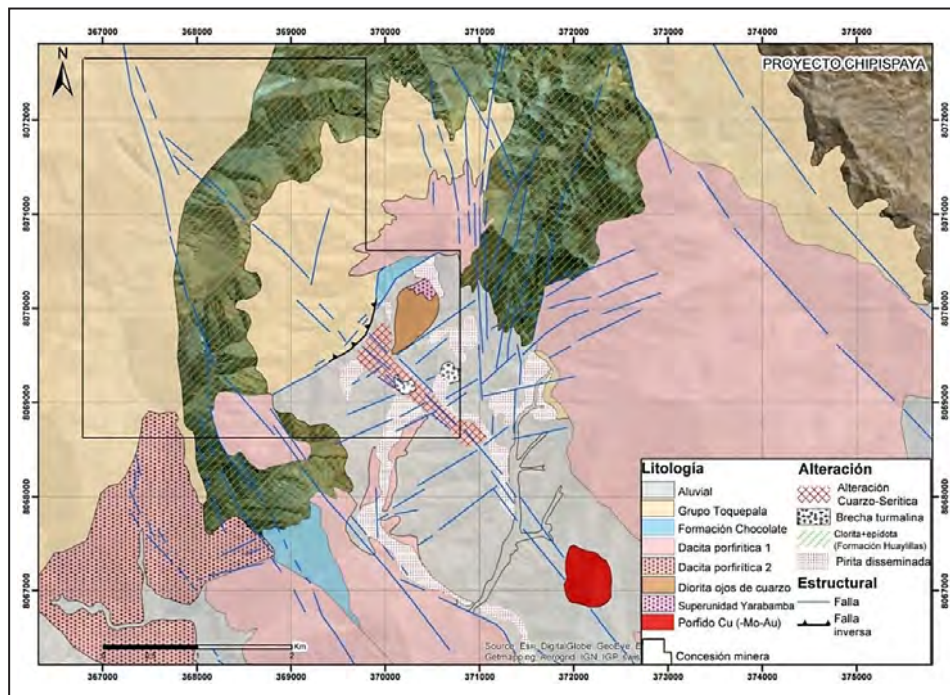


Figura 5.17 Geología del proyecto Chipispaya

Fuente: Martínez et al. (2017), modificado de Valdivia et al. (2014)

Rocas con alteración y mineralización en el sistema porfídico de Chipispaya han arrojado datos geocronológicos en base a tres métodos (Valdivia et al., 2014):

- 24.11 ± 0.10 Ma, por Re-Os en molibdenita;
- 23.0 ± 0.8 Ma, por K-Ar en sericita;
- 22.46 ± 0.07 Ma, por $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ en alunita hipógena.

Estos datos coinciden en indicar que alteración y mineralización se desarrollaron alrededor del límite Paleógeno-Neógeno (Oligoceno-Mioceno), que actualmente está ubicado en 23.03 ± 0.05 Ma. También sugieren que fueron contemporáneas de la época inicial del vulcanismo explosivo Huayllillas en el área.

El pórfido de Chipispaya se ubica unos 5 km al NNE del Sistema de Fallas Incapuquio (SFI; figura 5.15) y parece asociado a una falla secundaria orientada NNO, la cual forma un jog que pudo ser aprovechado para múltiples intrusiones de magma, incluyendo el sistema porfídico considerado. Dentro y fuera del jog se destacan fallas conjugadas de orientación NE y ENE, las cuales generaron una tectónica de bloques, exponiendo diferentes niveles del sistema. En los bloques hundidos, se observan partes preservadas del sistema (como remanentes de lithocap), mientras que los más erosionados muestran rocas intrusivas con alteración potásica.

La anomalía de color inicialmente detectada corresponde a una cobertura lixiviada jarosítica de alrededor de 5 por 3 km,

elongada según la dirección NO-SE, la cual sobreyace a una zona con alteraciones hidrotermales y mineralización.

El yacimiento presenta varios tipos de alteración (Valdivia et al., 2014):

Se observa un hornfels potásico en la diorita premineral, caracterizándose por biotita secundaria disseminada y magnetita.

Una alteración potásica hidrotermal se reconoce en las dos dioritas tempranas I y II, no aflorantes, las cuales presentan biotita secundaria (disseminada y en vetillas) y feldespato potásico (reemplazando a la matriz y en vetillas).

Una alteración de cuarzo-sericita, caracterizada por escasas vetillas "D", afecta a la dacita premineral y está asociada espacialmente a la alteración argílica avanzada. Ambas alteraciones se sobrepone a la alteración potásica de la diorita premineral.

Una alteración argílica avanzada, caracterizada por cuarzo-alunita-pirofilita-sericita-andalucita se reconoce en la base de lithocaps y afecta predominantemente a la ignimbrita dacítica. Se sobrepone localmente a las alteraciones potásica y propilitica.

El hecho que la alteración argílica avanzada se sobrepone a la alteración potásica permite sostener que ocurrió un telescopaje.

Una propilitización afecta principalmente a la dacita y constituye el halo periférico del sistema. Presenta un zoneamiento, con

un halo externo constituido por clorita-epidota, y uno interno de epidota-clorita; ambas zonas presentan piritita disseminada.

Se encontraron dos tipos de brechas de cuarzo-turmalina: una brecha de craquelamiento, y una brecha de descompresión. La mayor parte de los afloramientos de brechas se ubican en los límites SE y el NE del sistema porfídico de Chipispaya. Las brechas de descompresión se ubican al NNE y NE de la zona de base del lithocap. Alrededor de la brecha de craquelamiento se detectó la presencia de sericita y vetillas "D" con típicos halos de sericita.

Se observa que donde hay un incremento de biotita y feldespato potásico también hay un incremento de magnetita hidrotermal (en vetillas y disseminada) y mayores concentraciones de piritita, calcopiritita y Au asociado. Estos intrusivos presentan un marcado stockwork de vetillas de tipo A y D. Algunas vetillas de tipo A se observan en la superficie, donde se presentan en dos franjas relativamente delgadas, de 15-20 m de largo por 8-10 m de ancho, con moderado vetilleo afectando la diorita premineral.

Batolito de Andahuaylas-Yauri, sureste del Perú: Apurímac, Cusco, Puno

La migración hacia el norte del arco principal de subducción entre 53 y 45 Ma hizo que su actividad magmática emplazase

el Batolito de Andahuaylas-Yauri en los departamentos de Apurímac, Cusco, y Puno (sur) durante el intervalo 45-30 Ma (Perelló et al., 2003; Mamani et al., 2010), generando también un vulcanismo asociado y depósitos volcánico-clásticos relacionados. La ubicación de este arco, marcadamente más al norte de su posición anterior, se interpreta como una consecuencia de la disminución del ángulo de subducción entre -53 y -45 Ma (James & Sacks, 1999; Mamani et al., 2010; Noury et al., 2017). Este ángulo volvió a incrementarse a partir de -30 Ma, provocando la retromigración del arco hacia el sur y suroeste (Mamani et al., 2010).

El magmatismo de arco reflejado por el Batolito de Andahuaylas-Yauri emplazó plutones y pórfidos dentro de una sucesión estratigráfica mayormente de edad mesozoica que incluye varias unidades formadas por carbonatos. Al emplazarse, los pórfidos han generado circulaciones de fluidos mineralizados que en muchos casos interactuaron con unidades de carbonatos, generando depósitos de tipo skarn y CRD. Este hecho explica que la gran mayoría de los yacimientos presentes en esta región sean de tipo pórfido-skarn. Además, existen depósitos metálicos en areniscas, cuya permeabilidad permitió también la circulación de los mismos fluidos mineralizantes.

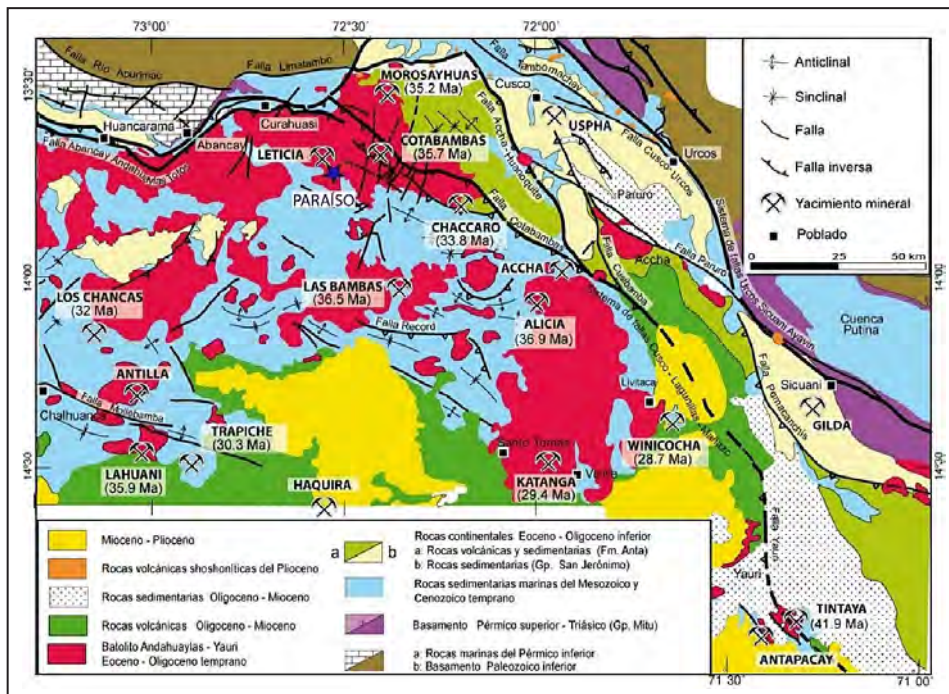


Figura 5.18 Ubicación y edades de los principales yacimientos y proyectos en el Batolito de Andahuaylas-Yauri. El proyecto Paraíso tiene edades (U-Pb en zircones) entre 34.2 ± 0.2 y 33.7 ± 0.4 Ma.

Fuente: Cuéllar (2014)

En el estado actual de los conocimientos, el Batolito de Andahuaylas-Yauri hospeda principalmente varios yacimientos de Cu (Fe-Zn-Pb) \pm Mo \pm Au relacionados con sistemas porfídicos (figura 5.18). En su inmensa mayoría, los yacimientos y proyectos que se dataron han arrojado edades isotópicas comprendidas entre 45 y 30 Ma, aproximadamente, es decir, dentro del rango de actividad del Batolito de Andahuaylas-Yauri (figura 5.18).

Dos principales épocas magmáticas se han identificado en el Batolito de Andahuaylas-Yauri: una época temprana predominantemente máfica (representada por gabros y dioritas) entre ~45 y ~40 Ma, y una época posterior, entre ~40 y ~30 Ma, con características intermedias (granodioritas, cuarzo-monzonitas) y localmente con mineralizaciones de tipo pórfido s.l. (i.e., de tipo pórfido s.s., skarn, y/o CRD; Perelló et al., 2003; Chelle-Michou et al., 2015b).

A continuación, se presentan dos casos que han dado lugar a publicaciones recientes. El caso de Coroccohuayco ha sido estudiado por Maher (1999; Maher & Larson, 2007; Maher, 2010), y Chelle-Michou (2013); en particular, publicaciones por Chelle-Michou et al. (2014, 2015a, 2015b) han planteado y enfocado la cuestión general de la formación de los pórfidos de cobre en forma bastante didáctica. El caso del proyecto Paraíso ha sido dado a conocer en detalle por Cuéllar (2014).

Sistema pórfido-skarn de Coroccohuayco

El proyecto Coroccohuayco pertenece al distrito minero de Tintaya, el cual se ubica en el área sureste del Batolito de Andahuaylas-Yauri (Perelló et al., 2003; figuras 5.18 y 5.19). El área registra una historia magmática polifásica (Maher, 2010), en la que todas las rocas ígneas presentan zircones. El estilo geológico del área está ilustrado en la figura 5.20.

La unidad magmática más antigua consiste en una gabrodiorita con hornblenda, datada en 40.4 Ma, que intruyó la sucesión sedimentaria mesozoica en todo el distrito de Tintaya (Chelle-Michou et al., 2014, 2015b). En Coroccohuayco, esta unidad conforma principalmente un lacolito, con espesor promedio de alrededor de 250 m, insertado en la parte superior de las calizas cretácicas de la Formación Ferrobamba (figura 5.20). Este complejo de gabrodiorita agrupa una gabrodiorita s.s., una leuco-gabrodiorita, y una anortosita. Localmente, pequeñas estructuras con forma de dedos con diámetro menor a 5 mm de leuco-gabrodiorita, muestran contactos agudos con la gabrodiorita. Dedos menores y diques de anortosita cortan localmente la gabrodiorita o muestran contactos difusos con la leuco-gabrodiorita (Chelle-Michou et al., 2014).

Ciertos zircones datados revelan que, después de una pausa de ~3 Ma, el magmatismo se reanudó en la profundidad a ~37.5 Ma (sus productos no están expuestos en la superficie actual; Chelle-Michou et al., 2015b).

Un mapeo detallado ha permitido distinguir tres pulsos intrusivos posteriores, representados por diques y stocks porfíricos, cuya cronología relativa es la siguiente (Chelle-Michou et al., 2014, 2015b):

1. Stocks y diques (orientados NO-SE) de pórfido dacítico con hornblenda.
2. Diques (orientados NO-SE y ENE-OSO) de pórfido dacítico con hornblenda y biotita, de composición ligeramente más evolucionada, y datado en 35.6 Ma, aproximadamente. Este "pórfido de hornblenda-biotita" se distingue del anterior "pórfido de hornblenda" por contener algunos fenocristales de biotita y feldespato potásico, además de hornblenda y plagioclasa.
3. Diques (orientados NNO-SSE) de pórfido riódacítico subvolcánico.

Los diques riódacíticos, más jóvenes, presentan uniformemente una alteración penetrante de sericita-clorita (\pm hematita), pero carecen notablemente de vetilleo y son estériles (Chelle-Michou et al., 2015b); cortan el skarn en profundidad, indicando un emplazamiento tardi-mineral (Maher, 2010).

Diques más tardíos de basalto alcalino, orientados N-S, cortan todo el conjunto de rocas anteriores (Chelle-Michou et al., 2014). Una muestra de basalto arrojó una edad ^{40}Ar - ^{39}Ar de 26.6 Ma (Chelle-Michou, 2013), indicando que estos basaltos se relacionan probablemente con el magmatismo "Tacaza" (~30–24 Ma) que se desarrolló al retroceder el arco hacia el suroeste a partir de 30 Ma (Mamani et al., 2010).

Una alteración de tipo pórfido con vetilleo y mineralización acompaña las rocas porfíricas de hornblenda y de hornblenda-biotita, y afecta la gabrodiorita huésped en sus contactos con ellas (Chelle-Michou et al., 2014). La alteración potásica es común alrededor de las vetillas: biotita reemplaza la hornblenda y un feldespato potásico secundario reemplaza la plagioclasa (Chelle-Michou et al., 2015b). Vetillas de cuarzo (1-5 mm de grosor), con sulfuros menores y halos de alteración potásica, están bien expresadas localmente (hasta 30 % del volumen de vetillas). La alteración potásica está a menudo sobreimpresa por una alteración de sericita-clorita moderadamente penetrante, donde clorita reemplaza parcialmente la hornblenda y la plagioclasa se altera a sericita en grados variables (Chelle-Michou et al., 2015b).

La alteración y mineralización de tipo skarn en Coroccohuayco han sido estudiadas en detalle por Maher (2010). Se ubican en la Formación Ferrobamba a aproximadamente 200 a 300 m por debajo de la superficie erosiva actual, desde el contacto basal de esta unidad con la formación silicoclástica Mara hasta su contacto superior con el suprayacente lacolito de gabrodiorita (figura 5.20).

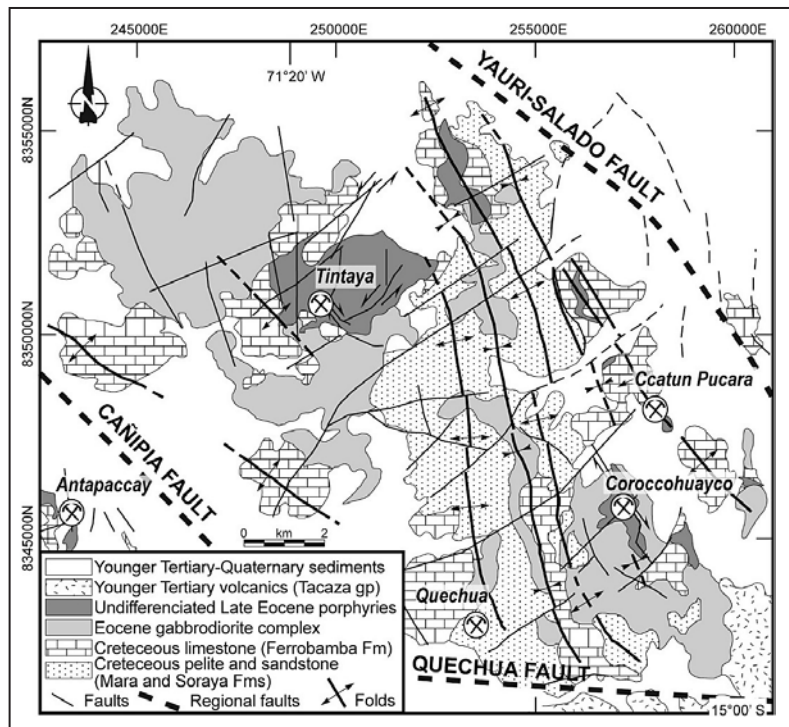


Figura 5.19 Mapa geológico simplificado del distrito de Tintaya, mostrando la ubicación de los principales yacimientos de tipo pórfido y skarn en la zona.

Fuente: Chelle-Michou et al. (2015b), modificado de Maher (2010)

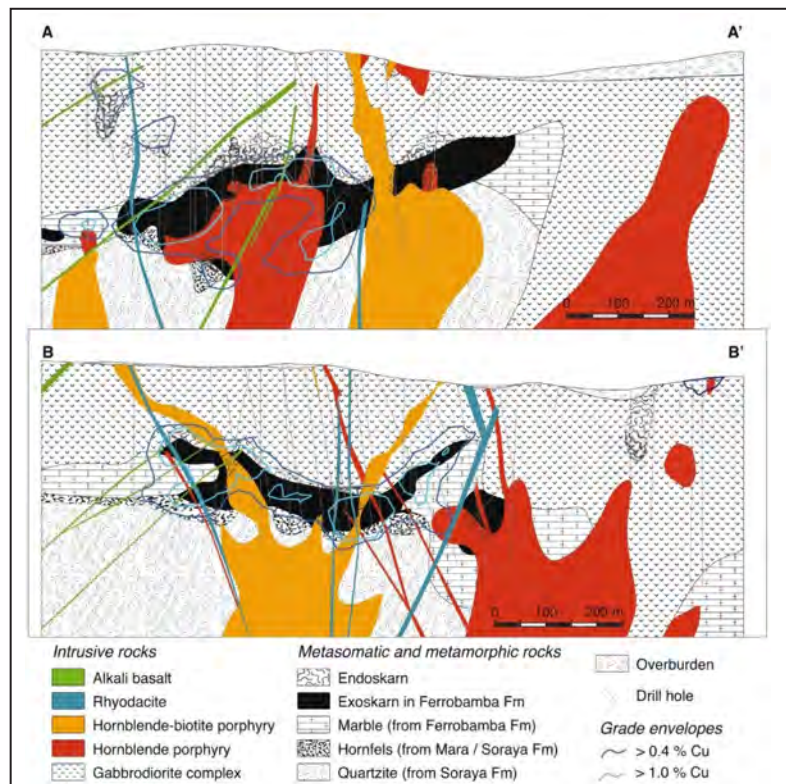


Figura 5.20 Secciones litológicas transversales extraídas del modelo tridimensional del proyecto Coroccohuayco.

Fuente: Chelle-Michou et al. (2015b)

El exoskarn es generalmente masivo y presenta una zonación mineralógica alrededor de los pórfidos de hornblenda y hornblenda-biotita, lo que indica una relación causal entre las intrusiones porfíricas y la mineralización. Se extiende lateralmente a lo largo de la estratificación y grada hacia afuera a mármol de silicatos cálcicos y mármol (Maher, 2010). La asociación mineralógica anhidra de alta temperatura está dominada por granate y piroxeno con, en menor proporción, cuarzo, magnetita, feldespato potásico, plagioclasa y titanita. Inclusiones fluidas en granates y piroxenos sugieren que el skarn anhidro se formó entre 400 y más de 600 °C (Maher, 2010). La alteración retrógrada resulta localmente en el reemplazo casi completo de granate y piroxeno por magnetita masiva. La alteración retrógrada de temperatura más baja se caracteriza por carbonatos, hematita, sílice y arcillas (\pm anfíboles \pm clorita \pm serpentina) como productos de alteración de granate y piroxeno (Chelle-Michou et al., 2015b).

El endoskarn se desarrolla localmente en la gabrodiorita y en los pórfidos de hornblenda y hornblenda-biotita. En la gabrodiorita, el endoskarn consiste en plagioclasa, epidota, piroxeno \pm titanita \pm zeolita posterior, y se observa principalmente en el contacto inferior de la gabrodiorita con las rocas carbonatadas de la Formación Ferrobamba o en fallas y fracturas. En los pórfidos, el granate, el piroxeno, la epidota y la plagioclasa son los principales minerales de alteración del endoskarn. No se reconoce ninguna alteración de tipo endoskarn en las riocacitas (Chelle-Michou et al., 2015b).

Los sulfuros de Cu incluyen calcopirita, bornita, y asociaciones de digenita y calcosina. Se encuentran principalmente en el exoskarn masivo, dominado por granate, y en los endoskarns de los pórfidos y gabrodiorita. En las rocas magmáticas, la mineralización de tipo pórfido, diseminada o en vetillas, es generalmente de baja ley en Corocchohuayco (<0.4 % Cu), pero puede ser más alta en la vecindad de mineralizaciones de tipo skarn ricas en Cu (Chelle-Michou et al., 2015b). Las inclusiones fluidas en cuarzos sugieren que la deposición de Cu comenzó a 400 °C (Maher, 2010). Un enriquecimiento supergénico menor

solo se observa a lo largo de fallas, vetas falladas y en los pocos lugares donde el cuerpo de skarn aflora (Chelle-Michou et al., 2015b).

En la parte sur del proyecto, la mineralización está zonada alrededor de un stock de pórfido de hornblenda, formando un envolvimiento mineral en forma de campana, que recuerda geometrías típicas de yacimientos de tipo pórfido s.s. (Chelle-Michou et al., 2015b). Sin embargo, en la parte norte del yacimiento, las más altas leyes de Cu ocurren principalmente cerca de las intrusiones de pórfido de hornblenda-biotita, aunque también ocurren pequeños diques porfíricos de hornblenda. La molibdenita no es muy común en Corocchohuayco y ocurre principalmente en el skarn masivo del lado sur del yacimiento (Chelle-Michou et al., 2015b).

Vetas y vetillas de cuarzo de tipo pórfido (de tipos A y B) son tabulares y subverticales, y se encuentran muy comúnmente en el principal afloramiento de pórfido de hornblenda, en la parte sureste del proyecto, con orientaciones regulares NO-SE, N-S y NE-SO (las vetillas NO-SE comúnmente desplazan dextralmente las otras por unos mm a cm). Localmente, las vetas gruesas (10–20 cm) de cuarzo orientadas NO-SE que contienen óxidos de Cu (como de tipo D) están cortadas por fallas paralelas a la misma veta. Los espejos de falla bien expresados muestran un movimiento dextral prominente con un componente normal menor. En el lado norte del proyecto, existe una prominente falla inversa de rumbo NNE-SSO que corta el skarn y la riocacita.

Chelle-Michou (2013) ha propuesto una reconstrucción de los procesos geológicos que llegaron a formar el pórfido-skarn de Corocchohuayco, en base a su estudio exhaustivo de la geocronología y petrología de la sucesión magmática asociada (figura 5.21). En particular, los datos obtenidos a partir de zircones (geocronología por LA-ICPMS e ID-TIMS, elementos trazas, e isótopos de Hf) han aclarado la compleja evolución de las raíces plutónicas del yacimiento. La combinación de dos modos de datación llevó a una interpretación robusta de la cronología del complejo sistema magmático de Corocchohuayco.

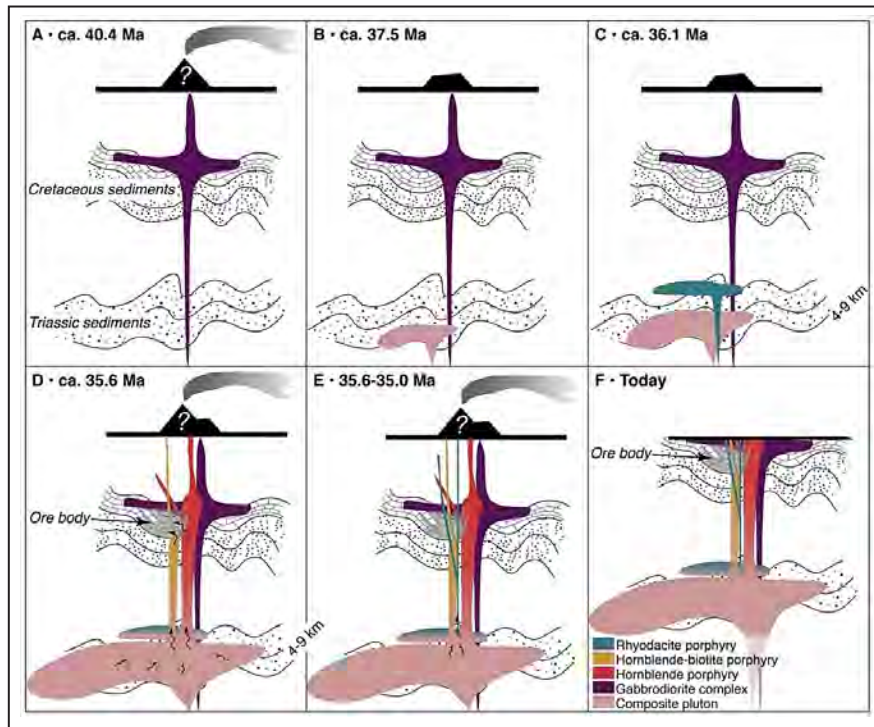


Figura 5.21 Evolución esquematizada del magmatismo en el área de Corocchohuayco, según Chelle-Michou (2013). A) Emplazamiento, en estratos sedimentarios cretáceos, de un complejo máfico heterogéneo compuesto por gabrodiorita, leuco-gabrodiorita, y menor anortosita; B) Emplazamiento profundo de un proto-plutón, posiblemente en estratos sedimentarios triásicos; C) Crecimiento de este proto-plutón por nuevos aportes magmáticos, y emplazamiento y enfriamiento de un lacolito en un nivel superior de los estratos sedimentarios triásicos; D) "Canibalismo" de este proto-plutón y acumulación de un gran reservorio de magma, con posterior emplazamiento de pórfido en condiciones térmicas máximas, seguido del enfriamiento del reservorio de magma causando la exsolución de fluidos mineralizadores. La refusión del lacolito temprano probablemente comenzó en este momento y pudo ser causada por el reservorio de magma subyacente; E) La fusión de este lacolito continuó hasta que se pudo formar otra vez magma, el cual ascendió y se emplazó como riodacita; F) Situación actual con el conjunto magmático al afloramiento y su raíz plutónica profunda.

Los datos indican que un complejo gabrodiorítico heterogéneo se emplazó hace 40.4-40.2 Ma, aproximadamente. Esta intrusión fue seguida por una interrupción del magmatismo hasta aparentemente el emplazamiento en 35.6 Ma de los diques y stocks de pórfidos dacíticos asociados con la mineralización. Sin embargo, un grupo de edades obtenidas en ciertos zircons de estos pórfidos revela la existencia de un prolongado magmatismo "escondido" (puesto que no se encuentran indicios de ello en la superficie actual) que operó durante alrededor de 2 Ma, supuestamente a 4-9 km de paleo-profundidad, antes de la intrusión de los pórfidos y la mineralización (Chelle-Michou, 2013).

En base a estas dataciones y a los datos de elementos trazas e isótopos de Hf, Chelle-Michou (2013) propuso que se desarrolló en el área de Corocchohuayco un sistema magmático longevo

dominado por el fraccionamiento de anfíbol, con una contribución creciente de asimilación cortical, y el desarrollo de una anomalía térmica grande y sostenida en el tiempo.

Es posible que entre 37.5 y 35.6 Ma el sistema fuese rejuvenecido en forma creciente con la inyección de magma fresco y oxidado desde la corteza inferior, lo cual provocó la fusión por lo menos parcial de protoplutones. Las intrusiones porfídicas de Corocchohuayco se emplazaron en la corteza superior durante la culminación térmica de este sistema magmático, que al enfriarse expulsó fluidos mineralizadores.

En los pórfidos, ciertos xenocristales de zircón e isótopos de Hf sugieren que este gran sistema magmático de la corteza superior evolucionó durante un nivel estratigráfico similar al del Grupo Mitu (Triásico medio a superior), el cual está probablemente presente en profundidad (Chelle-Michou, 2013).

El alto estado de oxidación de los pórfidos no resultó de procesos magmáticos en la corteza superior, sino que estuvo controlado por procesos mucho más profundos. La comparación de los datos de Coroccohuayco con otros estudios geocronológicos de alta precisión en pórfidos sugiere que estos se forman cuando un sistema magmático longevo emplazado en la corteza superior alcanza sus tasas paroximales de inyección, volumen y calor. Aquellos rasgos pueden ser característicos de depósitos de pórfidos de cobre (Chelle-Michou, 2013).

El yacimiento de Coroccohuayco proporciona las primeras dataciones robustas de un cuerpo mineralizado en la región metalogénica de Andahuaylas-Yauri. Este batolito y los sistemas porfídicos asociados se emplazaron durante el Eoceno, en un contexto de subducción de ángulo relativamente bajo y engrosamiento cortical incipiente. Las edades de alta precisión muestran que los estados prógrado (U-Pb en titanita hidrotermal) y retrógrado (Re-Os en molibdenita) de la mineralización de skarn no pueden distinguirse de las edades U-Pb obtenidas en zircones de los pórfidos. Estos datos indican que el yacimiento se formó entre 35.7 y 35.6 Ma, y por lo tanto en menos de 100 ka. Otras evidencias indican la existencia de un evento hidrotermal precoz de alta temperatura (U-Pb en titanita hidrotermal), que corresponde al emplazamiento del complejo gabrodiorítico alrededor de ~40.4–40.2 Ma (Chelle-Michou, 2013).

Los datos obtenidos en Coroccohuayco, junto con otros datos regionales, sugieren que el yacimiento se formó en la fase final del magmatismo de arco eoceno. A la escala del distrito de Tintaya, los datos disponibles y una nueva edad Re-Os sobre una molibdenita del yacimiento de Tintaya sugieren que los eventos de mineralización tuvieron lugar de manera episódica en áreas muy discretas durante varios millones de años, y que un yacimiento económico individual se puede formar durante solo unas decenas de miles de años (Chelle-Michou, 2013).

Los datos petrográficos, geoquímicos (química de roca total y química mineral) e isotópicos (Pb, Sr, Nd) de las rocas magmáticas de Coroccohuayco sugieren que todos los magmas experimentaron una etapa de evolución en la corteza inferior antes de ascender hasta la corteza superior. El magma que generó el complejo gabrodiorítico se originó en un reservorio de la corteza inferior, y se emplazó luego a una presión de 100 a 200 MPa (indicando la corteza superior), donde pasó por un proceso de cristalización fraccionada in situ. La fuente de los pórfidos en la corteza inferior parece haber sido más homogénea, y se la interpreta como un producto de la diferenciación avanzada de un magma parental similar al que generó la gabrodiorita (Chelle-Michou, 2013).

Esta evolución magmática se desarrolló principalmente en la corteza inferior, produciéndose fraccionamiento de anfíbol

± magnetita ± titanita ± apatita ± plagioclasa, desarrollando en el proceso una signatura de alto Sr/Y característica del magmatismo asociado a pórfidos cupríferos. La evolución magmática subsecuente en la corteza superior (100-250 MPa) fue dominada por asimilación cortical, "canibalismo" de protoplutones, y recargas de magma silicatado "fresco" (no contaminado químicamente o alterado por proceso de asimilación). La alta fugacidad de oxígeno debió favorecer el enriquecimiento del magma en azufre y metales. El alto régimen térmico generado en la corteza superior habría podido favorecer además la asimilación cortical, el "canibalismo" de protoplutones, y potencialmente una extracción eficiente de metales durante la exsolución de fluidos. La sucesión magmática de Coroccohuayco parece entonces haber adquirido su potencial metalogénico (alta fO_2 , alto Sr/Y) durante varios millones de años de evolución en la corteza inferior. La alta anomalía térmica en el sistema magmático de la corteza superior es indicativa de una alta tasa de inyección magmática en zonas discretas de la corteza, previa a la génesis de los pórfidos (Chelle-Michou, 2013).

Basándose en modelos de partición y métodos de cálculo, Chelle-Michou (2013) determinó la concentración de volátiles (S, Cl, F) y de Cu en el magma, y su comportamiento durante la exsolución de fluidos. Infirió que en el complejo gabrodiorítico previo a la mineralización, la exsolución de fluidos empezó durante el enfriamiento a 800 °C, mientras que en las rocas porfíricas no mineralizadas la exsolución de fluidos empezó a 900 °C. Durante la exsolución de fluidos, la concentración de Cu y Cl en el magma silicatado disminuyó drásticamente, mientras que el F permaneció en el fundido. Es remarcable que en los pórfidos el contenido en Cu del fundido antes de la exsolución de fluidos era un poco más alto que en dacitas típicas de arcos continentales. Apatitas ricas en S, con texturas de disolución y recrecimiento, sugieren que el sistema magmático estuvo enriquecido en S durante varios millones de años antes de la mineralización. El "canibalismo" de este reservorio rico en S al momento de emplazarse los pórfidos pudo proporcionar una importante cantidad de S para la formación del yacimiento de Coroccohuayco (Chelle-Michou, 2013).

Sistema pórfido-skarn de Paraíso

El sistema pórfido-skarn de Paraíso está ubicado en el departamento de Apurímac (provincia de Abancay, distrito de Curahuasi), unos 10 km al oeste del pórfido de Cu-Au de Cotabambas, y 40 km al norte del proyecto Las Bambas. Se ubica en el Batolito Andahuaylas-Yauri, que hospeda yacimientos de tipo pórfido y skarn de edad Eoceno medio a Oligoceno temprano (42-30 Ma). La información a continuación proviene del estudio realizado y publicado por Cuéllar (2014). La geología del prospecto se ilustra en la figura 5.22 y se la describe a continuación.

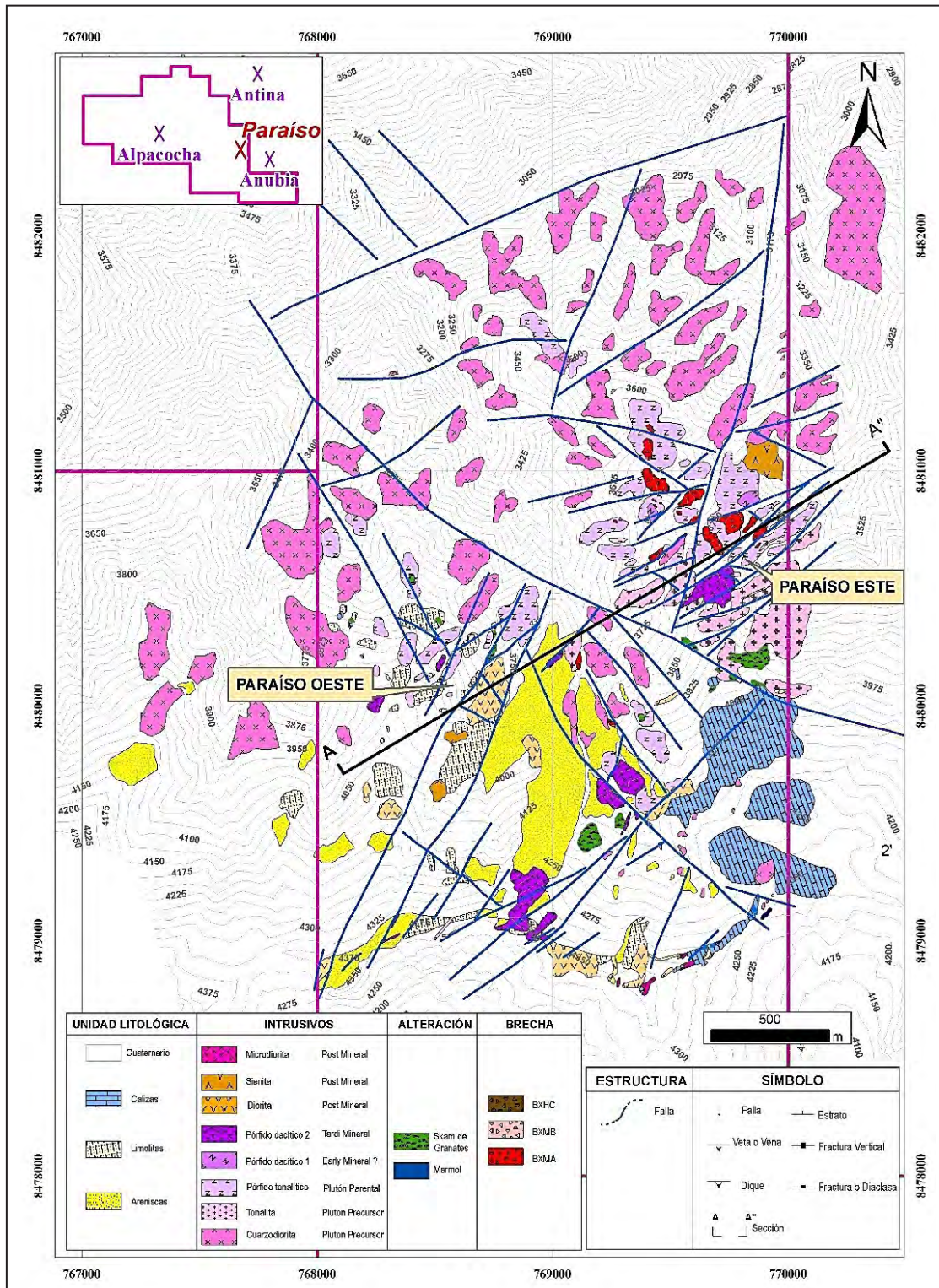


Figura 5.22 Mapa geológico del proyecto Paraiso (Cuéllar, 2014). Las rocas sedimentarias aflorantes pertenecen a la sucesión silicoclástica del Grupo Yura y a las calizas de la Formación Ferrobamba. Estructuralmente, el área está controlada por la intersección del Sistema de Fallas Paraiso, de orientación NO-SE, y del Sistema de Fallas Anubia, de orientación NNE-SSO.

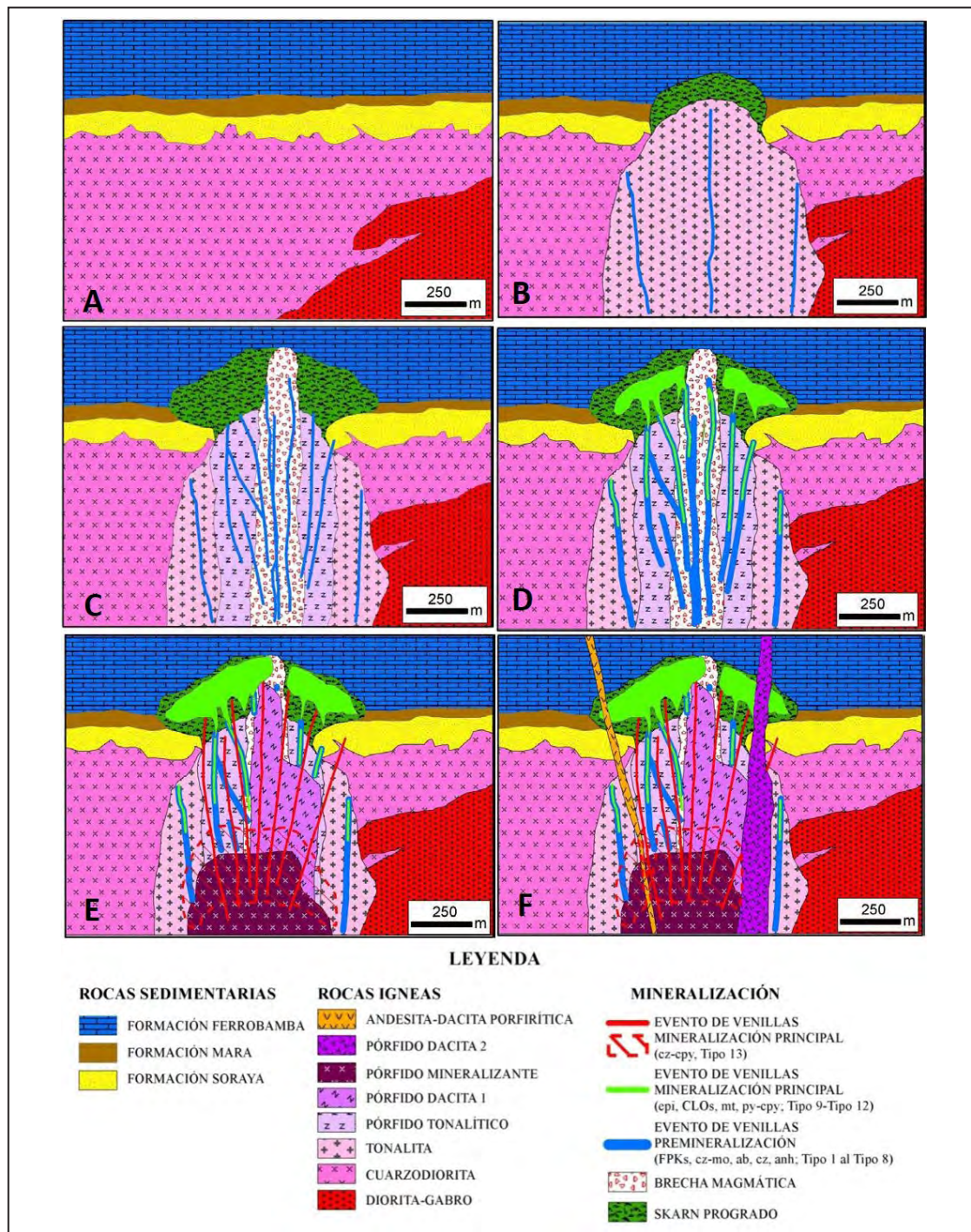


Figura 5.23 Reconstrucción cronológica esquemática de los eventos magmáticos en el proyecto Paraiso (Cuéllar, 2014). A) El Batolito de Andahuaylas-Yauri intruye la sucesión sedimentaria mesozoica; una cuarzo-diorita corta a una unidad más temprana con composición de gabro-diorita. B) Una tonalita intruye a la cuarzo-diorita y en su contacto con las calizas genera un skarn prógrado de granate marrón y verde. En la cuarzo-diorita se genera una alteración potásica incipiente. C) El Pórfido tonalítico (34.23 ± 0.20 Ma) intruye a la tonalita anterior. Posteriormente se emplaza una brecha magmática-hidrotermal. El Pórfido tonalítico y la Brecha magmática-hidrotermal son afectados por una alteración potásica moderada a fuerte, representada por venillas con feldespato potásico y biotita secundaria. D) El enfriamiento del sistema origina venillas de skarn retrógrado que se emplazan a manera de suturas de venillas anteriores. E) Emplazamiento del Pórfido dacítico 1 (33.68 ± 0.21 Ma), que corta la Brecha magmática-hidrotermal y hospeda venillas de cuarzo-pirita-calcopirita que posiblemente son la expresión distal de un stock porfírico mineralizado. F) Emplazamiento del Pórfido dacítico 2, seguido de la intrusión de diques de composición dacítica (33.71 ± 0.36 Ma).

Cuéllar (2014) presentó las características mineralógicas, petrográficas y geoquímicas de los diferentes intrusivos reconocidos, y sus relaciones con 15 tipos de venillas identificados en base al logeo paragenético y sus ensamblajes mineralógicos. Estos tipos de venillas se agrupan en tres eventos: premineralización, mineralización principal, y postmineralización.

Los plutones precursores consisten en una cuarzo-diorita y una tonalita. La cuarzo-diorita no generó venillas y se comportó posteriormente como roca hospedante, mientras que la tonalita solo presenta venillas de cuarzo con halos de feldespato potásico (figura 5.23a y b; Cuéllar, 2014).

Un pórfido tonalítico intruye a la tonalita anterior (figura 5.23c). Presenta todos los tipos de venillas reconocidos, siendo aparentemente el generador de las venillas de tipo 1 a 7. Su emplazamiento en calizas generó un ensamble típico de skarn, el cual, a raíz del posterior enfriamiento del sistema, desarrolló un típico ensamble retrógrado: epidota-clorita-magnetita-pirita-calcopirita; venillas de tipo 9 a 12). Este pórfido tonalítico, datado en 34.23 ± 0.20 Ma (U-Pb en zircones), es cortado por una brecha magmática-hidrotermal mineralizada (Cuéllar, 2014).

El Pórfido dacítico 1, datado en 33.68 ± 0.21 Ma (U-Pb en zircones), corta esta brecha y es cortado por venillas de cuarzo con sutura de calcopirita (tipo 13), que podrían representar la expresión distal de un stock porfídico mineralizado que a la fecha no ha sido identificado (figura 5.23; Cuéllar, 2014).

El Pórfido dacítico 2 (stock porfídico tardímineral) hospeda venillas de cuarzo-calcita-esfalerita (tipo 15, el más tardío). El último evento magmático está representado por diques dacíticos, uno de los cuales cristalizó en 33.71 ± 0.36 Ma (U-Pb en zircones; Figura 5.23F; Cuéllar, 2014).

Las tres edades obtenidas por U-Pb en zircones demuestran que las intrusiones relacionadas a la mineralización cristalizaron durante un intervalo muy corto (0.55 ± 0.41 Ma), entre -34.5 and -33.3 Ma como máximo, es decir exactamente alrededor del límite Eoceno-Oligoceno (-33.9 Ma). Indicadores geoquímicos como REE y la relación Sm/Yb indican que por lo menos algunos de los magmas involucrados interactuaron con una corteza inferior que estaba dominada por anfíbol, sugiriendo que el espesor cortical pudo haber sido 40-45 km en esa época (Cuéllar, 2014).

Norte del Perú: Cajamarca, Piura

El norte del Perú incluye la región minera de Cajamarca (figura 5.24), que se caracteriza por su riqueza aurífera, en particular por la mina gigante de oro de Yanacocha y más de treinta otros depósitos de Au, epitermales y pórfidos, expuestos a diversos niveles de erosión (Gustafson et al., 2004; Davies & Williams, 2005). El distrito está ubicado en la Cordillera Occidental a elevaciones que varían entre 2700 y 4400 m s. n. m.). Los yacimientos incluyen Michiquillay, El Galeno, Minas Conga, Cerro Corona (distrito de Hualgayoc), La Granja, y también Río Blanco en Piura, cerca de la frontera con el Ecuador.

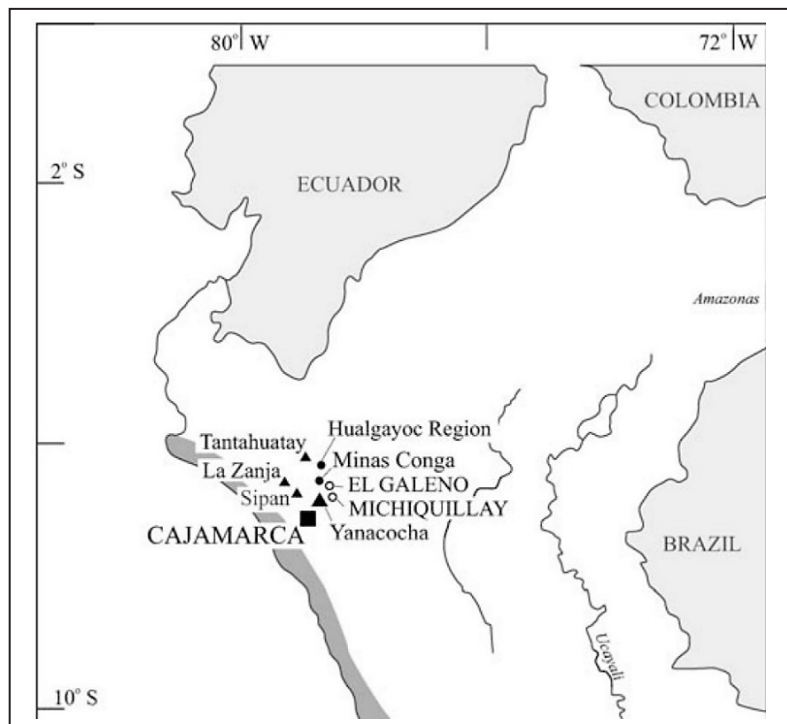


Figura 5.24 Ubicación de algunas minas de interés cercanas a la ciudad de Cajamarca en el norte del Perú.

Fuente: Davies & Williams (2005)

Los yacimientos de Michiquillay (Cu-Au-Mo), El Galeno (Cu-Au-Mo), y Minas Conga (Au-Cu) se hallan a 10-15 km al este de Yanacocha, y en conjunto representan más de 1600 Mt de recursos minerales combinados (Córdova & Hoyos, 2000; Llosa & Veliz, 2000). Los tres se relacionan con pórfidos miocenos.

En el norte del distrito de Cajamarca, existe una serie de yacimientos de oro de alta sulfuración que incluyen Sipán, La Zanja, Tantauatay y el distrito polimetálico de Hualgayoc, de tipo pórfido-skarn-mantos, que alberga el pórfido de Cerro Corona (figura 5.24; Davies & Williams, 2005).

La geología de la región ha sido descrita por Benavides (1956), Reyes (1980), Cobbing et al. (1981) y Wilson (1984), entre otros. Estratos sedimentarios de edad mesozoica y origen mayormente marino afloran extensamente en la región. Estos estratos sufrieron una importante deformación compresional, de vergencia hacia el NNE a ENE, en el Cretáceo superior y/o Paleógeno inferior y numerosas intrusiones generadas por el magmatismo de arco. Los estratos deformados subyacen en discordancia a una pila volcánica, predominantemente andesítica, descrita como Formación Llama (Noble et al., 1990), cuya parte inferior, datada entre ~54.8 y ~42.6 Ma, cubre una gran extensión (Davies, 2002; Davies & Williams, 2005). En contraste, la parte superior de la Formación Llama ha arrojado una edad ^{40}Ar - ^{39}Ar de ~15.8 Ma (Davies & Williams, 2005).

Una serie de datos geocronológicos confirma que la región se caracteriza por dos periodos distintos de magmatismo intrusivo, respectivamente en el Eoceno inferior y medio, y en el Mioceno inferior y medio (Llosa et al., 1999). Por ejemplo, en el área de Minas Conga, varios stocks se emplazaron entre ~57 y ~42 Ma, y entre ~23.2 y ~15.6 Ma (Llosa et al., 1996; Davies & Williams, 2005).

Entre los intrusivos eocenos están los primeros stocks dioríticos de Michiquillay (46.4 ± 1.8 Ma por K-Ar en hornblenda; Laughlin et al., 1968). Diques gabroicos datados en El Galeno (Davies, 2002; Davies & Williams, 2005) representan las únicas evidencias conocidas hasta la fecha de un magmatismo oligoceno en la región, en este caso máfico.

Por su mayor número de dataciones, los intrusivos miocenos parecen más comunes. Incluyen stocks en Chailhuagón (23.2 ± 2.1 Ma; Llosa et al., 1999), Aurora Patricia (21.3 ± 0.8 Ma; Davies, 2002), Mishacocha (20.8 ± 1.9 Ma; Llosa et al., 1999), Michiquillay (20.6 ± 0.6 , 20.6 ± 0.2 , 19.8 ± 0.1 Ma; Laughlin et al., 1968; Davies, 2002), La Carpa (17.9 ± 0.1 Ma; Davies, 2002), El Galeno (17.5 ± 0.3 y 16.5 ± 0.2 Ma; Davies, 2002), Cerro Jesús de Hualgayoc (14.3 ± 0.7 Ma; Borredon, 1982), entre otros.

Las edades obtenidas por los métodos K-Ar o ^{40}Ar - ^{39}Ar sobre hornblenda y biotita magmática datan el enfriamiento

de las intrusiones correspondientes por debajo de ~500 °C y ~300 °C, respectivamente, mientras que las obtenidas sobre roca totalmente hidrotermalizada o feldespato potásico fechan generalmente la alteración hidrotermal potásica (con su enfriamiento a menos de ~300 °C si se trata de biotita) y/o el enfriamiento de la roca correspondiente por debajo de ~250 °C, respectivamente.

Los procesos hidrotermales miocenos que llegaron a formar mineralizaciones de interés económico se desarrollaron en relación con dos principales episodios magmáticos: 1) el emplazamiento de pórfidos de Cu-Au-Mo en el Mioceno temprano a medio, y 2) una actividad epitermal importante en el Mioceno tardío (Davies & Williams, 2005). Gustafson et al. (2004) discutieron rasgos transicionales que se observan en una variedad de depósitos epitermales y de tipo pórfido de la región de Cajamarca.

Las unidades magmáticas de edad Mioceno inferior a medio consisten en rocas intrusivas y volcánicas calco-alcalinas de composiciones intermedias y textura porfírica, que muestran fenocristales máficos y de plagioclasa \pm cuarzo. Las edades obtenidas en sistemas porfídicos mineralizados indican que su emplazamiento, alteración principal y mineralización ocurrieron durante este intervalo (Llosa et al., 1996; Gustafson et al., 2004; Noble et al., 2004; Davies & Williams, 2005). Los pórfidos coetáneos de composición similar, pero estériles, muestran una alteración propilítica débil (Davies & Williams, 2005). La edad más joven de este intervalo magmático, ~16.5 Ma (^{40}Ar - ^{39}Ar), se obtuvo sobre una intrusión postmineral en El Galeno y es similar a la edad ^{40}Ar - ^{39}Ar de ~15.8 Ma obtenida en la parte superior de la Formación Llama (Davies & Williams, 2005). La actividad magmática disminuyó aparentemente entre ~16 y ~12 Ma en varias áreas. Sin embargo, más al norte el intervalo 14-10 Ma correspondió con una importante actividad magmática e hidrotermal en el distrito polimetálico de Hualgayoc (Macfarlane et al., 1994).

Los flujos de lavas andesíticas de la Formación Regalado (12.3-11.6 Ma; Davies & Williams, 2005) marcaron el inicio de la actividad magmática del Mioceno tardío. Desde el punto de vista económico, el intervalo ~12-10 Ma, que incluyó la formación del yacimiento de oro de Yanacocha, fue el más productivo en la región de Cajamarca. La mineralización principal en Yanacocha se desarrolló entre 11.5 y 10.9 Ma (Davies & Williams, 2005). La actividad magmática e hidrotermal en la región cesó en ~8 Ma.

Una fuerte surrección y erosión acompañó y/o siguió la actividad magmática de edad Mioceno inferior a medio, causando la incisión de la paleosuperficie Puna y la formación de paleovalles, los cuales fueron posteriormente fosilizados por coladas piroclásticas datadas entre 11.4 y 8.2 Ma. Estos depósitos

piroclásticos sobreyacen directamente a los stocks de Minas Conga y Mishacocha, ilustrando la importancia de la erosión durante el Mioceno por lo menos medio (Llosa et al., 1999).

Comparaciones entre tres yacimientos norteños de tipo pórfido

El distrito de Cajamarca alberga varios sistemas mineralizados de tipos pórfido y epitermal de alta sulfuración, que muestran diferentes estilos de alteración y mineralización (figura 5.25). Se

ha sugerido que las variaciones en el nivel de erosión explican en gran parte las principales diferencias que se observan entre los diversos sistemas mineralizados de la región de Cajamarca. Por ejemplo, Yanacochoa representa un sistema epitermal poco erosionado, caracterizado por brechas freáticas, mientras que Sipán y La Zanja son sistemas erosionados de forma relativamente profunda, donde predominan brechas magmáticas más hidrotermales.

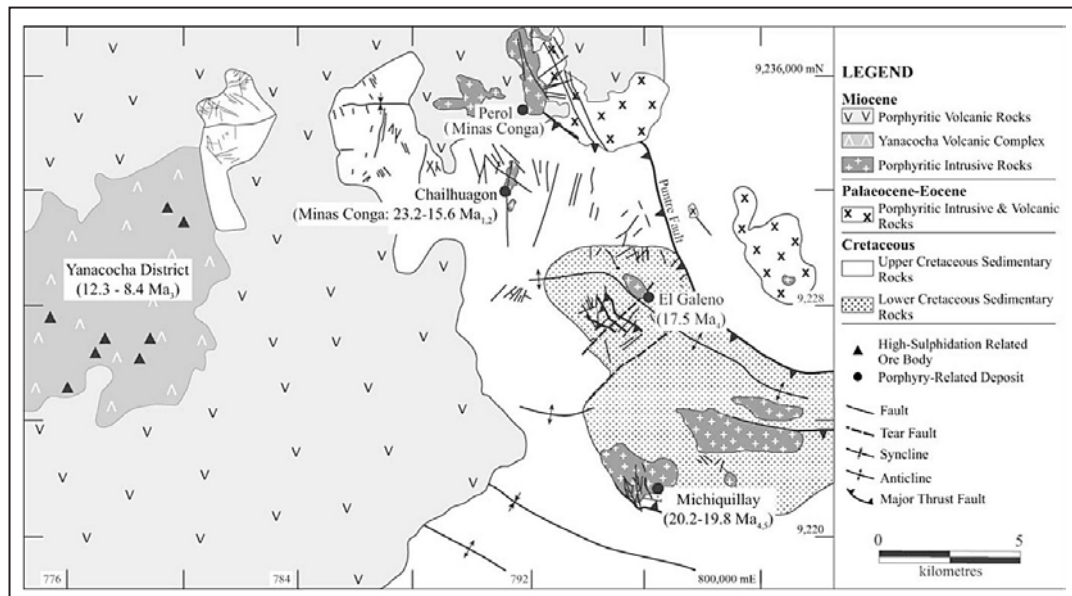


Figura 5.25 Mapa geológico simplificado de la zona minera de Cajamarca ubicando las principales localidades mineralizadas de edad miocena en el área.

Fuente: Davies & Williams (2005)

Entre los yacimientos cajamarquinos figuran tres depósitos importantes de tipo pórfido: Michiquillay y El Galeno (ambos de Cu-Au-Mo), y Chailhuagón-Perol (= Minas Conga; Cu-Au). Los datos geocronológicos obtenidos en estos tres yacimientos indican que se formaron en el Mioceno inferior a medio y sugieren que los complejos intrusivos relacionados se emplazaron a lo largo de un periodo de ~6 Myr (Davies & Williams, 2005).

Los yacimientos de Chailhuagón, El Galeno y Michiquillay están asociados con dioritas de hornblenda-biotita, de edad Mioceno temprano a medio, que son geoquímicamente muy similares (Davies & Williams, 2005). Chailhuagón es el complejo más antiguo y posiblemente más longevo, con un stock porfídico principal emplazado en ~23.2 Ma (Llosa et al., 1996) y un pórfido posterior con alteración potásica fechado en ~15.6 Ma (Gustafson et al., 2004).

Chailhuagón y Perol (Minas Conga) se ubican principalmente en calizas y margas, mientras que El Galeno está alojado predominantemente en cuarzoarenitas, y Michiquillay en cuarzoarenitas y calizas. Rocas de caja de baja permeabilidad, como calizas marmorizadas, redujeron el flujo lateral de fluidos hidrotermales, y así concentraron los fluidos metalíferos en la misma intrusión, lo que posiblemente resultó en un aumento de las leyes metálicas (Davies & Williams, 2005). El stock porfídico principal de Chailhuagón se caracteriza por una intensa alteración potásica que consiste en feldespato potásico y biotita, y extensa magnetita.

En Michiquillay se reconocieron dos intrusiones con mineralización, que se emplazaron entre 20.0 y 19.8 Ma (Noble et al., 2004; Davies & Williams, 2005). Fallas controlaron la distribución de las alteraciones potásica y filíca.

El Galeno es el sistema más joven (17.5-16.5 Ma) y tiene la historia magmática más compleja, con al menos cuatro fases intrusivas (Davies & Williams, 2005). Las dos primeras intrusiones se acompañaron de mineralización, mientras que las dos últimas representan pórfidos tardíos, posteriores a la mineralización. En El Galeno se observan múltiples etapas de alteración, causadas por el emplazamiento de diferentes intrusiones. Los dos primeros pórfidos se caracterizan por una alteración con feldespato potásico y biotita, y una intensa alteración con cuarzo y magnetita en profundidad. Una alteración con cuarzo-muscovita-pirita, relacionada con intrusiones posteriores, se sobrepuso a la alteración potásica (Davies & Williams, 2005).

Tanto El Galeno como Michiquillay carecen de magnetita hidrotermal extendida en todo el yacimiento. Estos tres pórfidos mineralizados presentan alteraciones poco desarrolladas de tipo cuarzo, propilitico, y carbonato tardío (Davies & Williams, 2005).

Existen diferencias significativas entre los tres sistemas porfídicos en cuanto a asociaciones de sulfuros hipógenos, y la presencia o ausencia de una alteración filica bien desarrollada.

En El Galeno, la mineralización hipógena de alta ley (Cu y Au) estuvo inicialmente asociada, temporal y espacialmente, con la alteración potásica y un vetilleo de cuarzo de alta densidad en intrusiones tempranas. La asociación de sulfuros hipógenos está principalmente conformada por pirita, molibdenita y, en menor medida, calcopirita. Las más altas leyes de Cu se concentran en una cobertura de enriquecimiento secundario que puede haber sido parcialmente eliminada durante las glaciaciones cuaternarias (Davies & Williams, 2005).

En Michiquillay, las altas leyes hipógenas se hallan en zonas de intensa alteración potásica, siendo asociadas con calcopirita, pirita, molibdenita y bornita menor. Los fluidos de la etapa tardía circularon a lo largo de fallas y resultaron en el desarrollo de un núcleo filico de baja ley, rico en pirita (Davies & Williams, 2005). Es probable que en Michiquillay fluidos tardíos removilizaron parte de la mineralización de Cu-Au ligada a la alteración potásica hacia áreas alejadas del centro del yacimiento, debido a que fluidos tardíos asociados con una sobreimpresión filica tienen el potencial de removilizar cantidades significativas de Au y Cu (Gammons & Williams-Jones, 1997; Davies & Williams, 2005). El yacimiento presenta una zona de enriquecimiento supérgeno de ~45 m de espesor, la cual subyace a una cobertura lixiviada de hasta 80 m de espesor.

A diferencia de Michiquillay y El Galeno, la mineralización en Chailhuagón es deficiente en molibdeno. Las altas leyes de Au y

Cu hipógenos se caracterizan por abundante bornita, magnetita y calcopirita. En ambos yacimientos de Minas Conga, que son relativamente pobres en pirita, el enriquecimiento supérgeno y el reemplazo de calcosina-covelita son muy poco desarrollados (Davies & Williams, 2005).

Pese a que las leyes de Au y Cu varían significativamente entre Michiquillay, El Galeno y Minas Conga, la geoquímica de las intrusiones responsables de sus mineralizaciones es similar. Según Davies y Williams (2005), la diferencia clave entre las concentraciones en Au y Cu de estos yacimientos proviene de **diferencias en las condiciones fisicoquímicas asociadas con la mineralización hipógena en su etapa temprana.** Los yacimientos de Minas Conga, que son ricos en Au, presentan una zona de alteración potásica bien desarrollada, compuesta por magnetita hidrotermal ubicua y una asociación de sulfuros hipógenos, de alta temperatura y fugacidad de oxígeno, dominada por bornita y calcopirita. Estas características se ajustan a un modelo general de yacimientos relacionados con pórfidos y ricos en Au, a lo largo de los Andes y en todo el mundo (Sillitoe, 2000). Michiquillay y El Galeno son yacimientos de Cu-Au-Mo de tipo híbrido, que muestran una alteración potásica temprana sobreimpuesta por una alteración filica y, en contraste con Minas Conga, ensamblajes de sulfuros hipógenos de baja temperatura, caracterizados por calcopirita y pirita. Otros factores que influyeron en las diferencias de leyes entre los yacimientos pueden incluir el tipo de roca de caja, la presencia extendida de magnetita hidrotermal, y la circulación de fluidos tardíos que resultaron en la removilización de metales inicialmente relacionados con la alteración potásica temprana (Davies & Williams, 2005).

Michiquillay

El pórfido de cobre de Michiquillay se ubica en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, en la Cordillera Occidental. Los afloramientos del complejo mineralizado se encuentran a altitudes comprendidas entre 3500 y 3750 m s. n. m.

El yacimiento ha sido estudiado por Laughlin et al. (1968), Hollister y Sirvas (1974), y Davies y Williams (2005), entre otros. Se trata de un sistema porfídico mineralizado en Cu-Au-Mo con reservas de 631 Mt a 0.69 % Cu (representando 4.4 Mt Cu), 0.15 g/t Au, y entre 100 y 200 ppm Mo. El yacimiento incluye una zona de enriquecimiento supérgeno, de hasta 80 m de espesor, que contiene un recurso estimado de 46.2 Mt a 1.15 % Cu (Davies & Williams, 2005). Le sobreyace una cobertura lixiviada cuyo espesor varía de unos pocos metros hasta 150 m.

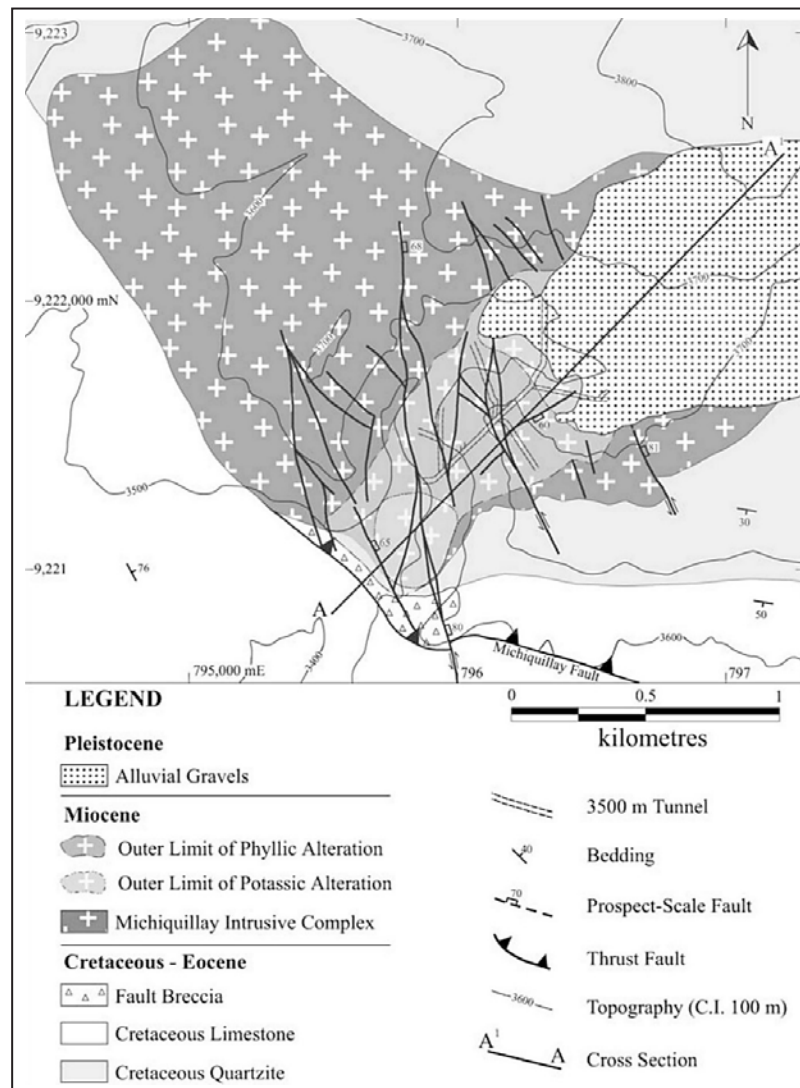


Figura 5.26 Mapa geológico simplificado del proyecto Michiquillay

Fuente: Davies & Williams (2005)

El sistema magmático corresponde principalmente a un stock porfírico de composición dacítica y edad Mioceno inferior, intruido en la sucesión estratigráfica mesozoica regional (figuras 5.26 y 5.27), la cual incluye en particular:

- Las cuarzoarenitas y areniscas blancas pertenecientes a la Formación Farrat (parte superior, probablemente aptiana, del Grupo Gollarisquizga);
- Las areniscas calcáreas y lutitas marrones conformando la Formación Inca;
- Las calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas de la Formación Chüleec (Albiano).

Estos estratos presentan un rumbo general de N120°E, con un buzamiento general de 30-40° al SO. Una falla mayor de rumbo

N120°E limita el mencionado stock en su borde S. Cinco fallas, de rumbo variando entre N-S y NNO-SSE, afectan el stock.

Los datos geocronológicos obtenidos en Michiquillay y alrededores indican que el magmatismo relacionado con la mineralización se desarrolló en el Mioceno inferior. Una monzonita de cuarzo-biotita arrojó una edad (K-Ar en biotita) de 20.6 ± 0.6 Ma, y una monzonita de cuarzo-hornblenda una edad (K-Ar en hornblenda) de 46.4 ± 1.8 Ma (Laughlin et al., 1968). Llosa et al. (1996) obtuvieron en otra intrusión una edad (K-Ar en biotita magmática) de 18.8 ± 1.6 Ma. Noble et al. (2004) fecharon en 20.02 ± 0.15 Ma un fenocristal de biotita de un dique de pórfido con alteración de biotita. Davies y Williams (2005) reportaron edades $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ de 19.8 ± 0.1 Ma en un stock intermineral y de 20.6 ± 0.14 Ma en una intrusión estéril al norte del prospecto.

El yacimiento se ubica en el mismo stock porfírico, donde presenta vetillas mineralizadas de tipo stockwork y una mineralización diseminada en sus rocas de caja. El área mineralizada presenta en planta una forma elíptica más o menos alargado según el rumbo estructural local (figura 5.26). Las dimensiones del complejo intrusivo, ~5 km de longitud por 1.5 km de ancho, se definieron a mediados de la década de 1970 en base a un extenso mapeo y campaña de perforación por la Agencia de Minería de Metales (MMA) de Japón.

El complejo intrusivo está alojado en cuarzoarenitas al norte y calizas al sur (figura 5.26). Se reconocieron al menos dos pulsos intrusivos principales. El primer y principal pulso se presenta como una diorita porfírica de grano medio (denominada D1), con fenocristales de plagioclasa, biotita y hornblenda en un fondo feldespático. Los fenocristales de cuarzo son escasos, redondeados, y ocurren en zonas localizadas. Los fenocristales

euhedrales de plagioclasa (An42-52) son los minerales más abundantes (~35-45 % en volumen) y varían de 0.3 a 5.0 mm en tamaño. Biotita secundaria reemplaza a la hornblenda, que es primaria.

El segundo pulso intrusivo emplazó, en forma de diques de 1 a 6 m de espesor, una roca diorítica débilmente porfírica, de grano medio a fino, con escasas vetillas y una intensa alteración a biotita. Los fenocristales son predominantemente de plagioclasa euhedral (~15 % en volumen), así como de hornblenda alterada a biotita, y "libros" de biotita euhedral. Estos diques, que solo se conocen en las zonas noreste y suroeste del complejo, cortan la intrusión principal (diorita de biotita-hornblenda con alteración potásica), contienen xenolitos de ella, y generalmente carecen de vetillas de cuarzo bien desarrolladas. Se infiere que estos diques subverticales fueron sincrónicos a tardíos con respecto a la mineralización (Davies & Williams, 2005).

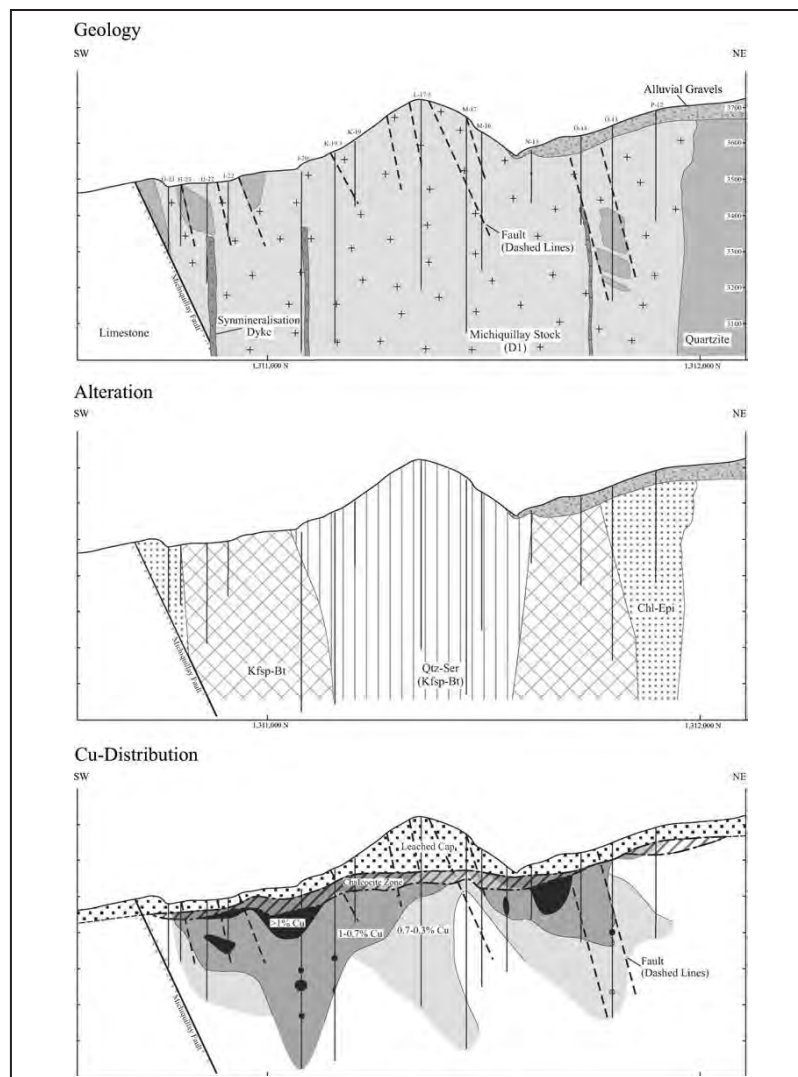


Figura 5.27 Secciones a través del proyecto Michiquillay mostrando las principales unidades litológicas, distribución de alteraciones y leyes de Cu.

Fuente: Davies & Williams (2005)

Ambos pulsos intrusivos presentan un ensamble de alteración bien desarrollado (figura 5.27), con feldespato potásico-biotita-cuarzo-magnetita. La alteración potásica es más fuerte en las partes noreste y suroeste del yacimiento, pero se extiende solo unos pocos metros en la roca de caja. Esta alteración se caracteriza por el reemplazo de plagioclasa por feldespato potásico y una cristalización de biotita hidrotermal de grano fino, particularmente en la zona suroeste. La zona noreste presenta biotita hidrotermal solo de forma moderada, pero una alteración más fuerte de feldespato potásico y cuarzo (Davies & Williams, 2005). Las expresiones superficiales de las zonas de alteración potásica tienen una orientación NE (figura 5.26). A pesar de estas variaciones, las zonas tanto suroeste como noreste muestran estilos de alteración muy similares. Las vetillas asociadas con la alteración potásica incluyen venillas onduladas tempranas de magnetita y biotita, de 1-2 mm, que son cortadas por venillas de cuarzo. Los sulfuros hipógenos asociados con la alteración potásica incluyen calcopirita, molibdenita, pirita y bornita menor. Estos minerales ocurren como relleno de vetillas y fracturas, y también diseminados. Los grados hipógenos promedio para estas zonas son -0.14 g/t Au y 0.8 % Cu (Davies & Williams, 2005).

La distribución de leyes en tres dimensiones (figura 5.27) presenta un núcleo central de baja ley, con geometría de campana, que representa el frente inicial (FI) de deposición a alta temperatura y ley relativamente baja (pero mayor de 0.4 % Cu). Alejándose de este núcleo y de manera concéntrica a esta forma de campana, se tiene una mayor ley de cobre, superior a 0.8 % Cu, que se considera como el frente de máxima deposición (FM), la cual ocurrió a menor temperatura que el FI. Cerca al borde del yacimiento y en forma de campana paralela a la anterior, se tiene una zona de menor ley, mayor de 0.4 % Cu, considerada como el frente final de deposición (FF), representando una menor temperatura respecto al FM (Tumialán, 2003). La observación de los FI, FM y FF en el pórfido de Michiquillay indica que este yacimiento ha sufrido cierta erosión. La alteración potásica, de mayor temperatura, coincide con el núcleo central de baja ley. La alteración sericitica corresponde con la zona de mayor ley (FM). Los bordes del yacimiento presentan una alteración propilitica, coincidiendo con el FF. En la parte más superior, existe una zona lixiviada y oxidada con limonita, malaquita, crisocola, cuprita y calcantita, de espesor que varía entre 20 y 180 m, la cual sobreyace a una zona de sulfuros secundarios, espesa de 30 m en promedio, con presencia de calcosina, covelita, bornita, calcopirita, y pirita. La zona de sulfuros primarios que le infrayace se caracteriza principalmente por calcopirita y pirita.

Las zonas de alteración intensa de cuarzo-muscovita-pirita (filica) y de caolinita tardía (argílica) ocupan el núcleo del sistema (figura 5.27). Venillas de cuarzo-pirita con orillos de muscovita/illita se observan en todo el complejo intrusivo, cortando todas

las vetillas. Una intensa alteración filica se sobrepuso en forma destructiva a las texturas más antiguas. Sin embargo, la intensidad de la alteración de cuarzo-muscovita-pirita se debilita hacia los bordes del mencionado núcleo, donde reemplazó parcialmente las rocas con alteración potásica. Las fallas de orientación NNO-SSE parecen haber controlado la distribución de estas alteraciones. Los sulfuros precipitados durante esta alteración incluyen pirita en grandes cantidades, además de molibdenita y calcopirita menores. Luzonita y tetraedrita-tennantita se identificaron en las partes superiores centrales de la zona de alteración filica. Los grados de Au y Cu en esta zona (0.08 g/t Au y 0.57 % Cu; Davies & Williams, 2005) son más bajos que en las zonas de alteración potásica.

El complejo intrusivo Michiquillay está ubicado en la caja techo de un retrocorrimiento de rumbo NO (figura 5.26). El yacimiento está cortado por fallas locales identificadas en afloramientos, predominantemente hacia su parte central. Estas fallas son subverticales y presentan orientaciones NNO-SSE y NNE-SSO. Las fallas NNO-SSE separan zonas de alteración potásicas en el NE y SO del complejo, y definen el límite exterior de una zona de fuerte alteración filica. Se nota un aumento en la densidad de stockwork a lo largo de estos planos de falla. Algunos planos de fallas NNO-SSE contienen zonas localizadas de cuarzo gongorado (vuggy) que están asociadas espacialmente con rasgos nítidos de oxidación de tipo gossan. Se infiere que las fallas NNO-SSE, que son las dominantes en el yacimiento, tuvieron una marcada influencia tanto en la alteración como en la mineralización (Davies & Williams, 2005).

Michiquillay presenta una zona de enriquecimiento supérgeno caracterizada por el reemplazo de la calcopirita hipógena por covelita y calcosina, donde las leyes varían de 2.2 a 0.5 % Cu, con un promedio de ~ 1.09 % Cu (figura 5.27; Davies & Williams, 2005). La alteración argílica, tardía y caracterizada por caolinita, se sobrepone en parte a la alteración de cuarzo-muscovita, siendo asociada espacialmente con zonas de falla y extendiéndose a profundidades de 100 m bajo la superficie (Davies & Williams, 2005). De acuerdo al reporte técnico de Southern Copper Corporation, Suc. del Perú (2021), los recursos inferidos ascienden a 2288 Mt @ 0.43 % Cu. Según la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Michiquillay se encuentra en la etapa conceptual y sería puesta en marcha para el 2029 con una inversión CAPEX de US\$ 2500 millones.

El Galeno

El yacimiento El Galeno se ubica 7.5 km al norte de Michiquillay, en el límite distrital de La Encañada y Sorochuco, departamento de Cajamarca. Sus afloramientos están a una altitud comprendida entre 3850 y 4100 m s. n. m. Su geología ha sido descrita por Córdova y Hoyos (2000), y Davies y Williams (2005), entre otros.

Según el MINEM (2021), presenta reservas de 803 Mt @ 0.11 g/t Au, 2.6 g/t Ag, 0.014% Mo y 0.48% Cu. Conforme a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto El Galeno (Lumina Copper S.A.C.) se encuentra en la etapa de pre-factibilidad y su puesta en marcha estaría por definir, con una inversión CAPEX de US\$ 3500 millones. Existe una relación directa del Au con Cu. Múltiples stocks intrusivos, de composiciones mayormente dacíticas, se emplazaron entre ~17.5 y ~16.5 Ma (Davies & Williams, 2005) cerca al plano axial del anticlinal de El Galeno (figura 5.28), conformado por estratos sedimentarios mayormente arenosos de edad Cretácico inferior (Grupo Goyllarisquizga). Estos stocks forman parte de una hilera de stocks mineralizados que se extiende a lo largo de ~60 km desde Hualgayoc hasta el este de Cajamarca. En El Galeno la mineralización ocurre en una zona hipógena cubierta por una capa de enriquecimiento supérgeno de hasta 120 m de espesor.

Varios diques gabroicos no mineralizados afloran al suroeste y noroeste del centro mineralizado, mostrando una cloritización débil a moderada; están metidos tanto en planos de fallas subverticales de orientación N-S a NO-SE como en planos de estratificación con fuerte buzamiento. Una edad ⁴⁰Ar-³⁹Ar de 29.4 ± 1.4 Ma obtenida sobre fenocristales de hornblenda de un dique gabroico indica que estos diques son oligocenos y, por tanto, anteriores al emplazamiento del sistema porfídico de El Galeno (Davies & Williams, 2005).

El sistema porfídico intruyó principalmente estratos sedimentarios compuestos de cuarzoarenitas y limolitas. Su forma es elíptica, teniendo 1250 m de largo por 600 m de ancho, con un eje mayor orientado NO-SE, paralelo al rumbo del anticlinal que lo hospeda (figura 5.28). Los contactos visibles entre intrusiones y rocas de caja sedimentarias son subverticales. Las perforaciones mostraron que el complejo intrusivo no se extiende lateralmente más allá del límite de su afloramiento (Davies & Williams, 2005).

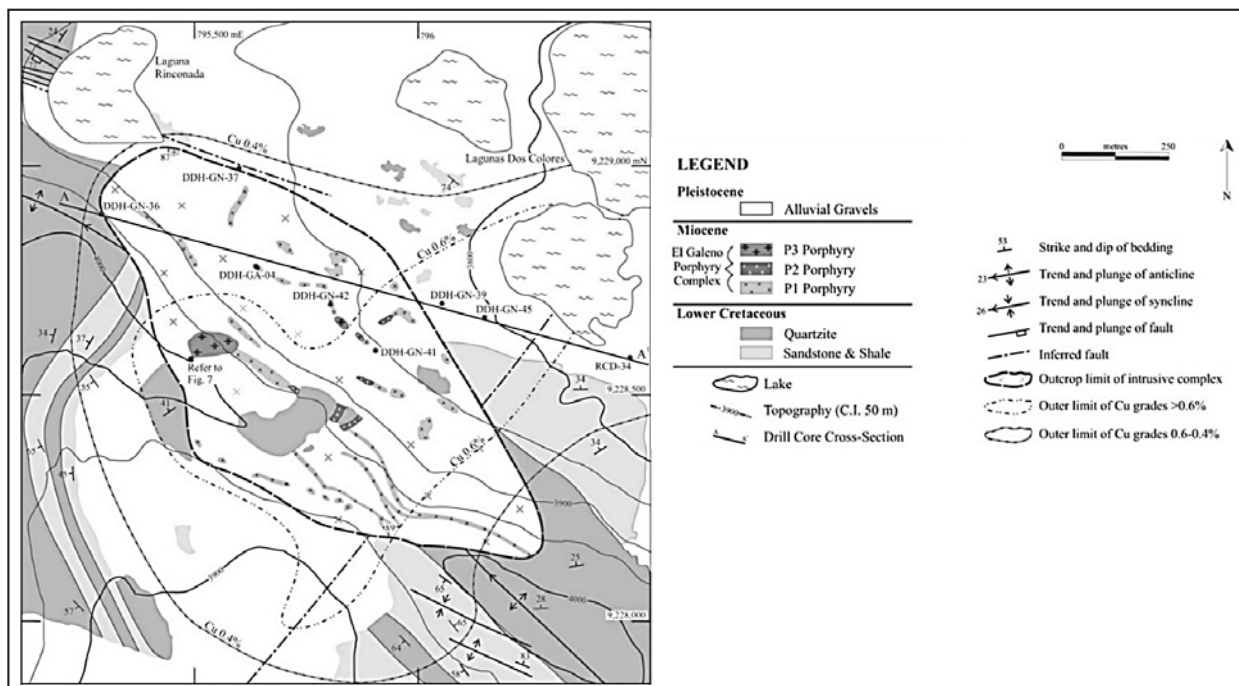


Figura 5.28 Mapa geológico del prospecto de El Galeno. Se ilustran las principales unidades litológicas y estructuras a la escala del prospecto, así como los límites de las zonas de ley de Cu.

Fuente: Davies & Williams (2005)

El sistema porfídico comprende al menos cuatro pulsos intrusivos (figura 5.29). Tres de ellos se identificaron en afloramientos y el cuarto se observó en testigos de perforación. La cronología

de emplazamiento de estas cuatro intrusiones se estableció observando relaciones de corte, superposición, alteración, y vetillas tanto en testigos de perforación como en afloramientos.

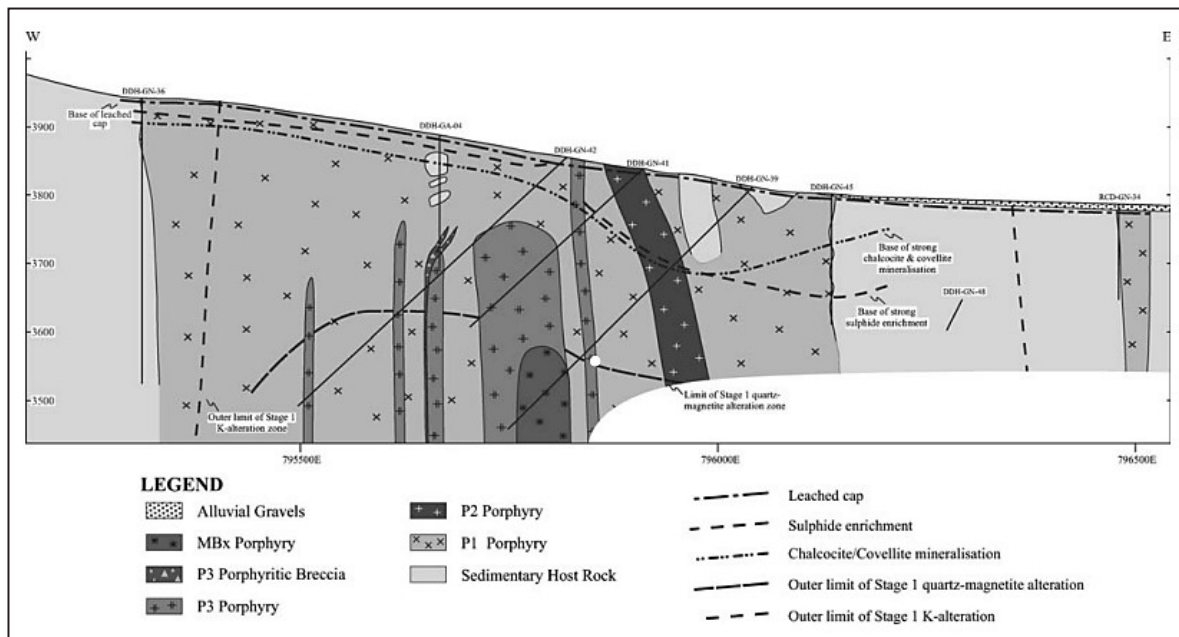


Figura 5.29 Sección a través del sistema porfídico de El Galeno mostrando la distribución de las principales unidades litológicas y límites de zonas de alteración. Se muestra también los límites inferiores del recubrimiento lixiviado, zona de calcosina-covelita y de enriquecimiento de sulfuros.

Fuente: Davies & Williams (2005)

Pórfido P1. El pulso intrusivo más antiguo consiste en una diorita porfírica de grano medio y textura de tipo crowded, con plagioclasa euهدral a subهدral, y cantidades menores de fenocristales euهدrales de biotita y hornblenda, y redondeados de cuarzo. Los fenocristales de plagioclasa (An44-46; 35-45 % vol.) miden entre 0.3 and 5.0 mm. Los de biotita y hornblenda magmáticas (1 % vol.) miden 0.5-2.0 mm están mayormente reemplazados por biotita secundaria. Entre los cuatro pulsos identificados, este pórfido P1 conforma el cuerpo más grande; las intrusiones posteriores se emplazaron hacia el núcleo de P1.

Pórfido P2. El segundo pulso intrusivo también consiste en una diorita porfírica, pero texturalmente heterogénea. Se caracteriza predominantemente por una textura porfírica de tipo crowded, con pequeños cristales de plagioclasa (0.5-1.0 mm; An42-60) y granos redondeados de cuarzo menos abundantes; pero varía levemente a una roca porfírica de grano medio (1.5-3.0 mm). Los fenocristales muestran características similares a los del pórfido P1. Se obtuvo una edad ^{40}Ar - ^{39}Ar de 17.5 ± 0.3 Ma sobre una biotita hidrotermal de esta intrusión (Davies & Williams, 2005).

Pórfido P3. Los stocks que se agrupan como "pórfido P3" consisten en una cuarzo-diorita de grano grueso y textura porfírica de tipo crowded, con fenocristales euهدrales de plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda. Los fenocristales de plagioclasa (An42-51; 30-35 % en volumen) muestran una zonación oscilatoria y miden entre 1 y 8 mm. Los fenocristales

redondeados de cuarzo miden entre 2 y 10 mm; los de hornblenda (~3 % vol.) miden entre 1.0 y 5.0 mm; los "libros" de biotita euهدral (6 % vol.) miden de 1.0 a 10.0 mm. Este pórfido P3 contiene escasos xenolitos de fragmentos con alteración de cuarzo-magnetita. Los contactos de un cuerpo de pórfido P3 son subverticales, sugiriendo que este pulso intrusivo se presenta a manera de diques subverticales de pequeño tamaño.

Brecha porfírica P3. Se encuentran brechas hidrotermales a lo largo de contactos de algunos de los cuerpos de pórfido P3 (figura 5.29). Fragmentos observados dentro de la brecha hidrotermal incluyen cuarzos angulares a subredondeados y vetillas de cuarzo-magnetita que en tamaño varían desde milímetros hasta varios centímetros. La matriz está predominantemente compuesta por cuarzo, muscovita y piritita.

Pórfido MBx. El pulso intrusivo más reciente está representado por una brecha magmática levemente porfírica, con fenocristales y xenolitos en una matriz rica en feldespato. Los fenocristales de plagioclasa (An40-56; ~10 % vol.; 0.5-9.0 mm) son euهدrales y muestran múltiples maclas. Los "libros" de biotita (~2 % en volumen) son euهدrales y miden entre 0.3 y 3.0 mm; por el método ^{40}Ar - ^{39}Ar se obtuvo en este mineral una edad plateau de 16.53 ± 0.18 Ma (Davies & Williams, 2005). Los fenocristales de cuarzo (~1% en volumen) son redondeados y miden ~3 mm. Los granos de hornblenda acicular (0.3-2.0 mm) están parcialmente reemplazados por biotita secundaria. Se atravesó

esta unidad en profundidad en la parte norte-central del pórfido P1. Los xenolitos son generalmente redondeados y en tamaño varían desde unos pocos hasta decenas de centímetros; dominan xenolitos alterados y mineralizados retrabajados de los tres pulsos anteriores.

El Galeno se ubica en la intersección del anticlinal homónimo, de caja techo, y de una falla de desgarre orientada NE-SO (figura 5.28). El anticlinal, cuyo eje buza suavemente hacia el NO, se formó encima del corrimiento de Puntre. La caja techo está conformada por estratos del Cretáceo inferior que cabalgan a estratos del Cretáceo superior en la caja piso, implicando un rechazo inverso de ~2 km (Davies & Williams, 2005). Al este y noroeste del sistema intrusivo, el corrimiento tiene un rumbo aproximadamente ONO y un buzamiento de ~30° hacia el SSO, lo que sugiere que la falla forma una rampa inversa de bajo ángulo. Sin embargo, al noreste del complejo el corrimiento presenta una deflexión horaria a casi NNO. Otras observaciones sugieren que existe un cambio desde una rampa frontal de bajo ángulo, al este y noroeste de El Galeno, a una rampa oblicua de alto ángulo dentro de la zona de deflexión (Davies & Williams, 2005).

Afloramientos en el cerro Señal Guaguayo, al suroeste del sistema intrusivo, exponen fallas normales subverticales cuya orientación varía entre NO-SE y casi E-O, y cuyos rechazos entre ~2 y ~5 m. Brechas de falla y diques gabroicos alterados (espesos de 1 a 3 m) ocurren en algunos de estos planos de falla. Las fallas normales medidas en Cerro Listo tienen una orientación regular NE-SO y rechazos de hasta 10 m. Fotografías aéreas sugieren que una falla de desgarre orientada NE-SO cruza el valle que separa los relieves formados por Señal Guaguayo y Cerro Listo; se interpreta que esta falla de desgarre corta el anticlinal de El Galeno (Davies & Williams, 2005). Al oeste de Laguna Rinconada (figura 5.28), una serie de pequeñas fallas normales subverticales afecta la Formación Farrat (unidad superior del Grupo Goyllarisquiza). Estas fallas tienen una orientación aproximadamente E-O y rechazos de 0.5-2.0 m, y se infiere que se extienden hasta dentro del centro intrusivo (Davies & Williams, 2005).

Cuatro eventos de alteración distintos se han identificado en El Galeno (Davies & Williams, 2005). El primero está relacionado temporal y espacialmente con los dos primeros pórfidos, P1 y P2, los cuales son mineralizados y cortados por stocks de pórfido P3. El pórfido P3 alterado es a su vez cortado por brechas hidrotermales P3. El pórfido MBx contiene fragmentos mineralizados de todos los pulsos intrusivos anteriores. Los ensambles de alteración asociados con cada uno de los pulsos intrusivos muestran zonaciones. La mineralización se divide entre mineralizaciones hipógena y supérgena. Una

mineralización hipógena ocurre en cada una de las cuatro generaciones de pórfido, y se extiende también de diez a unos cientos de metros en las rocas sedimentarias de caja.

Etapa 1 de alteración-mineralización. La alteración más antigua y difundida se observa en los pórfidos P1 y P2. La asociación dominante consiste en feldespatos potásico y biotita secundaria, que reemplazan fenocristales de plagioclasa y fenocristales de hornblenda y biotita primarias, respectivamente (alteración potásica). Los primeros tipos de vetillas incluyen rellenos de fractura con biotita y cuarzo; les siguen vetillas de cuarzo de 0.5 mm hasta 10 cm de ancho. Stockworks de cuarzo de alta densidad (hasta 50 % en volumen) se relacionan con esta etapa de alteración, y generalmente se extienden unos 200 m debajo de la superficie actual (Davies & Williams, 2005). La densidad de stockwork generalmente disminuye con la profundidad y hacia la periferia del sistema intrusivo, aunque el stockwork de cuarzo se extiende localmente hasta 100 m en las rocas de caja. Una silicificación menor y una leve alteración propilítica también se observan a lo largo de los contactos con las rocas sedimentarias de caja y en zonas localizadas del pórfido P1. Una alteración generalizada de magnetita-cuarzo ocurre en profundidad y hacia la zona central del pórfido P1 (figura 5.28). Fragmentos con alteración de cuarzo-magnetita ocurren como xenolitos en el pórfido P3.

La mineralización hipógena identificada en El Galeno es tanto de relleno de fracturas como de carácter diseminado. La molibdenita es el sulfuro más temprano, ocurriendo en vetillas de cuarzo, tempranas y luego reabiertas, dentro del pórfido P1 y las rocas sedimentarias de caja. El espesor de estas vetillas varía desde unos pocos milímetros a varios centímetros. Las mayores abundancias de molibdenita se dan a lo largo de los contactos entre el pórfido P1 y las rocas de caja. Esta fase de mineralización más antigua fue seguida por la deposición de magnetita y pirita, con proporciones variables de arsenopirita y pirrotina. Estas están cortadas por calcopirita y bornita menor; estas fases posteriores de mineralización se observan en P1 y P2. La pirita hipógena, calcopirita y molibdenita también se extienden en las vecinas rocas sedimentarias de caja. Las zonas hipógenas de alta ley están asociadas con zonas de intensa alteración con biotita hidrotermal y con contactos localizados entre el pórfido P1 y las rocas de caja (Davies & Williams, 2005).

Etapa 2 de alteración-mineralización. La segunda etapa de alteración correspondió temporal y espacialmente con el intervalo de emplazamiento del pórfido P3, de las brechas hidrotermales P3, y de los diques de diorita. La alteración más temprana identificada para esta etapa implicó el reemplazo intenso de la matriz y plagioclasa primaria por feldespatos potásico, y el reemplazo de minerales ferromagnesianos primarios por biotita

hidrotermal. Esta alteración potásica tiene un aspecto "ahumado" gris claro, característica única en los cuerpos de pórfido P3. Los diques de diorita presentan un ensamble de alteración similar, pero con una apariencia levemente más oscura. Esta fase de

alteración se caracteriza por una densidad de vetillo bastante menor que en la etapa 1; vetillas antiguas se reabrieron y nuevas vetillas de cuarzo se formaron (Davies & Williams, 2005).

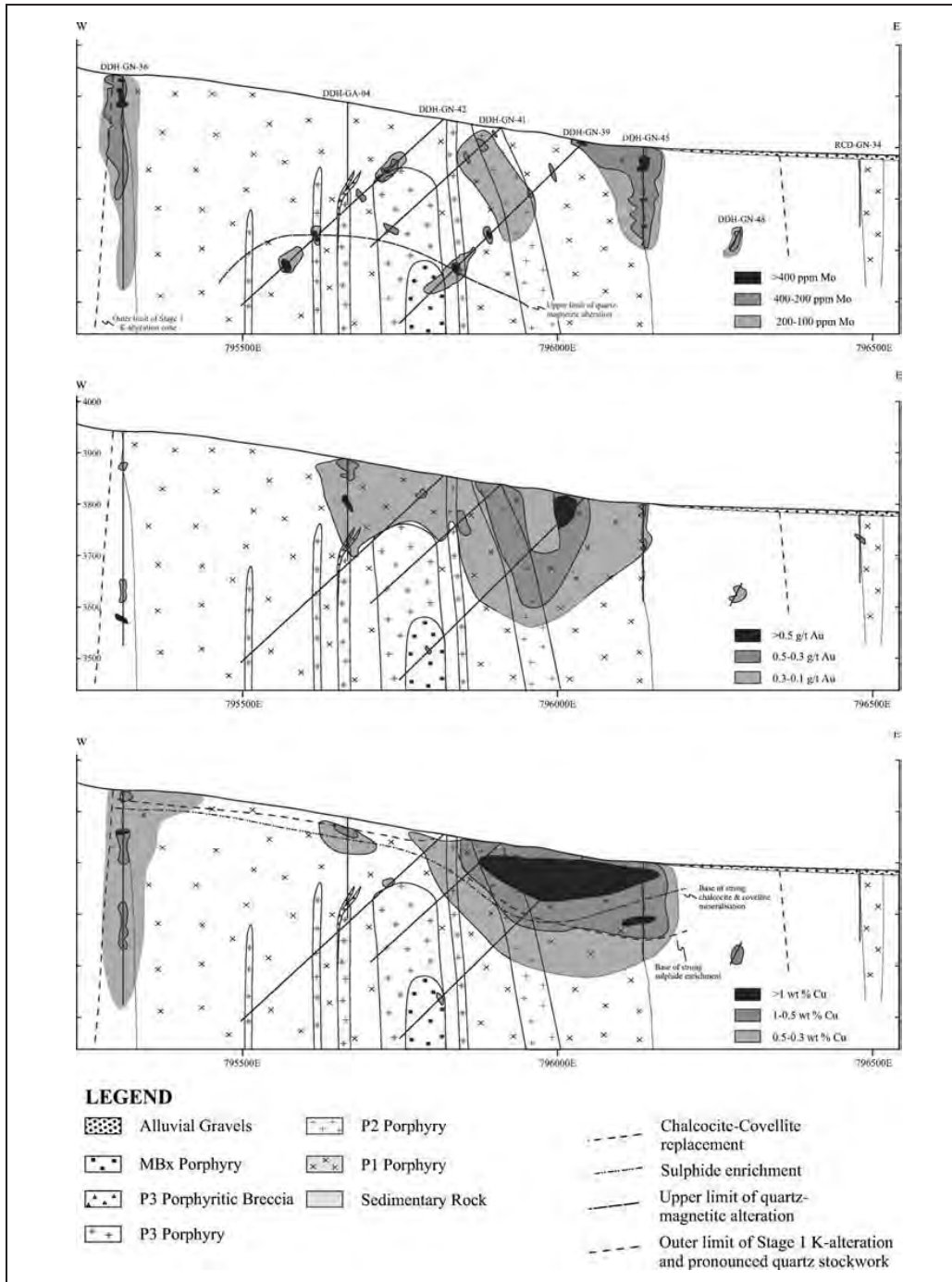


Figura 5.30 Sección a través del prospecto de El Galeno mostrando la distribución de las leyes metálicas. Leyes altas de Au y Cu ocurren en la parte superior oriental del sistema porfídico. Leyes moderadas de Cu ocurren en el flanco oeste del sistema. Las leyes altas de Mo se observan principalmente en los bordes del sistema. La alteración de cuarzo-magnetita y los pórfidos tardíos (P3 y MBx) son poco mineralizados.

Fuente: Davies & Williams (2005)

Un ensamble de alteración (filica) de cuarzo-muscovita/illita \pm pirita se superimpuso a la alteración potásica y vetillas tempranas de cuarzo \pm molibdenita. Esta alteración filica se caracteriza por el reemplazo de los feldespatos por muscovita, el reemplazo de la matriz por cuarzo, y el relleno de fracturas reabiertas o nuevas por cuarzo. Una leve alteración de cuarzo-muscovita es evidente en P1, P2 y P3, y se restringe predominantemente a los 15 m superiores del centro intrusivo.

Vetillas de cuarzo-muscovita-pirita y delgadas venillas de pirita, **todas tardías, se superimpusieron a los stockworks anteriores.** Ocurren vetillas rellenas principalmente por pirita. Calcopirita menor, bornita y molibdenita cristalizaron a lo largo de planos de fractura. Estas vetillas se encuentran predominantemente dentro o muy cerca de los cuerpos P3. Las brechas hidrotermales P3 muestran xenolitos de cuarzo-magnetita en una matriz con cuarzo-muscovita-pirita. Este evento de mineralización se distingue de la etapa 1 por una disminución sustancial en Au, Cu y, en menor medida, Mo, pero generó zonas con un contenido anormalmente alto de Zn y Pb. Leyes anómalamente altas de Ag, Pb y Zn pueden encontrarse en la brecha hidrotermal (Davies & Williams, 2005).

Etapa 3 de alteración-mineralización. La etapa más joven de alteración se relacionó temporal y espacialmente con el emplazamiento del último intrusivo. La alteración es de color gris oscuro y se caracteriza predominantemente por un intenso reemplazo de la matriz y fenocristales magmáticos máficos por biotita hidrotermal de grano fino.

Esta alteración también incluyó un débil reemplazo de la plagioclasa y matriz por feldespato potásico. Una alteración (filica) de cuarzo-muscovita-pirita es evidente cerca de contactos entre xenolitos y brecha magmática; se caracteriza por una abundancia (hasta 15 % vol.) de pirita diseminada de grano fino y un intenso reemplazo de feldespatos por muscovita. Varios eventos tardíos de vetilleo se relacionan temporalmente con esta etapa de alteración, con una mineralogía similar a la de etapas anteriores. Los fragmentos muestran vetillas estériles y mineralizadas que terminan en los límites de fragmentos, sugiriendo que se trata de una nueva fase de mineralización hipógena (Davies & Williams, 2005).

Los sulfuros ocurren comúnmente en zonas de intensa alteración a biotita y feldespato potásico. La cristalización temprana de magnetita fue seguida por el desarrollo de delgadas venillas onduladas de cuarzo. Estas se reabrieron posteriormente y se depositó molibdenita, seguida de pirita, y luego calcopirita y bornita. Esta alteración tardía también incluyó el reemplazo parcial o completo de calcopirita y bornita por hematita.

Una leve alteración argílica existe principalmente en los ~10 m superiores del complejo intrusivo (cobertura lixiviada) y en zonas

con abundante fracturación; en ambos casos los relictos de feldespato y minerales ferromagnesianos han sido reemplazados por caolinita. La mineralización secundaria está restringida a una zona supérgena que se extiende ~120 m por debajo de la superficie actual (figura 5.30). Los minerales de sulfuro presentes en la zona supérgena incluyen calcosina y menor covelita. El reemplazo por calcosina se observa principalmente a lo largo de los bordes de la calcopirita y bornita hipógenas.

Las leyes metálicas en la zona supérgena varían desde 0.7 hasta 1.2 % Cu, siendo mucho más altas que las encontradas en la zona de mineralización hipógena, las cuales generalmente oscilan entre 0.2 y 0.3 % Cu (figura 5.30; Davies & Williams, 2005).

Minas Conga (Perol, Chailhuagón)

Los pórfidos de Au-Cu del área llamada Minas Conga se encuentran en la faja plegada de estratos mesozoicos de la Cordillera Occidental, en el departamento de Cajamarca. Exploraciones realizadas entre 1992 y 1999 revelaron la existencia de dos yacimientos de Au-Cu de tipo pórfido, Perol y Chailhuagón (figuras 5.25, 5.31), el primero siendo de mayor importancia por su volumen y contenido metálico (Llosa et al., 1996, 1999). Ambos se emplazaron en el Mioceno inferior dentro de unidades estratigráficas del Cretáceo medio conformadas por carbonatos y se encuentran dentro del corredor metalogénico Hualgayoc-Michiquillay, donde se ubican otros pórfidos mineralizados como Michiquillay, El Galeno, Cerro Corona, La Carpa. Según el MINEM (2020), presenta reservas de 504 Mt @ 0.28% Cu y 0.72 g/t Au. De acuerdo a la publicación de Newmont (2021), los recursos medidos e indicados son de 356 Mt @ 2.06 g/t Ag, 0.65 g/t Au, 0.26 % Cu; y los recursos inferidos son 118.4 MT @ 0.39 g/t Au, 0.19 % Cu, y 89.9 Mt @ 1.13 g/t Ag. Según la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Conga (Minera Yanacocha S.R.L) se encuentra en etapa de factibilidad y su puesta en marcha está por definir: con una inversión CAPEX de US\$ 4800 millones.

Llosa et al. (1996, 1999), y Llosa y Veliz (2000) dieron a conocer las características de la alteración y mineralización en Minas Conga, destacando eventos importantes que resultaron en la génesis de ambos yacimientos, con una "etapa prógrada" correspondiendo a las alteraciones potásica y propilitica, y una "retrógrada" a las alteraciones filica, argílica intermedia, argílica, y argílica avanzada (con formación de un lithocap).

Lo que aflora del pórfido de Chailhuagón representa la parte media del sistema porfidico original (por lo que su parte superior ha sido erosionada); se trata de un pórfido típico con mineralización de Au-Cu.

El pórfido de Perol, también de Au-Cu, se observa menos erosionado y es entonces más completo que Chailhuagón. La

mineralización se presenta zonada y en dos principales rocas huéspedes: en el mismo pórfido y, alrededor de este, en los carbonatos intruidos con desarrollo de skarn polimetálico de Zn-Pb-Ag(-Au-Cu).

A lo largo del corredor Hualgayoc-Michiquillay, orientado NNO-SSE (figura 5.24), stocks cenozoicos ocurren en forma

de lacolitos, sills asimétricos, y columnas de tipo pórfido que parecen haberse emplazados preferencialmente en zonas flexurales y ejes anticlinales preexistentes, y en interfaces estratigráficas donde existía un contraste litológico. Donde intruyeron unidades de carbonatos, estos stocks generaron en su parte superior una skarnización generalmente débil pero localmente fuerte.

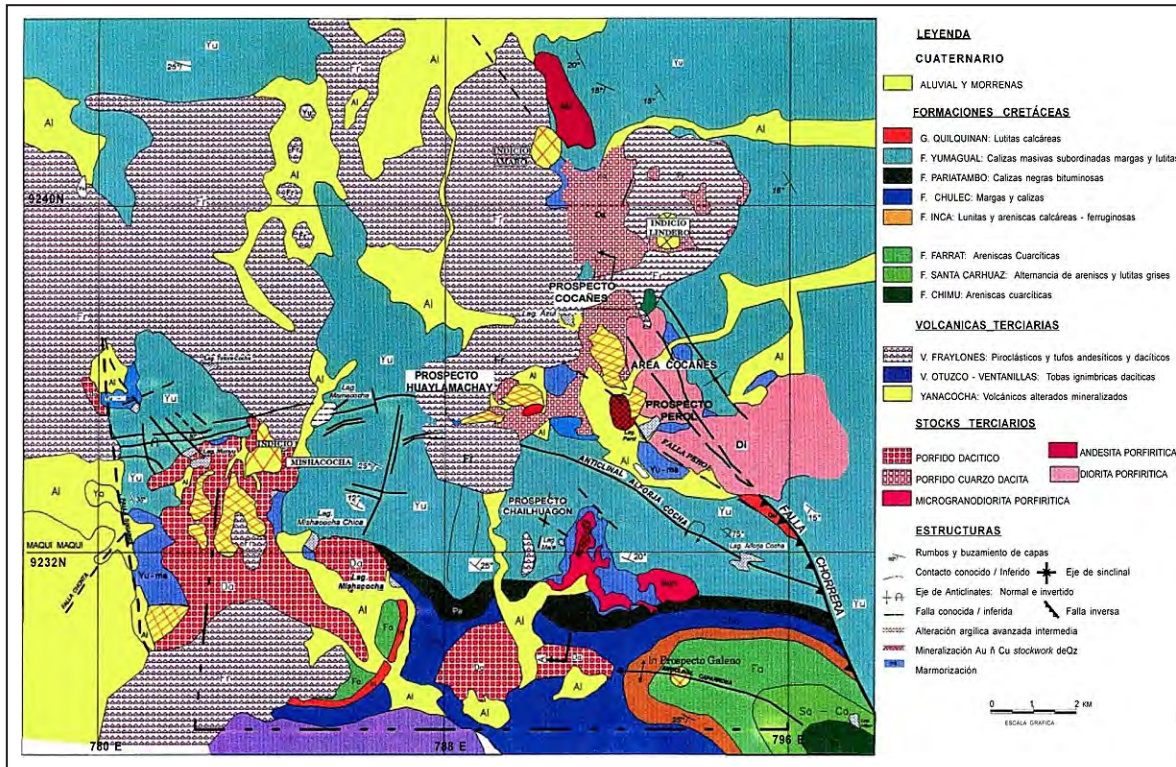


Figura 5.31 Mapa geológico del área de Minas Conga.

Fuente: Llosa et al. (1996)

Perol

El yacimiento de Perol consiste en un típico pórfido de Au-Cu, en cuya periferia se extiende una mineralización de skarn de Zn-Pb-Ag(-Au-Cu) en rocas calcáreas de caja. La sucesión estratigráfica regional, de edad cretácea, fue intruida 1) en el Eoceno (~43 Ma) por un stock diorítico (que presenta dos facies: una microdiorita ampliamente expuesta al este, y una diorita de grano fino ubicada en el mismo yacimiento), y 2) en el Mioceno inferior por un pórfido cuarzo-feldespático mineralizador (figura 5.32).

Este Pórfido Cuarzo-Feldespático (PQF) se emplazó en la diorita eocena, aparentemente en tres pulsos:

- El primer episodio correspondió al pórfido PQF principal, que alberga el mayor volumen de mineralización.
- El segundo episodio fue intermineral, pero de menor importancia.

- El tercer episodio fue tardío y estéril.

Después de la mineralización se emplazaron también diques andesíticos, dacíticos, y de brecha, que ocurren en la periferia del yacimiento y son de reducida extensión.

Alrededor del pórfido PQF, principalmente al oeste y norte, y a manera de lentes hacia el este, existen zonas de skarn con mineralización polimetálica con Au-Cu en estratos limo-calcáreos. Estos skarns muestran cuarzo, magnetita, grosularia, piroxenos y epidota, y localmente son completamente estériles.

El yacimiento está ubicado en un corredor estructural de orientación NO-SE. Tres sistemas principales de fracturamiento y fallamiento (NO-SE, N-S, E-O) parecen relacionados con los procesos de alteración y mineralización (Llosa et al., 1999).

La alteración potásica está estrechamente asociada a la formación del yacimiento. Se reconocieron dos subtipos: 1) en el pórfido principal mineralizado una asociación feldespato potásico-

cuarzo-biotita-magnetita, y 2) en la diorita una asociación biotita-actinolita-cuarzo-magnetita, con poco feldespato potásico. Sus dimensiones originales son de 1.6 km de largo por 0.7 km de ancho, con un eje mayor orientado NO-SE, y hacia la periferia pasa gradualmente a la alteración propilitica, la cual está dominada por una asociación clorita-epidota-carbonatos, con un poco de pirita, pero sin mineralización.

La alteración filica, caracterizada por una asociación cuarzo-sericita-illita-caolinita-pirita, se superpone por lo general a la alteración potásica, generándose un halo argílico intermedio en su contacto, y obliterando completamente la textura del protolito. Se desarrolla en la parte central de los sectores Perol Oeste y Perol Este, midiendo 550 m de largo (según el eje N-S), 200-280 m de ancho, y 400-500 m de profundidad. Alberga la mejor mineralización de Au-Cu.

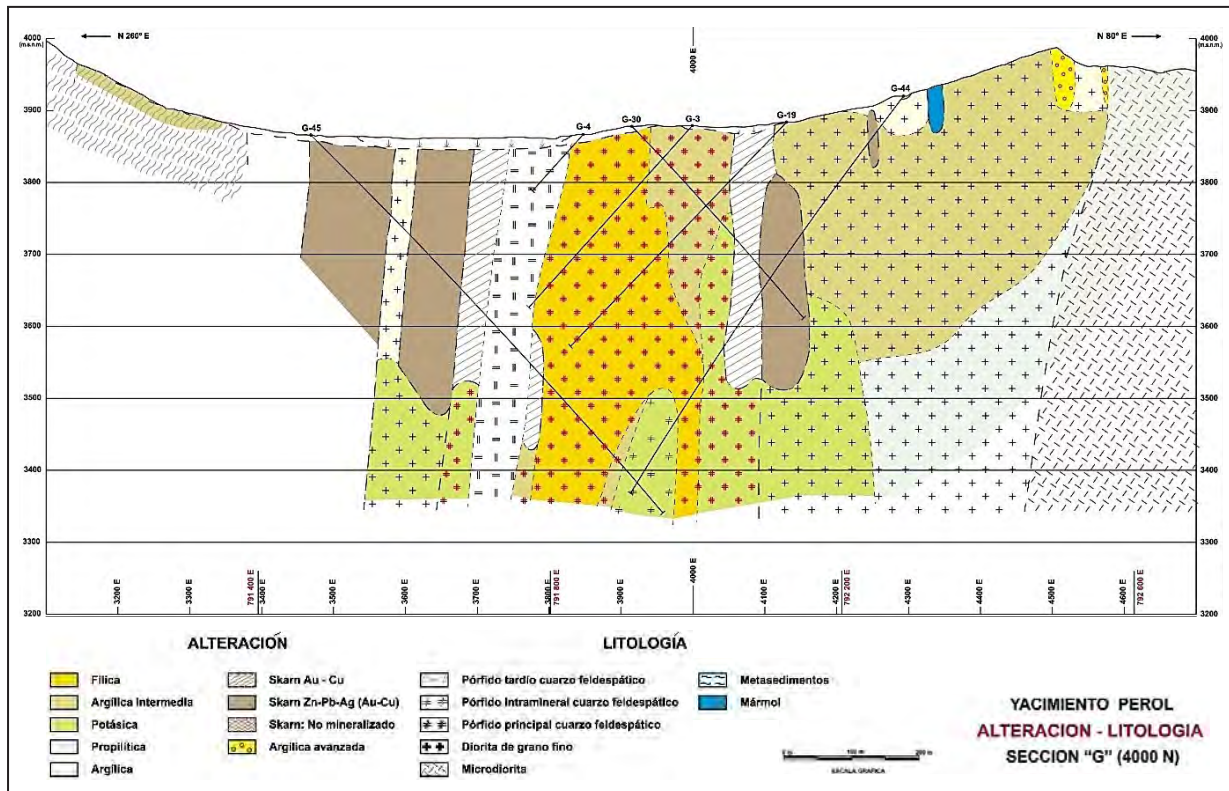


Figura 5.32 Sección geológica a través del yacimiento de Perol, ilustrando litologías y alteraciones.

Fuente: Llosa et al. (1996)

La alteración argilica intermedia, caracterizada por una asociación cuarzo-illita-clorita-caolinita-hematita, se superpone a la alteración potásica a manera de transición entre esta y la filica, lo que explica que es de ocurrencia restringida. Presenta una mineralización similar a la de la zona de alteración potásica.

Alteraciones argílicas, caracterizadas por una asociación de caolinita, illita, y otras arcillas, ocurren en los niveles superficiales de los intrusivos, y en lodolitas de la sucesión sedimentaria intruida.

La alteración argilica avanzada está expuesta en los bordes norte y este del yacimiento, conformando el lithocap del pórfido. Se caracteriza por la asociación sílice-alunita-pirofilita-caolinita y es estéril.

La mineralización se alberga en el pórfido y skarn, pero con un mayor volumen en el primero, donde los sulfuros de cobre

ocurren diseminados y en venillas, consistiendo en calcopirita, bornita y covelita, y siendo acompañados por pirita y magnetita. El oro ocurre libre, como inclusiones en la calcopirita y bornita.

La mineralización de Au-Cu se encuentra zonada en columnas verticales, con buena correlación estadística entre estos metales. La zona mejor mineralizada está ligada a un denso stockwork de cuarzo en la zona de alteración filica superpuesta a la potásica.

Las zonas de skarn se encuentran en la periferia del pórfido a manera de lentes discontinuos, con mayor frecuencia en los bordes norte, noreste y oeste del yacimiento. Se diferencian: 1) skarns de cuarzo-magnetita, con o sin mineralización de Au-Cu, y 2) skarns de granates-piroxenos-epidota, con mineralización polimetálica (Zn-Pb-Ag, Au-Cu).

Estas características hacen que el yacimiento de Perol presenta una zonación concéntrica, con un núcleo de Au-Cu y una periferia con Zn-Pb-Ag. El enriquecimiento secundario es muy restringido, ocurriendo solo parcialmente en los primeros 50 m bajo la superficie.

Como mínimo, los recursos estimados alcanzan a ~350 Mt con leyes de 0.80 g/t Au y 0.30 % Cu, lo que corresponde a un contenido fino de ~255 t Au y ~1.1 Mt Cu.

Chailhuagón

Chailhuagón es un yacimiento de Au-Cu localizado en un stock microgranodiorítico, de textura microporfírica y edad Mioceno inferior, que intruye los estratos calcáreos que constituyen la Formación Yumagual, de edad Albiano superior-Cenomaniano inferior, la cual presenta en esta área un rumbo E-O y buzamiento de 20-25° al norte. El stock tiene una forma elongada según la dirección N-S, con ~2.0 km de largo y 0.5-0.7 km de ancho; se emplazó en una zona N-S de debilidad transversal al anticlinal Caparrosa, orientado E-O. La mineralización parece relacionada con tres sistemas de fracturación.

La roca porfídica presenta fenocristales de plagioclasa, biotita, hornblenda, cuarzo y poca magnetita; la pasta está compuesta por microcristales de cuarzo y plagioclasa. La intrusión generó en las calizas una aureola de marmorización de 100 a 200 m de ancho, pero muy poca skarnización. Sin embargo, bloques calcáreos englobados por el pórfido sí presentan skarnización.

La alteración principal es la potásica, estrechamente relacionada temporal y espacialmente a la mineralización de Au-Cu. Ocurre en forma penetrante y selectiva. La asociación mineralógica se caracteriza por cuarzo, feldespato potásico, biotita, actinolita. Muestra una geometría paralela a la forma alargada del intrusivo, con dimensiones de 1.0 km de largo (eje N-S) por 300 m de ancho y 250 m de extensión vertical (figura 5.33), grada lateralmente y en profundidad hacia las zonas propilíticas o cloríticas. La alteración propilítica constituye un halo angosto e irregular alrededor de la zona potásica, caracterizado por clorita, epidota y carbonatos, generalmente en contacto con las facies calcáreas intruidas.

La alteración filica representa un evento retrógrado de poco desarrollo, que se superpone a la alteración potásica en la parte alta del yacimiento, lo que sugiere que gran parte de esta zona filica ha sido erosionada; se caracteriza por un stockwork denso. Otra facies retrógrada, denominada "clorítica", corresponde a la asociación clorita-actinolita que se desarrolla alrededor de la alteración potásica y se caracteriza por el reemplazo de la biotita hidrotermal por clorita.

La mineralización de sulfuros primarios consiste en piritita (1-2 %), calcopiritita (0.5-2.0 %), bornita (0.3-0.8 %), y molibdenita muy subordinada. La mineralización de sulfuros de Cu ocurre mayormente diseminada en la matriz de la roca afectada por la alteración potásica, pero también, en stockworks de cuarzo, en venillas de tipo A y B, y localmente en venillas de sulfuros más tardíos. Los sulfuros secundarios son calcosina y covelita, pero se restringen a los niveles altos del yacimiento.

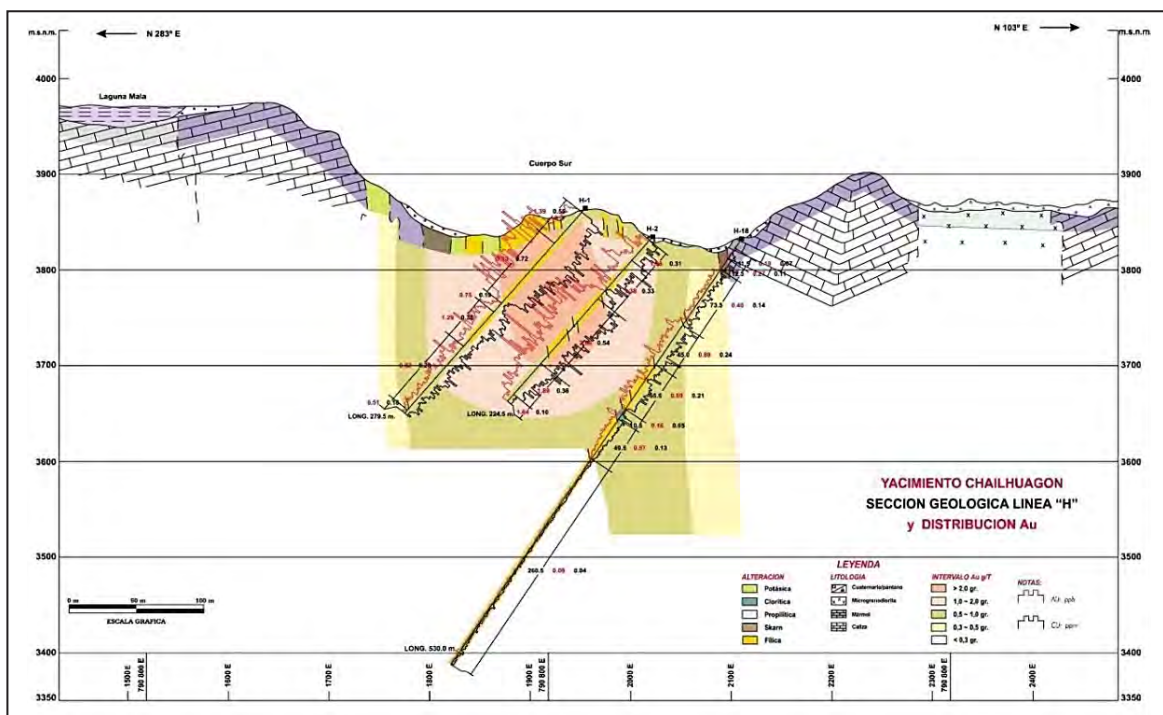


Figura 5.33 Sección geológica a través del yacimiento de Chailhuagón, ilustrando litologías y alteraciones. Fuente: Llosa et al. (1996)

El oro ocurre como inclusiones muy finas (5-30 micras) en calcopirita y bornita y ocasionalmente en pirita y cuarzo. La correlación estadística entre valores de Au y Cu es alta.

Como mínimo, los recursos estimados alcanzan a ~75 Mt, con leyes de 0.94 g/t Au y 0.29 % Cu, lo que corresponde a ~70 t Au y ~0.2 Mt Cu.

Cerro Corona

El yacimiento de Cerro Corona consiste en un pórfido de Au-Cu ubicado en el distrito de Hualgayoc, departamento de Cajamarca (figura 5.34). Su geología ha sido descrita y

comentada por Uzátegui et al. (2016) y Longridge (2018), entre otros (figura 5.35). Estos estudios han mostrado que se emplazaron múltiples intrusiones porfíricas de cuarzo-diorita con biotita, mineralógica y químicamente indistinguibles, las cuales fueron seguidas por la intrusión de diques de andesita y de granodiorita de hornblenda. Estas rocas intruyen la sucesión estratigráfica cretácea regional, la cual incluye en particular los estratos silicoclásticos que conforman el Grupo Goyllarisquizga y las formaciones Inca, Chulec, Pariatambo y Yumagual, que consisten predominantemente en carbonatos (Benavides, 1956; Wilson, 1984).

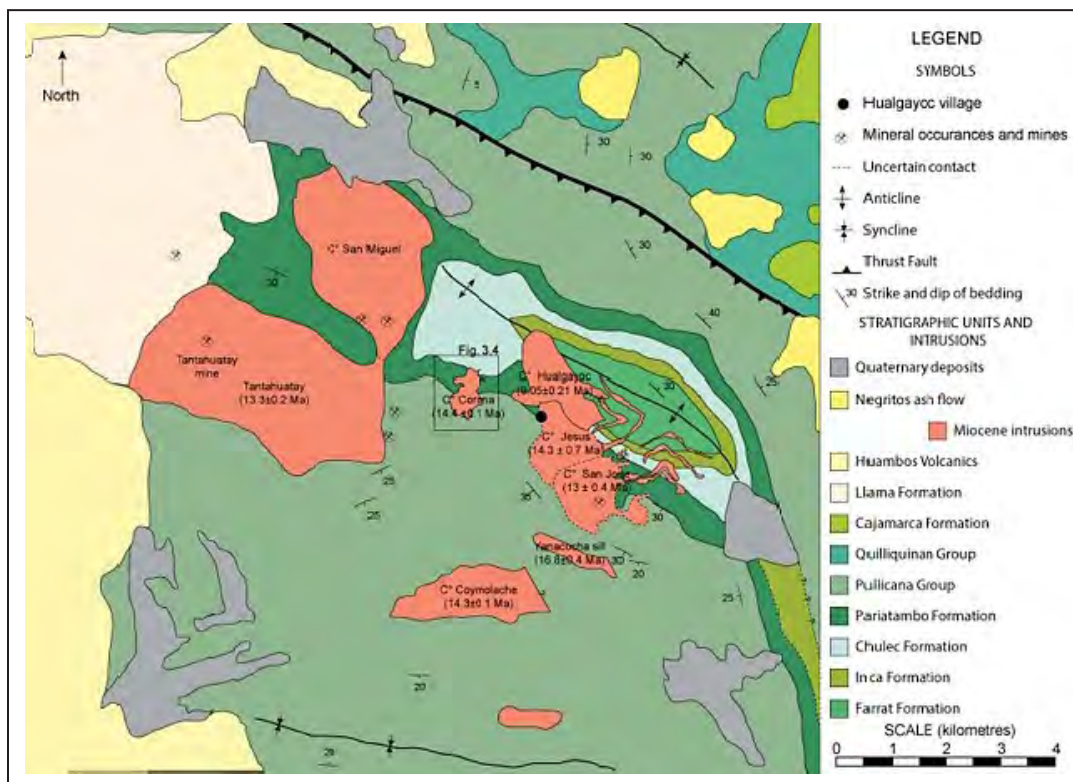


Figura 5.34 Mapa geológico del distrito minero de Hualgayoc. Las intrusiones miocenas se ubican en su mayoría cerca del eje del anticlinal homónimo de caja techo.

Fuente: Longridge (2018)

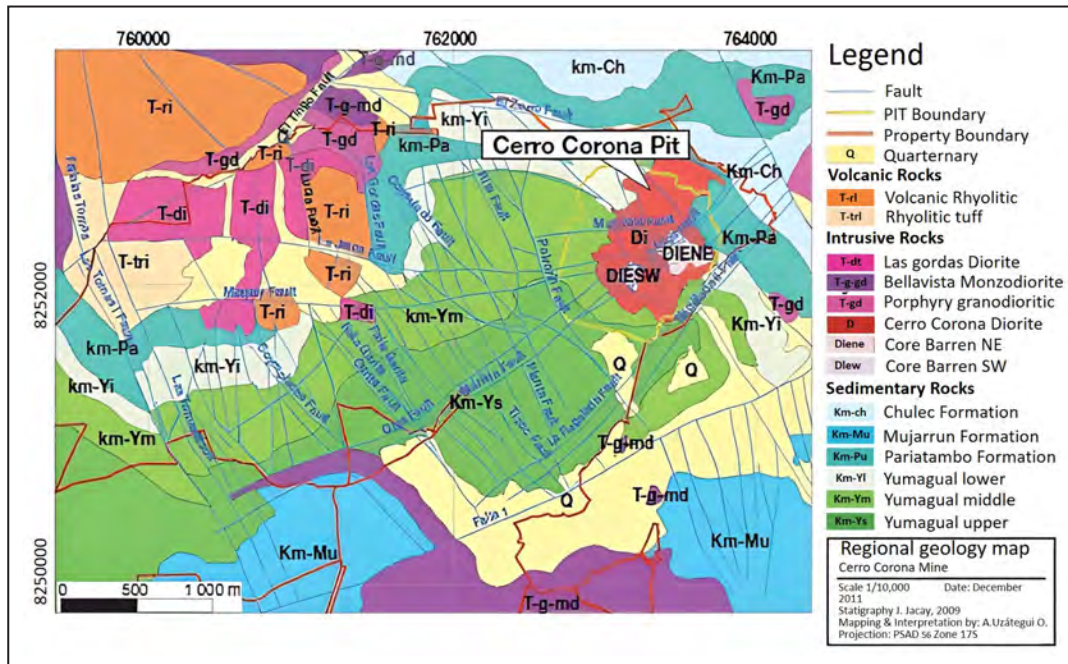


Figura 5.35 Mapa geológico del área de Cerro Corona.

Fuente: Uzátegui et al. (2016)

Las dataciones obtenidas sobre rocas del distrito de Hualgayoc, recopiladas por Longridge (2018), indican que el magmatismo correspondiente se desarrolló durante el Mioceno medio y superior. La edad más antigua, de 14.4 ± 0.1 Ma, fue obtenida sobre una cuarzo-diorita de

Cerro Corona por el método U-Pb en zircones (James, 1998); otras dos dataciones se obtuvieron usando este método particularmente confiable para determinar edades de cristalización: 14.3 ± 0.1 y 13.2 ± 0.2 Ma sobre andesitas de los cerros Coymolache y Tantahuatay (figura 5.34), respectivamente (James, 1998). Dos riodacitas del Cerro Hualgayoc arrojaron edades K-Ar en biotita magmática de 9.1 ± 0.2 y 7.9 ± 0.3 Ma (Macfarlane et al., 1994).

Uzátegui et al. (2016) reconocieron en el stock de Cerro Corona, que intruyó las formaciones Pariatambo y Yumagual, seis pulsos intrusivos (figura 5.36) que conforman anillos concéntricos, con leyes altas de Au y Cu, las cuales coinciden espacialmente con zonas de stockworks y vetillas, y vetas polimetálicas tardías.

Por lo general, la alteración hidrotermal se presenta de modo algo similar a la de otros depósitos de tipo pórfido. Sin embargo, una diferencia significativa es que en Cerro Corona la alteración argílica afecta de manera “telescópica” a todo el yacimiento, extendiéndose ampliamente hasta una profundidad de 400 m bajo la superficie actual. Este fenómeno sugiere que se

produjo un levantamiento (uplift) significativo del área mientras la alteración hidrotermal estuvo activa (Longridge, 2018).

La alteración ha sido descrita principalmente en la zona hipógena, por lo que por encima de esta el control de la mineralización se debió a factores supérgenos (Uzátegui et al., 2016). Los pulsos intrusivos presentan un centro estéril con alteración potásica (feldespato potásico \pm biotita \pm magnetita), con eventual vetilleo de cuarzo \pm magnetita \pm calcita, o sobreimposición de otras alteraciones como clorítica o argílica, de intensidad moderada a débil. Una alteración filica (cuarzo-sericita-pirita) circunda a la alteración potásica e incluye un stockwork de venillas de cuarzo \pm magnetita \pm calcopirita \pm pirita \pm especularita con mineralización significativa tanto de oro como de cobre (calcopirita y bornita). Esta mineralización de mejor ley forma anillos concéntricos alrededor de los pulsos intrusivos (Uzátegui et al., 2016), y está asociada a una silicificación que reemplazó a la roca inicial y rellenó las fracturas del stockwork (sin embargo, existen áreas silicificadas, pero estériles).

La alteración argílica intermedia se sobreimpone a las alteraciones filica y potásica, resultando ser la más extensa en el yacimiento. Se puede subdividirla en tres asociaciones (Uzátegui et al., 2016):

- La alteración argílica A1 se caracteriza por abundante caolinita \pm sericita – illita/esmectita. Suele ser intensa, se

sobreimpone principalmente a la alteración filica, y es común en las zonas mineralizadas.

- La alteración argílica A2 se caracteriza por la predominancia de esmectitas ± montmorillonita ± caolinita-illita ± biotita secundaria. Es desde selectiva a perversiva. Coexiste con mineralización menor en vetilleo de cuarzo ± magnetita ± calcopirita ± pirita.
- La alteración argílica A3 se caracteriza por la predominancia de montmorillonita ± esmectitas ± caolinita-illita ± biotita secundaria ± óxidos de hierro. Coexiste con mineralización en vetillas de cuarzo ± magnetita ± calcopirita ± pirita ± especularita.

La espectroscopía infrarroja reveló que el mineral arcilloso dominante es la esmectita, con una mezcla de illita y/o caolinita. La alteración argílica con caolinita dominante parece estar relacionada con la oxidación de sulfuros cerca de la superficie y se sobreimpone hacia abajo a alteraciones anteriores, de manera “telescópica”, preferentemente a lo largo de zonas permeables, mientras que la alteración argílica con esmectita dominante se desarrolló en condiciones casi neutras, más profundas y periféricas a las zonas mineralizadas por sulfuros (Longridge, 2018).

Los isótopos del oxígeno intracristalino indica que la illita y caolinita se formaron a temperaturas de ~300 °C y >150 °C, respectivamente. Las composiciones calculadas para los fluidos sugieren que los que formaron la illita estaban compuestos de >70 % de fluidos magmáticos; los que formaron la caolinita eran una mezcla equitativa de fluidos meteóricos y magmáticos; y el que formó la esmectita era predominantemente un fluido meteórico calentado (Longridge, 2018).

El yacimiento porfídico de Cerro Corona presenta cuatro zonas clásicas de mineralización: una zona de oxidación, una zona supérgena, una zona transicional y la zona hipógena (Uzátegui et al., 2016).

Una parte de la mineralización del yacimiento consiste en calcopirita y bornita asociadas a una alteración potásica y cristalizadas en vetillas tempranas de tipo A. Estas vetillas son irregulares y discontinuas, y están rellenas en gran parte por cuarzo anhedral. Las intrusiones posteriores modificaron los patrones de mineralización y fueron seguidas de vetillas planares de cuarzo con molibdenita (tipo B), vetillas tardías de sulfuros (mayormente pirita, calcopirita y bornita (tipo C), y vetillas (tipo D) con cuarzo, sulfuros y anhidrita, con halos de sericita y/o clorita, cortando todas las vetillas preexistentes. También se

presentan vetas tardías de cuarzo drusiforme con sulfuros (calcopirita, bornita, molibdenita, pirita) y calcita, con halos de sericita, que cortan todos los tipos de vetillas del stockwork (Uzátegui et al., 2016).

Observaciones microscópicas en secciones delgadas y pulidas, y observaciones macroscópicas en campo, permitieron determinar una sucesión paragenética, donde se observa magnetita/hematita ampliamente distribuida, como primer componente mineralógico. El reemplazo de magnetita por hematita (por oxidación) parece anterior a la formación de las vetillas de pirita y calcopirita, mientras que la hematita tabular y su reemplazo pseudomórfico por magnetita (por reducción, dando la variedad mushketovita de la magnetita) sería posterior a estas (Uzátegui et al., 2016).

La pirita corroe y reemplaza a la magnetita, representando el segundo componente mineralógico. La esfalerita, tercer componente, se sobreimpone a la pirita. La calcopirita reemplaza algunas veces la esfalerita y otras la pirita, y por lo tanto sería el cuarto componente. La galena y enargita-tennantita (cobres grises) corroen a la calcopirita y representan un quinto componente. Como sexto componente se observa la bornita sobre calcopirita y enargita-tennantita. En la zona transicional la calcosina y digenita conforman el séptimo componente. El oro se encuentra con la magnetita, pirita y calcopirita (primer, segundo y cuarto componentes, respectivamente; Uzátegui et al., 2016).

La mineralización de sulfuros hipógenos sufrió una intensa oxidación, generándose dos clásicas zonas supérgenas (Uzátegui et al., 2016). La primera corresponde a la de oxidación y lixiviación, caracterizada por óxidos de hierro y oro libre. La segunda infrayace con minerales supérgenos de cobre como calcosina y covelita. Ambas son subparalelas, con una potencia máxima de 40 m. Debajo de la segunda zona supérgena se extiende la zona primaria, hipógena, caracterizada por la presencia de calcopirita, bornita, pirita, molibdenita, magnetita y oro.

El oro ocurre en varios contextos, tempranos a tardíos. Es contemporáneo con la magnetita y/o en ocasiones molibdenita en facies tempranas, con la calcopirita y bornita en facies intermineral, y con cuarzo y/o cobres grises en facies tardías. La relación temporal del oro con otros minerales en las vetillas y vetas tardías está siendo investigada (Uzátegui et al., 2016). De acuerdo a la memoria anual Gold Fields (2021), se tiene como reservas 58.3 Mt @ 0.59 g/t Au, 0.37 % Cu y recursos de 96.5 Mt @ 0.54 g/t Au, 0.35 % Cu.

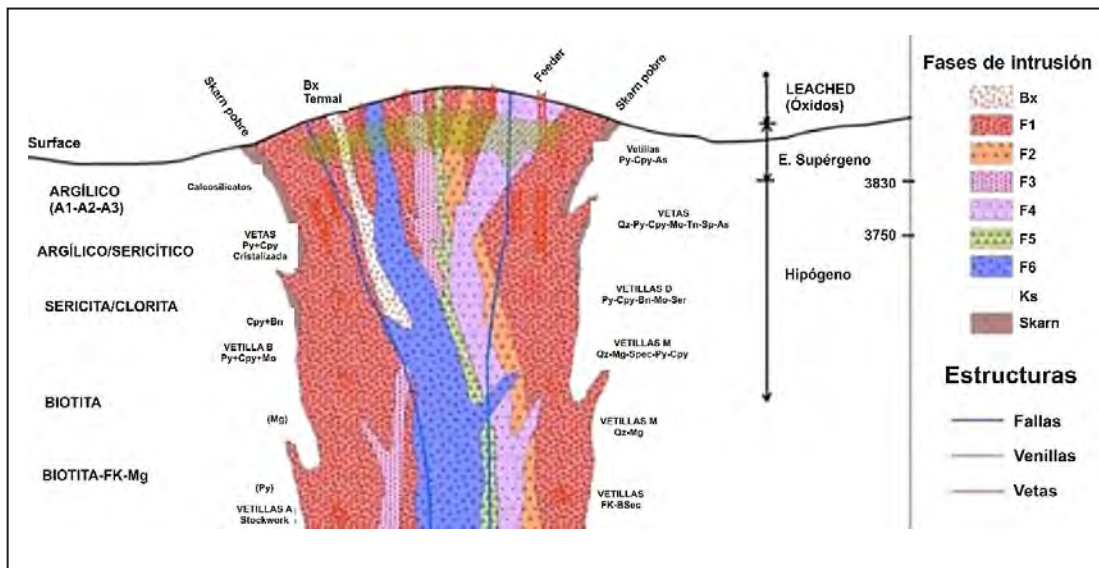


Figura 5.36 Sección geológica a través de Cerro Corona, ilustrando los pulsos magmáticos reconocidos y los principales rasgos de alteración.

Fuente: Uzátegui et al. (2016)

La Granja

El yacimiento de La Granja ha sido descrito por Samamé (1994), Tumialán (2003) y Bejarano (2017). Se ubica al norte de la hacienda La Granja, en el distrito de Querocoto del departamento de Cajamarca, a una altitud promedio de 2500 m s. n. m.

Se trata de un stock mioceno de 3 km (N-S) por 2 km (E-O) que presenta facies de cuarzo-monzonita y de dacita (figura 5.37). Este stock intruyó la sucesión estratigráfica mesozoica regional, la cual comprende:

- El Grupo Goyllarisquizga (Valanginiense-Aptiano), dominado por areniscas, limolitas y lutitas, y con intercalaciones calcáreas subordinadas.

Las formaciones Chúlec (Albiano inferior y medio) y Pariatambo (Albiano superior) están conformadas mayormente por calizas y margas, y lutitas subordinadas.

Una espesa sucesión volcánica de edad cenozoica, compuesta por la Formación Llama (lavas y flujos piroclásticos andesíticos) y la Formación Porculla del Grupo Calipuy (lavas e ignimbritas dacíticas a riolíticas), sella las deformaciones pronunciadas que a escala regional afecta los estratos mesozoicos. Estas deformaciones incluyen fallas inversas, como la falla Sallique, de rumbo NO-SE, que parece haber tenido alguna influencia sobre la formación del yacimiento, y plegamientos con ejes orientados NO-SE.

El yacimiento de Cu-Mo-Ag-Zn de La Granja existe en torno a un sistema porfídico central, compuesto de varias intrusiones magmáticas individuales y de varias generaciones de brechas hidrotermales, y de zonas de skarn donde se encuentra en contacto con calizas de la sucesión estratigráfica intruida. En su conjunto el stock está afectado por fracturaciones de tipo stockwork y brechamientos, por donde pudieron migrar los fluidos que resultaron en la mineralización. Los pórfidos individuales se emplazaron en dos sectores principales: el de Cerro Paja Blanca al este, y el de Cerro El Mirador al oeste y noroeste (Bejarano, 2017).

El sector del Cerro Paja Blanca incluye un pórfido de composición diorítica, y otro de composición dacítica. Este pórfido diorítico representa el cuerpo más antiguo intruido y se lo reconoce en todo el stock, a menudo como relictos debido a las múltiples intrusiones porfídicas y brechosas posteriores; muestra un desarrollo incipiente de venillas de tipo A, B y EB. El pórfido dacítico se emplazó en el centro de una "megabrecha" (de facies mill breccia), y engloba varias brechas; muestra venillas de tipo A y B, con presencia de sericita, y la alteración predominante es de sericita-cuarzo. Sin embargo, en el pórfido diorítico se observa además una alteración argílica intermedia (sericita-arcillas-esmectita-clorita) con remanentes de una alteración potásica biotítica (biotita secundaria-anhidrita-magnetita-clorita-pirita).

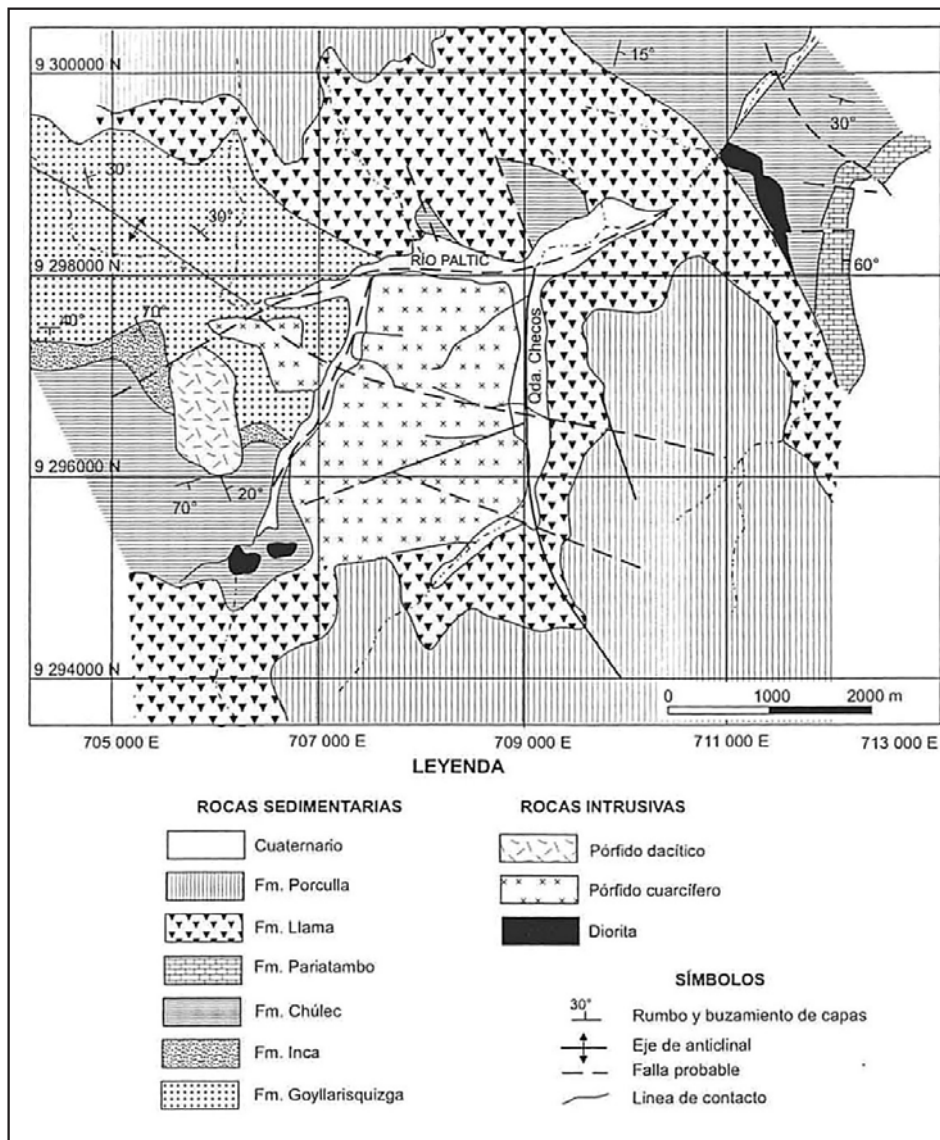


Figura 5.37 Mapa geológico del yacimiento de La Granja.

Fuente: Tumialán (2003) modificado por Samamé (1994)

En el sector de Cerro El Mirador, afloran los pórfidos Mirador, Peña Brava y Napo, un complejo de diatremas brechosos, y el sector de mantos de El Rollo. Una "megabrecha" se emplazó mayormente en estratos cuarzoarenosos del Grupo Goyllarisquizga y unidades calcáreas sobreyacentes, llegando a formar niveles de skarn sobre ~300 m.

En el complejo de brechas (que incluye roca molida de tipo mill breccia), la alteración es de sericita-illita, con remanentes de alteración argílica intermedia (sericita-illita-esmectita-cuarzo), principalmente en el pórfido diorítico; es de sericita-cuarzo en el pórfido dacítico; la alteración es predominantemente argílica (illita-caolinita-sericita) en las diatremas.

La mineralización es típica de un sistema porfídico de cobre con asociación lateral de skarn en sus contactos con calizas. El área mineralizada tiene una extensión de 1000 m (N-S) por 750 m (E-O) en planta, y se divide verticalmente entre zonas clásicas:

La zona de oxidación-lixiviación se caracteriza por limonita, malaquita y crisocola. Su espesor varía de 20 a 132 m. Comprende un horizonte argentífero hacia su base.

La zona enriquecida, de sulfuros secundarios, se caracteriza por pirita, calcosina, covelita y digenita; también se observan enargita, tennantita, bornita, idaita y molibdenita, calcopirita, esfalerita. Su potencia varía entre 175 y 230 m, siendo más profunda en las zonas de brechas.

La zona intermedia comprende minerales de enriquecimiento secundario con presencia de minerales primarios. Se extiende inmediatamente debajo de la zona de enriquecimiento. Su espesor varía entre 10 y 200 m.

La zona primaria, hipógena, se caracteriza por calcopirita y pirita, con pequeñas ocurrencias de calcopirita-enargita y calcopirita-pirita-magnetita. Molibdenita se presenta en venillas de cuarzo y, en menor proporción, diseminada. Tennantita ocurre en venillas. En los skarns, la mineralización es de calcopirita, esfalerita (marmatita), pirita, con sectores con calcopirita-pirita-magnetita y, muy localmente, galena. En lavas andesíticas, la mineralización es calcopirita-pirita-magnetita.

Según el Ministerio de Energía y Minas (2020), presenta reservas de 4,320 Mt @ 0.51% Cu. De acuerdo a Pérez (2019), los recursos inferidos son 2700 Mt @ 0.51 % Cu, 0.1 % Zn. Conforme a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto La Granja (Río Tinto Minera Perú Limitada S.A.C.) se encuentra en etapa conceptual y su puesta en marcha estaría por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 5000 millones.

Centro del Perú: Junín, Áncash

Hasta la fecha se conocen relativamente pocos yacimientos de tipo pórfido en el centro del Perú. En Áncash, se pueden mencionar los yacimientos de El Águila y Pashpap; en Junín, los pórfidos de Toromocho, en curso de explotación, y de Santa Bárbara, en curso de exploración. Este capítulo solo presenta en detalle el yacimiento de Toromocho y Pashpap.

Toromocho y distrito de Morococha

El distrito minero de Morococha se caracteriza por la sobreimposición de yacimientos polimetálicos de tipo "cordillerano" (vetas y cuerpos de reemplazo epitermales) a mineralizaciones de tipo pórfido y skarn relacionadas con intrusiones subvolcánicas de edad Mioceno superior. El distrito cubre un área de ~70 km² ubicada en la parte noroeste del Domo de Yauli, en la Cordillera Occidental del Perú central.

El pórfido de Cu-Mo de Toromocho se encuentra en la parte oeste del distrito de Morococha, en la provincia de Yauli del departamento de Junín. La geología de esta área (figura 5.38) y de Toromocho ha sido descrita por Álvarez (1999), Bendezú (2007), Bendezú et al. (2008), Kouzmanov et al. (2008a) y Catchpole et al. (2015), entre otros.

Múltiples stocks porfídicos de edad Mioceno superior intruyeron una sucesión estratigráfica que consiste en el Grupo Excelsior (Devónico; dominado por lutitas y limolitas oscuras, de origen marino, deformadas); seguido en discordancia por el Grupo Mitu (Triásico medio a superior; rocas volcánicas y depósitos volcano-clásticos relacionados), sobreyacido por el Grupo Pucará (Triásico superior y Jurásico inferior; calizas, dolomías y margas marinas); seguido en discordancia mayormente erosiva: el Grupo Goyllarisquiza (Aptiano superior a Albiano basal en esta región; areniscas y limolitas predominantemente rojizas, de origen continental), transicionalmente sobreyacido por una sucesión de unidades marinas esencialmente carbonatadas (Albiano a Turoniano), la cual está rematada por la Formación Casapalca (capas rojas arenosas a lutíticas).

El más antiguo registro del magmatismo mioceno es la diorita Anticoná, ubicada en la parte noroeste del distrito (figura 5.38), que es de edad Mioceno medio (U-Pb en zircones: 14.11 ± 0.04 y 14.07 ± 0.04 Ma; Beuchat, 2003; Kouzmanov et al., 2008b). Esta intrusión fue aparentemente estéril.

Entre ~9 y ~6.5 Ma (Mioceno superior; Beuchat, 2003; Kouzmanov et al., 2008b), una serie de intrusiones porfídicas (dioritas, granodioritas a cuarzo-monzonitas; calco-alcalinas clásicas con contenido de potasio medio a alto; Kouzmanov et al., 2008a) intruyeron la sucesión estratigráfica, así como la diorita Anticoná. El pórfido de Cu-Mo de Toromocho domina la parte central del distrito y está asociado con extensas zonas de alteración potásica y filíca, que afectan las intrusiones llamadas Pórfido feldespático (8.2 ± 0.4 Ma), Pórfido granodiorítico (edad máxima estimada: 8.2 ± 0.1 Ma), y Pórfido cuarcífero (7.8 ± 0.1 Ma; estas 3 edades por U-Pb en zircones: Kouzmanov et al., 2008b). Biotita hidrotermal de una veta porfírica del Pórfido granodiorítico arrojó una edad ⁴⁰Ar-³⁹Ar de 6.81 ± 0.14 Ma (Kouzmanov et al., 2008b).

Las dataciones disponibles indican que, en las diferentes partes del distrito de Morococha, la actividad magmática e hidrotermal asociada se desarrolló durante un periodo largo de por lo menos 2 Ma. Es entonces probable que la notablemente alta abundancia de cuerpos mineralizados de interés económico en el distrito se deba a la superposición espacial, durante el Mioceno superior, de múltiples eventos magmáticos e hidrotermales asociados (Kouzmanov et al., 2008a), lo que parece ser uno de los principales factores que controlan la formación de yacimientos gigantes relacionados a pórfidos (Gustafson et al., 2001).

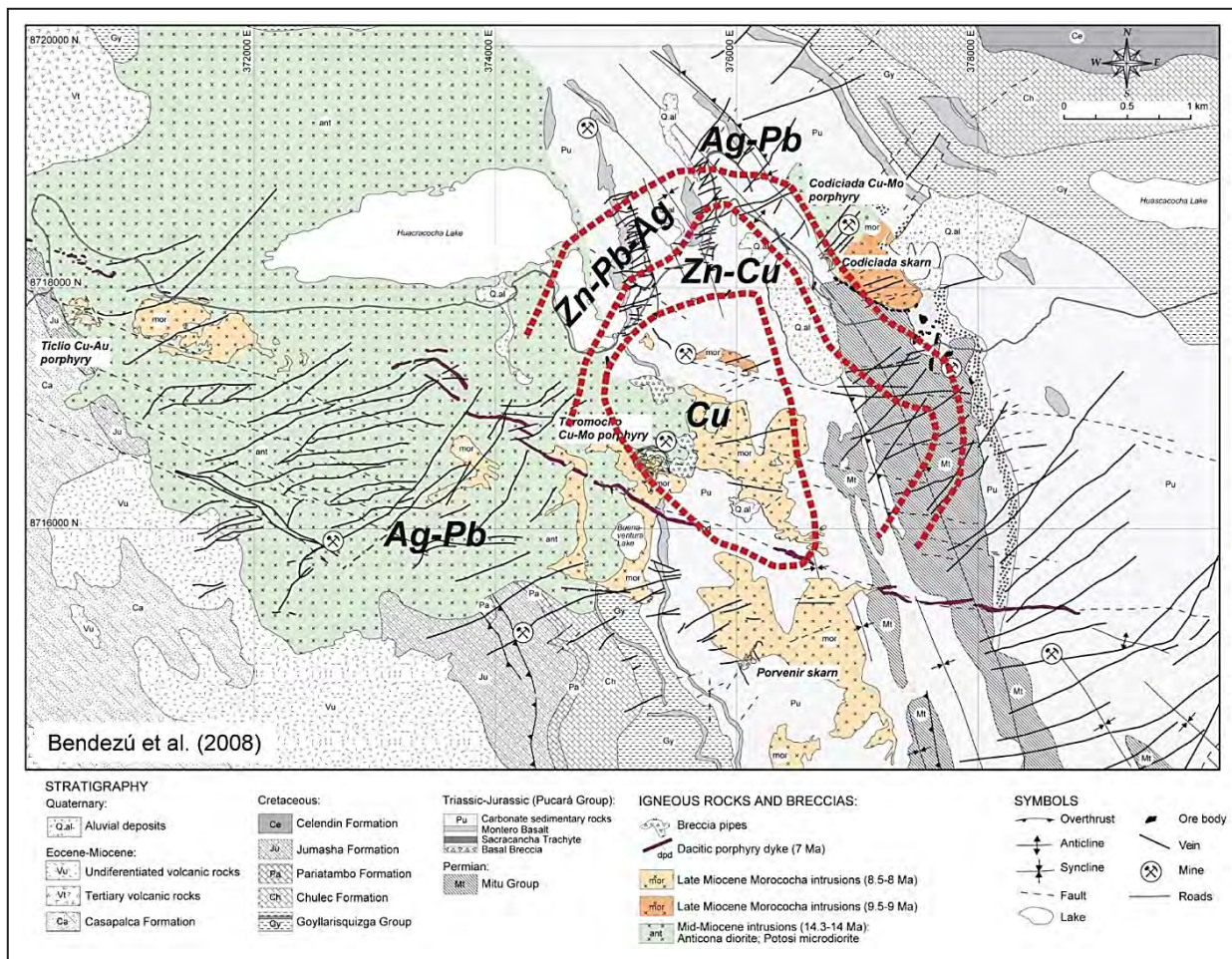


Figura 5.38 Mapa geológico del distrito de Morococha.

Fuente: Bendezú et al. (2008); Kouzmanov et al. (2008a)

En otro pórfido denominado Codiciada, en el área noreste (figura 5.38), la mineralización consiste en stockworks de cuarzo-calcopirita, cuarzo-magnetita, cuarzo-pirita-molibdenita o cuarzo-pirita. En este mismo y en el pórfido de Ticlio (área más occidental; figura 5.38), y otras de las intrusiones más recientes, existen mineralizaciones de Cu-Mo o de cuarzo-magnetita con oro, asociadas a zonas de alteración potásica y calco-sódica (Kouzmanov et al., 2008a).

Exoskarns masivos de magnetita-serpentina y endoskarns de granate y diópsido, parcialmente hidratados a epidota, anfíbol y clorita, y a menudo con mineralización polimetálica, se encuentran principalmente donde facies porfídicas intruyen carbonatos dolomíticos del Grupo Pucará (como en los skarns Codiciada y Porvenir; figura 5.38; Kouzmanov et al., 2008a). Una característica particular, a la escala del distrito de Morococha, consiste en que mineralizaciones polimetálicas epitermales se superpusieron a los sistemas porfídicos (Kouzmanov et al., 2008a). A la misma escala existe una zonación metálica, con un núcleo rico en Cu, dominado por una mineralización de calcopirita, tennantita, enargita, y sulfuros y sulfosales conteniendo Cu y Sn, con una transición hacia vetas ricas en Zn-Pb en las partes externas del distrito, a medida que esfalerita,

galena y minerales de Mn aumentan. El nivel de sulfuración más alto de los correspondientes fluidos mineralizadores se alcanza en la parte central del distrito (Kouzmanov et al., 2008a).

Toromocho muestra entonces zonas concéntricas de alteración hidrotermal, que son características de un yacimiento de tipo pórfido de cobre. En la zona central, predomina la alteración potásica, con biotita secundaria, cuarzo y pirita; en la zona filica intermedia, la alteración dominante es cuarzo-sericita; y en la zona exterior la alteración propilítica se caracteriza por asociaciones de epidota-clorita-calcita-titanita (Álvarez, 1999). Bendezú (2007) distinguió tres etapas relativamente complejas en la alteración y mineralización del pórfido de Cu-Mo de Toromocho.

La mineralización de cobre de Toromocho ocurre en la parte central del zoneamiento del distrito de Morococha (figura 5.38), emplazada en los contactos intrusivo-calizas, en brechas, vetas, vetillas, stockworks, cuerpos, mantos, y diseminaciones. La mineralogía consiste en pirita, calcopirita, tetraedrita, enargita, esfalerita, cuarzo, magnetita, calcosina, covelita, bornita, cobre nativo, tennantita, rodocrosita, y silicatos de calcio-magnesio (Álvarez, 1999). Las mayores leyes de cobre se ubican en

los contactos entre el Pórfido cuarcífero y el skarn, y entre el Pórfido granodiorítico y el skarn. El skarn tiene leyes apreciables de cobre. Cuerpos intrusivos de brechas hidrotermales son económicamente importantes (Álvarez, 1999).

La lixiviación y oxidación se desarrollaron hasta una profundidad de 25 a 60 m, con limonita y jarosita. La zona de enriquecimiento secundario se caracteriza por calcosina recubriendo calcopirita y pirita. La zona de mineralización primaria se caracteriza por pirita, calcopirita, magnetita, enargita, tennantita, esfalerita, galena, molibdenita, bismutina, pirrotita, cubanita.

Según el Ministerio de Energía y Minas (2020), se tiene reservas de 1 412 Mt @ 0.463% Cu, 0.015% Mo, 5.78 g/t Ag. De acuerdo al Reporte provisional de Chinalco (2016), se tiene reservas de 1457 Mt @ 0.47% Cu, 0.02% Mo, 6.89 g/t Ag; y recursos de 520 Mt @ 6.1 g/t Ag, 0.38 % Cu, 0.01 % Mo. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto de Ampliación Toromocho (Minera Chinalco Perú S.A.), se encuentra en etapa de construcción y sería puesta en marcha para el 2024, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 1355 millones.

Pashpap

El pórfido de Cu-Mo Pashpap ha sido explorado por Compañía Minera de los Cerros Negros (1973) y descrito por Escarrachi (1977), Cinits (2003) y Aranibar (2006). Se ubica en el flanco noroeste de la Cordillera Negra de los Andes, provincia de Santa y departamento de Ancash. Se encuentra entre los 3000 a 4700 m s. n. m., aproximadamente a 370 km al norte de Lima y 153

km al noreste de Chimbote. Se ubica en los 8° 46' 30" de latitud sur y 77° 59' 30" de longitud oeste.

La geología del área está conformada por parte de la secuencia silicoclástica del Mesozoico de las formaciones Chicama (lutitas y calizas), Chimú (areniscas y cuarcitas), Santa (calizas y lutitas), Carhuaz (lutitas y areniscas), Pariahuanca (calizas) y Huaylas (conglomerado y areniscas). Las rocas intrusivas las constituyen tonalitas - granodioritas inalteradas, intruidas por monzonitas y granitos porfíricos con desarrollo de stockwork y restringida alteración hidrotermal, contornea afloramientos de cuarzo - monzonita porfírica, donde se desarrollan principalmente las mayores alteraciones hidrotermales, en los pórfidos de Pashpap.

El metamorfismo de contacto está formado por cuarcitas, delgados skarn de granates, hornfels, tactitas con metales base.

Los controles estructurales tienen dos direcciones importantes: N 30°- 50° O y N 40°-60° E. Sin embargo, la dirección E-O tiene relación con la orientación predominante de los stockworks.

La mineralización en Pashpap es tipo pórfido, donde se encuentran cinco pórfidos de Cu-Mo que son los blancos principales y un yacimiento polimetálico de Zn-Cu±Ag-Pb en una zona de skarn, desarrollado a lo largo del contacto occidental de los intrusivos de Pashpap. Se reconocen cinco centros de magmatismo, que controlan la alteración hidrotermal y la mineralización, las cuales son El Bronce, Huacacuy Norte, Huacacuy Sur, Loma Blanca y 12 de Octubre, asociados a mineralización de Cu-Mo del tipo pórfido. El blanco más avanzado es el pórfido El Bronce que se descubrió primero en 1964.

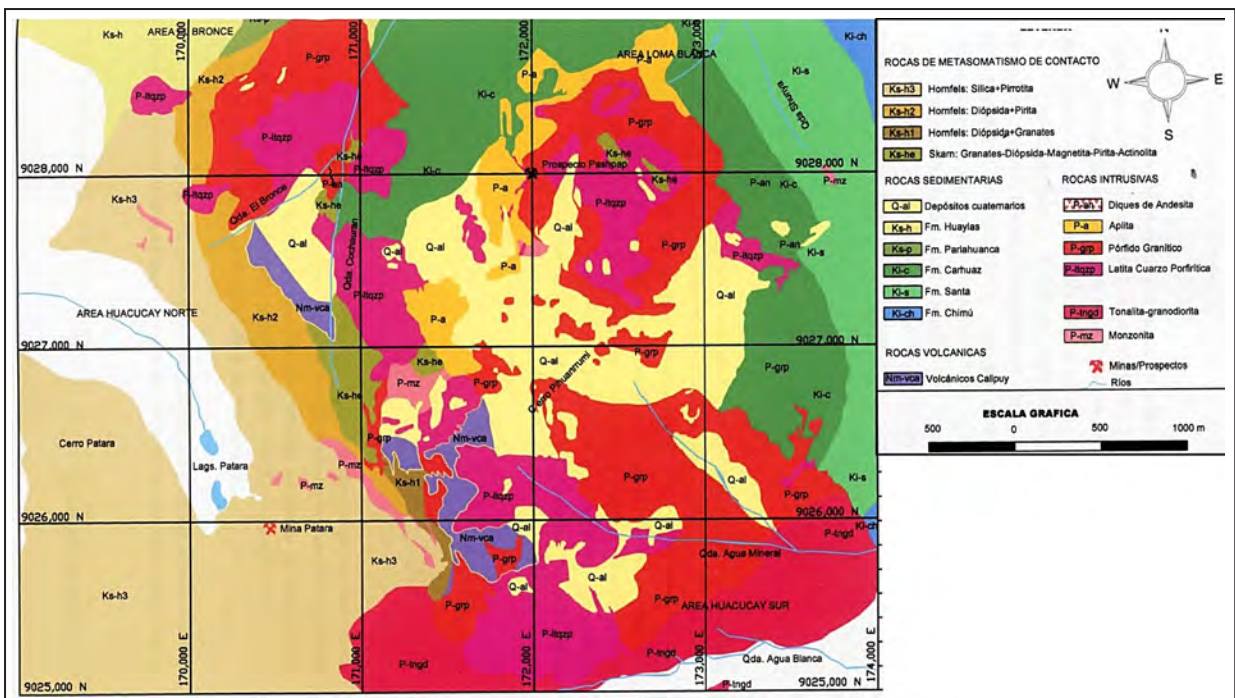


Figura 5.39 Geología local del Pórfido Cu-Mo Pashpap. Fuente: Aranibar (2006)

El Bronce

Los intrusivos se distinguen en una parte central de cuarzo-monzonita porfírica rodeada por un granito porfírico en un área de aproximadamente 1.0 km por 1.4 km. El contacto entre estos dos intrusivos es casi vertical.

La alteración hidrotermal consiste en una alteración potásica asociada mayormente con la cuarzo-monzonita porfírica. Consiste en venillas de cuarzo que forman un stockwork mineralizado con biotita secundaria. Está rodeada de un halo de alteración cuarzo-sericita. En la periferia se desarrolla una alteración argílica con cuarzo, arcilla y un stockwork de cuarzo débil. La alteración propilítica no está bien desarrollada.

La mineralización se define como un evento temprano de mineralización hipógena de cobre-molibdeno de baja ley, seguida por una débil oxidación/lixiviación de la mineralización principal y un débil enriquecimiento supérgeno de cobre como evento posterior.

La mineralización de cobre más importante se asocia al contacto entre la cuarzo-monzonita y el granito porfírico dentro de la zona de alteración filica del stockwork. La mineralización del molibdeno también se desarrollada en la zona de contacto, pero es más fuerte en la cuarzo-monzonita porfírica.

La zona de oxidación/lixiviación tiene poco desarrollo y se extiende a profundidades entre 20 y 150 m de la superficie. La mineralización consiste en hematita, jarosita, además de malaquita y crisocola.

El horizonte de enriquecimiento de supérgeno se ha desarrollado débilmente con espesores de 10 a 200 m. La mineralización ocurre en forma de diseminados, y relleno de fracturas conformada por calcosita, calcopirita, molibdenita, y cantidades menores de bornita, covelita y digenita. Otros minerales de sulfuros incluyen pirita, esfalerita, pirrotita.

Los sulfuros ocurren en vetillas de los stockwork y diseminados a lo largo de las fases intrusivas. La exploración realizada por Cerros de los Negros descubrió las zonas de sulfuros de alta, media y baja ley en el pórfido El Bronce. La zona de sulfuros "alta ley" (6-16 %) se localiza en la porción occidental central y consiste principalmente de calcopirita (3 %), bornita (1 %), covelita (1 %), molibdenita (3 %), calcosita secundaria (7 %) y cantidades menores de pirita. La zona con tendencia norte-sur corresponde a la zona de sulfuro de "moderada ley" (5-6 %), la cual rodea a la anterior y se caracteriza por mineralización con pirita (2 %), calcosita secundaria (1 %), molibdenita (1.5 %) y cantidades menores de calcopirita. La zona de "baja ley" también rodea a las anteriores y está formada por la pirita (3 %), calcopirita (0.5 %), molibdenita (1 %) y calcosita secundaria (0.5 %).

La mineralización de hipógena se encuentra debajo del horizonte de enriquecimiento. La ley cobre en general cae en promedio entre 0.10 y 0.40 % y consiste principalmente en calcopirita, bornita y covelita, junto con menores cantidades de calcosita y digenita. Las leyes de molibdeno se encuentran entre 0.01 % y 0.05 % y se concentra a lo largo del margen exterior de la zona potásica.

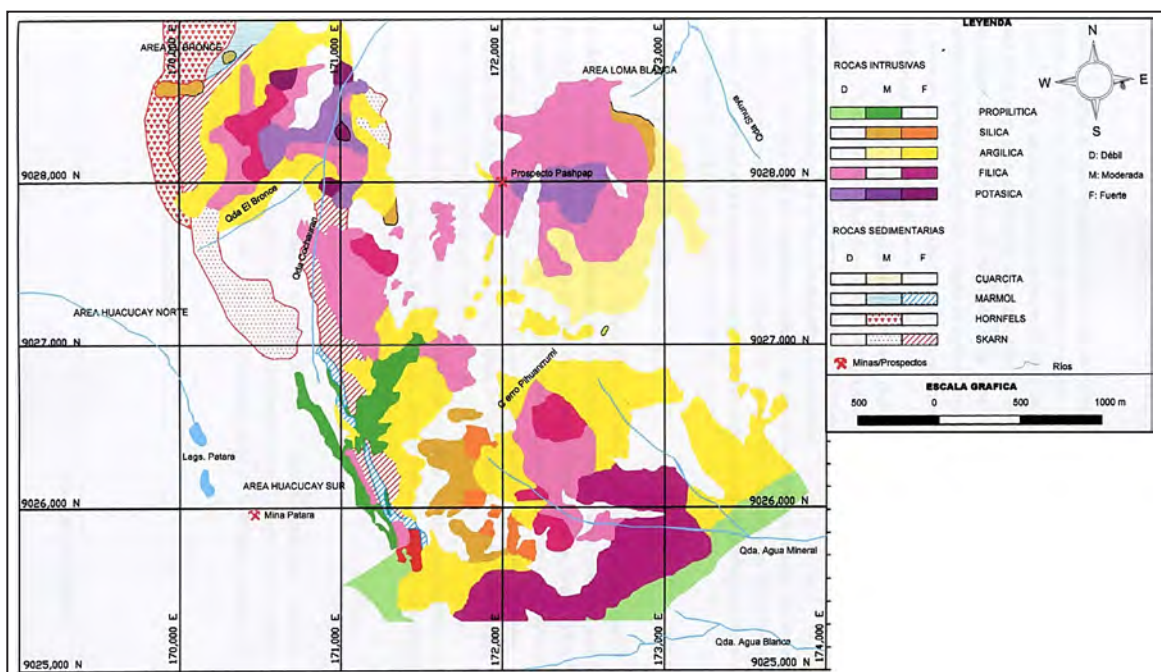


Figura 5.40 Mapa de alteraciones hidrotermales del Pórfido Cu-Mo Pashpap.
Fuente: Aranibar (2006)

Huacacuy Norte

El blanco de Huacacuy Norte, previamente llamado "área DD-46", consiste en una cuarzo-monzonita porfirítica 1.3 x 0.4 km. Se pensaba inicialmente que el pórfido era la continuación sur del pórfido El Bronce; sin embargo, se descartó posteriormente y se trataría de un intrusivo separado. El pórfido se desarrolla en un ambiente skarn (granate-dióxido-magnetita-pirita-actinolita). El intrusivo presenta moderada a fuerte alteración cuarzo-sericita y mineralización con cuarzo-molibdenita y cuarzo-pirita-calcopirita en venillas de stockwork, junto con pirita diseminada. Está rodeada por un halo de alteración argílica de arcilla-sericita-cuarzo. La oxidación es débil, con boxwork rellenos con hematita-jarosita y cantidades moderadas de malaquita en las fracturas.

5.2 SKARN Cu Y OTROS

Italo Rodríguez y Jhonny Torre

5.2.1 Generalidades

El término skarn era empleado por los mineros de la región de Persberg (Suecia) para designar las gangas silicatadas que se encontraban con las menas de magnetita (Kieu Duong, 1969). Posteriormente, fue interpuesto por petrólogos suecos para designar a rocas metamórficas regionales o de contacto constituidas por silicatos de calcio, magnesio y hierro derivados de rocas carbonatadas (calizas y dolomitas) en las que se introdujo metasomáticamente grandes cantidades de sílice, aluminio, hierro y magnesio.

Los yacimientos de skarn se forma como resultado de la acción combinada del calor, de las intrusiones y de las soluciones gaseoso-acuosas mineralizadas calientes. La formación de un skarn implica un intercambio complejo de materia (Si, Al, Fe, Ca, Mg, H₂O, CO₂, etc.) entre dos sistemas geológicos en fuerte desequilibrio composicional.

El skarn no solo se desarrolla en las rocas inmediatas a los cuerpos intrusivos, sino también en ellos mismos, sustituyendo las zonas periféricas de las rocas eruptivas.

La acción de tales intrusivos sobre las rocas circundantes provoca por un lado una recristalización, debido al metamorfismo térmico y, por otro lado, al desprenderse sustancias volátiles se producen procesos metasomáticos.

Uno de los controles fundamentales sobre el tamaño, la geometría y el estilo de alteración del skarn es la profundidad de su formación. El efecto de la profundidad sobre el metamorfismo es en gran medida una función de la temperatura ambiente de la roca caja, antes, durante y después de la intrusión.

Asumiendo un gradiente geotérmico promedio para una zona orogénica de aproximadamente 35° C por kilómetro (Blackwell

et al., 1990), la temperatura ambiente de la roca caja antes de la intrusión a 2 km, sería de 70 °C, mientras que a 12 km sería de 420 °C. Por lo tanto, con el flujo de calor adicional proporcionado por la actividad ígnea local, el volumen de roca afectada por las temperaturas (400-700 °C) sería considerablemente mayor, y los efectos durarían más. Además, las temperaturas ambiente más altas podrían afectar el historial de cristalización de un intrusivo y minimizar la cantidad de alteración retrógrada de los minerales del skarn.

Una mayor extensión e intensidad del metamorfismo en profundidad puede afectar la permeabilidad de la roca caja y reducir la cantidad de carbonato disponible para la reacción con fluidos metasomáticos.

La profundidad de la formación del skarn afecta las propiedades mecánicas de la roca caja. En un entorno de skarn profundo, las rocas tienden a deformarse de manera dúctil, en lugar de fracturarse. Los contactos intrusivos con rocas sedimentarias en profundidad tienden a ser paralelos o bien el intrusivo intruye a lo largo de los planos del lecho, o las rocas sedimentarias se pliegan o fluyen hasta que se alinean con el contacto intrusivo.

Por el contrario, a poca profundidad la roca caja tiende a fracturarse y fallarse en lugar de deformarse. De acuerdo con Einaudi (1982) en la mayoría de los depósitos de skarn relativamente poco profundos, los contactos intrusivos son muy discordantes con la roca caja. La fuerte hidrofracturación asociada con las intrusiones poco profundas aumenta en gran medida la permeabilidad de las rocas caja, no solo para fluidos metasomáticos relacionados con las rocas ígneas, sino también para fluidos meteorológicos posteriores, posiblemente más fríos (Shelton, 1983). La afluencia de agua meteórica y la consiguiente destrucción de minerales de skarn durante la alteración retrógrada es una de las características distintivas de la formación de skarn en un entorno poco profundo.

Los skarns más superficiales y jóvenes, se están formando actualmente en sistemas geotérmicos activos (McDowell y Eiders, 1980; Cavarretta et al., 1982; Bird et al., 1984; Cavarretta y Puxeddu, 1990) y respiraderos de aguas termales en el fondo del mar (Zierenberg y Shanks, 1983). Estos skarn representan la expresión distal de la actividad magmática.

Maksaev (2001) describe tres etapas en la formación de un depósito tipo skarn:

- 1) Metamorfismo isoquímico: ocurre recristalización metamórfica y cambios mineralógicos, que forman minerales calcosilicatados. Incluye el desarrollo de mármol, corneanas, cuarcitas, skarn de reacción, skarnoides, talco y wollastonita hacia la periferia.
- 2) Etapas múltiples de metasomatismo: cristalización del magma y liberación de una fase fluida. Formación de minerales anhidros a temperaturas de 400°-800 °C.

- 3) Alteración retrógrada: enfriamiento del plutón y circulación de aguas de temperaturas más baja que la etapa anterior. Se forman minerales hidratados a partir de los minerales

anhidros formados previamente, se incluyen: epidota, actinolita, clorita y otros. Existe un control estructural y una sobreimposición a la secuencia de prógrado.

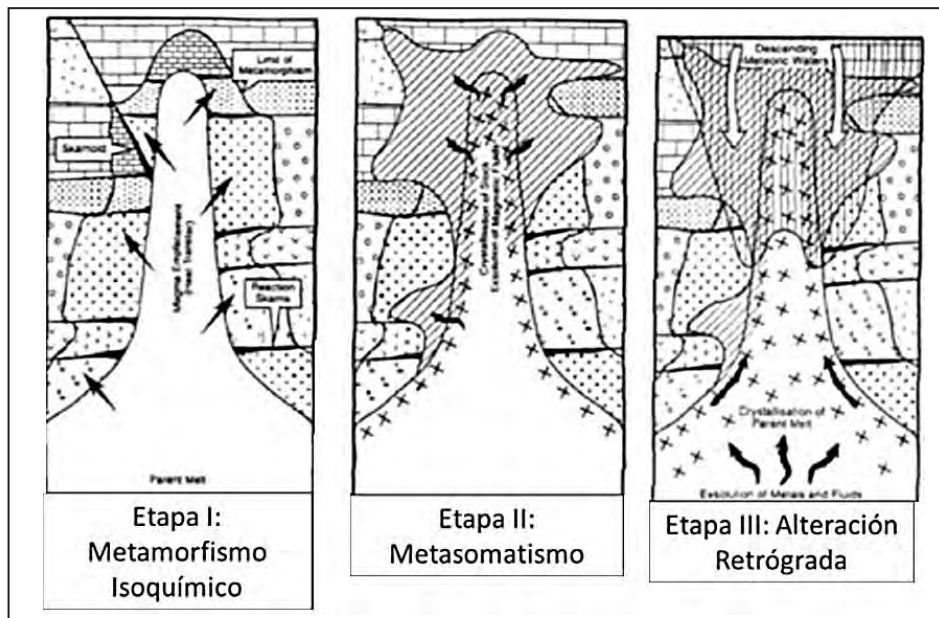


Figura 5.41 Etapas de formación de un depósito tipo skarn

Fuente: Modificado de Meinert (1993), en Santander (2015)

Asociación de yacimientos de skarn y la composición química de los intrusivos

Los skarns de estaño y molibdeno se asocian típicamente con intrusivos altamente diferenciados de sílice. En el otro extremo

del espectro, los skarns de hierro se asocian con intrusivos relativamente primitivos, bajos en sílice y ricos en hierro (figura 5.42).

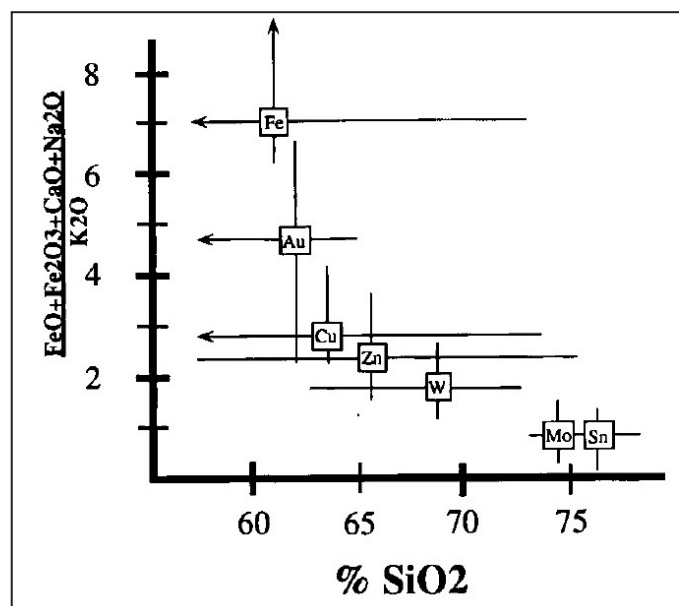


Figura 5.42 Composición promedio de intrusivos asociados con diferentes tipos de skarn

Fuente: Modificado de Meinert, et al. (1990)

Otras características importantes incluyen la oxidación, estado, tamaño, textura, profundidad de emplazamiento y configuración tectónica de intrusivos individuales. Por ejemplo, los skarns de estaño se asocian casi exclusivamente con intrusivos de la serie ilmenita reducida. Estos intrusivos tienden a formarse en cratones estables en los que la fusión parcial del material de la corteza puede ser provocada por una ruptura incipiente.

Muchos skarns de oro también están asociados con intrusivos reducidos de la serie ilmenita. Sin embargo, los intrusivos de skarn de oro son típicamente cuerpos máficos, bajos en sílice, que no podrían haberse formado al fundir el material de la corteza sedimentaria.

Los intrusivos asociados con skarns de cobre, particularmente depósitos de cobre de pórfido están fuertemente oxidados, portadores de magnetita y asociados con arcos magmáticos relacionados con la subducción. Estos plutones tienden a ser porfiríticos y emplazados a niveles poco profundos en la corteza terrestre.

Los skarns de tungsteno, por otro lado, están asociados con plutones equigranulares o complejos batolíticos relativamente grandes, de grano grueso, indicativos de un entorno más profundo.

Tectónica y petrogénesis

La tectónica, petrogénesis y los yacimientos skarn están íntimamente entrelazados. Una clasificación tectónica útil de los depósitos de skarn debería agrupar los tipos de skarn que con frecuencia se encuentran juntos y distinguir aquellos que son típicos de entornos tectónicos especializados. Por ejemplo, los depósitos de skarn cálcico de Fe-Cu son prácticamente el único tipo de skarn que se encuentra en los terrenos oceánicos de arco insular (figura 5.43). Muchos de estos skarns también están enriquecidos en Co, Ni, Cr y Au. Además, algunos skarns de oro económicos parecen haberse formado en cuencas de arco posterior asociadas con arcos volcánicos oceánicos (Ray et al., 1988). Algunas de las características clave que diferencian a estos skarns de los asociados con magmas y placas más evolucionadas son su asociación con plutones gabroicos y dioríticos, abundante endoskarn, metasomatismo de sodio generalizado y la ausencia de Sn y Pb. Colectivamente, estas características reflejan la naturaleza primitiva y oceánica de la corteza, las rocas y los intrusivos.

La gran mayoría de los depósitos de skarn están asociados con arcos magmáticos relacionados con la subducción debajo de la corteza continental (figura 5.43). La composición de los intrusivos varía de diorita a granito, aunque las diferencias entre los principales tipos de skarn de metal base parecen reflejar el entorno geológico local (profundidad de formación, vías estructurales y fluidas) más que las diferencias fundamentales de la petrogénesis (Nakano et al., 1990). En contraste, los

skarns de oro en este entorno están asociados con plutones particularmente reducidos que pueden representar una historia petrológica restringida.

El magmatismo asociado con los ángulos de subducción poco profundos puede tener una interacción más cortical (Takashi et al., 1980) y la derivación de la placa que se mueve hacia abajo puede provocar una ruptura local. Durante esta etapa, el arco magmático puede ampliarse o migrar tierra adentro. Los plutones son de composición granítica y los skarns asociados son ricos en Mo o W-Mo, con menor Zn, Bi, Cu y F. Muchos de estos skarns se describen mejor como polimetálicos, con Au y As localmente importantes.

Algunos skarns no están asociados con el magmatismo relacionado con la subducción. Estos skarns pueden estar asociados con el magmatismo de tipo S después de un periodo importante de subducción o pueden estar asociados con la ruptura de cratones previamente estables. Los intrusivos son de composición granítica y comúnmente contienen moscovita y biotita primaria, cuarzo gris oscuro, cavidades mirolíticas, alteración de tipo greisen y radiactividad anómala. Los skarns asociados son ricos en estaño o flúor, aunque generalmente hay una gran cantidad de otros elementos presentes y pueden ser de importancia económica.

5.2.2 Clasificación de los skarns

Los depósitos de tipo skarn son variados, pudiendo subclasificarse estos de diversas formas. La subclasificación más usada es por mena (Einaudi et al., 1981), reconociéndose seis subclases: skarn de cobre (Cu), skarn de estaño (Sn), skarn de wolframio (W), skarn de hierro (Fe), skarn de Molibdeno (Mo) y skarn de zinc y skarn de plomo (Zn-Pb).

Skarn de cobre (Cu)

Asociados a ambientes de margen continental, relacionados a magmas calcoalcalinos, específicamente stocks y pórfidos granodiorítico/dacíticos y cuarzomonzoníticos. Los skarns de Cu cálcicos se hallan próximos o en contacto con el cuerpo intrusivo, tienen un alto contenido de granates y una alta razón granate/ piroxeno. También tienen un alto contenido de magnetita-hematita, indicando un ambiente oxidante. Los sulfuros típicos son pirita, calcopirita, y menor bornita y esfalerita, indicando un moderado grado de sulfuración.

Pueden estar asociados a pórfido cupríferos o bien a pórfidos estériles. En el caso de skarns relacionados a pórfidos de cobre, estos se forman a temperaturas entre 500° y 300 °C y pueden alcanzar grandes volúmenes (50 a 500 Mt para el caso de pórfidos cupríferos epizonales emplazados en rocas carbonatadas). En el caso de skarn asociado a pórfidos estériles, estos tienden a ser de pequeño volumen, 1 a 50 Mt.

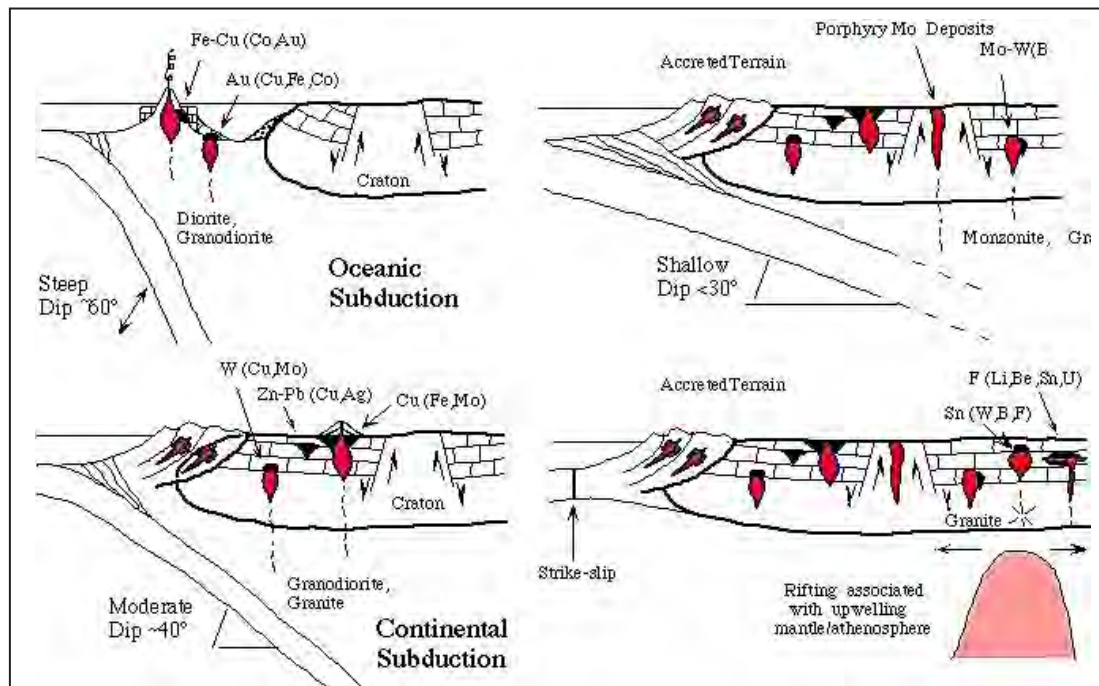


Figura 5.43 Modelos tectónicos idealizados para la formación de skarn.

Fuente: Modificado de Meinert (1983), en Meinert (2005)

Los granates son de tipo más andradita a tipos más grosularia desde el contacto hacia afuera. Los piroxenos desde diópsido a hedenbergita a wollastonita, desde el contacto hacia afuera. La razón granate/piroxeno disminuye desde el contacto hacia afuera. En las etapas más avanzadas de la evolución del sistema de pórfido cuprífero, ocurre el colapso del sistema hidrotermal, dándose alteración filica en el pórfido, y alteración retrógrada en el skarn. Esta alteración retrógrada se superpone a la prógrada, siendo muy destructiva.

Skarn de estaño (Sn)

Corresponden a yacimientos asociados a granitos alcalinos en ambientes intrusivos intracontinentales. Se les asocia mineralización de Sn juntamente con trazas de F, Rb, Li, Be, W y Mo. Se caracterizan por presentar bajos contenidos de sulfuros y altos contenidos de óxidos en la mena. Estos yacimientos son de pequeño volumen y baja ley, máximo 30 Mt con 0.1-0.4 % Sn. Son de escasa o nula importancia económica.

Skarn de wolframio (W)

Corresponden a yacimientos asociados a ambientes de margen continental, relacionados con magmas de subducción calcoalcalinos, de composición granodiorítica y cuarzomonzonítica, emplazados en secuencias de rocas calcáreas - lutílicas. Los minerales calcosilicatados típicos son granates, piroxenos, scheelita y wollastonita. Estos minerales son los de mayor temperatura dentro de los minerales de skarn.

La alteración tipo skarn ocurre en el contacto inmediato entre el intrusivo y la roca huésped calcárea, tanto a nivel de exoskarn como endoskarn.

Skarn de zinc y plomo (Zn-Pb)

Corresponden a cuerpos mineralizados de reemplazo metasomático de posición y relación con respecto a un intrusivo variables, pero siempre distales. Ocurren en márgenes continentales de subducción relacionados al menos como fuente de fluidos hidrotermales a intrusivos granodioríticos y cuarzo monzonitas calcoalcalinas.

A diferencia de los skarns de cobre, la mineralogía skarn prograda está dominada por piroxenos (razón granate/ piroxeno bajo) de composición Ca-Fe y Mn (piroxenos hedenbergita-johansenita; granates andradita- almandino-espesartina). En algunos casos se ha reportado contenidos de 1 a 9 oz. de Ag y 1 a 2 g/t Au. Estos yacimientos ocurren distales a los contactos intrusivos, generalmente a lo largo de contactos litológicos y/o estructurales. No se observa una aureola de metamorfismo centrada en el skarn, pero sí una zonación de granates a piroxenos desde un alimentador hacia afuera. Los sulfuros están asociados con los piroxenos.

Skarn de molibdeno (Mo)

Se asocian al magmatismo calcoalcalino, más evolucionado en composición y posterior en el tiempo al de los skarn de Cu o de W. Se origina a poca profundidad y los protolitos son rocas dolomíticas o limosas.

5.2.3 Yacimientos de skarn en el Perú

Los yacimientos de skarn en el Perú se encuentran básicamente en la franja sedimentaria mesozoica de la Cordillera Interandina,

en el contacto de las rocas carbonatadas Triásico-Jurásico Cretáceo y los stocks intrusivos (dioritas, diositas cuarcíferas, granodioritas, monzonitas y monzonitas cuarcíferas) del Terciario.

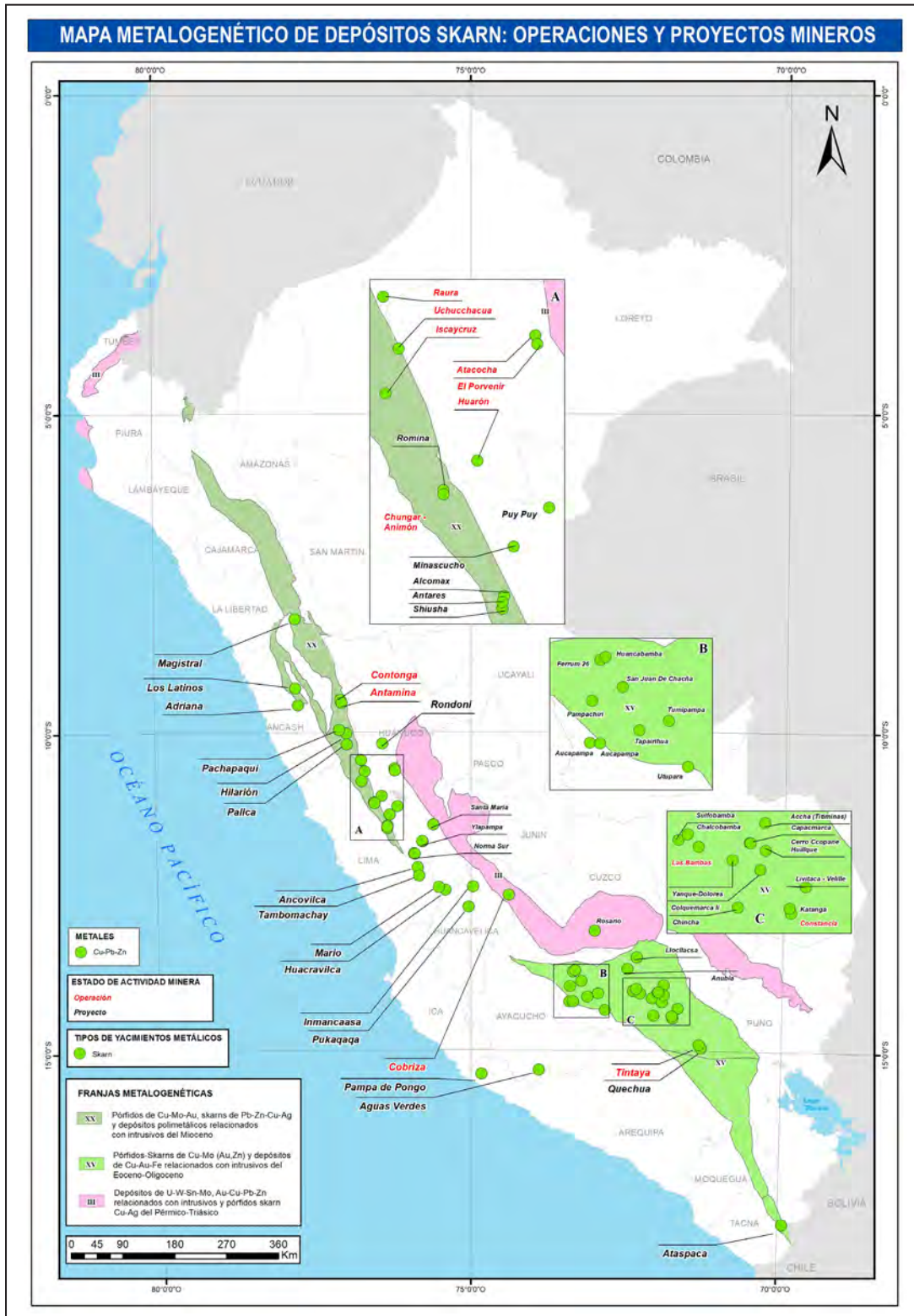


Figura 5.44 Yacimientos de skarn en el Perú.

Ejemplo de ello se tienen a los siguientes yacimientos:

- Yacimiento Magistral
- Yacimiento Antamina
- Yacimiento Raura
- Yacimiento Atacocha
- Yacimiento Hilarión

También se tiene yacimientos tipo skarn en el Batolito de Andahuaylas-Yauri del Terciario inferior, en contacto con calizas del Cretáceo medio. Algunos ejemplos se mencionan a continuación:

- Yacimiento Tintaya
- Yacimiento Antapacay
- Yacimiento Corocchohuayco
- Yacimiento Las Bambas
- Yacimiento Utupara

En la Cordillera de la Costa, en el contacto de volcánicos del Jurásico con rocas carbonatadas del Paleozoico y del Jurásico, existe un yacimiento de skarn de Fe, en Marcona. En la cordillera Negra, en calizas del Cretáceo inferior se ubica el yacimiento El Extraño (Pb, Ag y Zn). En la Cordillera Oriental, en la secuencia carbonatada del Paleozoico se formó el yacimiento Cobriza de skarn de Cu.

Yacimiento Magistral

El proyecto Magistral se encuentra al noreste de la Cordillera Blanca, entre los distritos de Conchucos, Pampas y Lacabamba, en la provincia de Pallasca, región Áncash.

Regionalmente la secuencia sedimentaria cretácica se divide en dos partes, la inferior dominada por rocas clásticas sedimentarias (areniscas, cuarcitas y lutitas) y la superior predominantemente calcárea (calizas, margas, areniscas y lutitas calcáreas). Las rocas sedimentarias clásticas del miembro inferior incluyen las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, que conforman el Grupo Goyllarisquizga. Las unidades calcáreas superiores incluyen las formaciones Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín.

- El pórfido Magistral, el cual está conformado por tres cuerpos intrusivos: San Ernesto, pórfido H y Sara, intruyó a las rocas carbonatadas de la Formación Jumasha.
- El pórfido San Ernesto, alberga la mineralización de cobre de más alto grado. Tiene un buen desarrollo de vetas de stockwork que contienen clinopiroxeno, epidota, especularita, calcopirita, magnetita, pirita, cuarzo, feldespato potásico secundario, molibdenita y carbonatos. Esta intrusión tiene

una textura porfirítica compuesta de plagioclasa, feldespato potásico y piroxenos.

- El pórfido H es posterior a la intrusión de San Ernesto. El pórfido H tiene una textura y mineralogía similar al pórfido San Ernesto, pero alberga cobre de grado mucho más bajo. Esta intrusión se caracteriza por vetillas que contienen cuarzo, calcopirita, carbonato, cobre gris, molibdenita, feldespato potásico y pirita. El ensamble primario está compuesto de plagioclasa, feldespatos potásico y piroxeno, que está alterado a carbonato, sericita, epidota, arcilla y clorito. La exsolución de esfalerita (en forma de estrella) es común en los granos de calcopirita, que delinean una zona de alta temperatura.
- El pórfido Sara es una intrusión de potásico estéril, cuya textura y mineralogía se distinguen fácilmente de los otros dos pórfidos. Se compone de feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo, hornblenda, actinolita y biotita primaria y secundaria.

Dentro del proyecto existen tres tipos de mineralización:

- Skarn: La mineralización de skarn forman un borde de escala de cien metros dentro de las rocas y alrededor de los pórfidos. El granate (grosularia en proximal y andradita en alteraciones distales), epidota, clorita, hematita, magnetita, cuarzo e inosilicatos (piroxeno y anfíboles) forman el ensamble mineralógico de skarn. Las venillas mineralizadas y los parches masivos de sulfuro (calcopirita, pirrotita, pirita y molibdenita menor) cortan el ensamble de skarn.
- Zona mixta: Consiste en una intercalación a escala métrica entre el skarn y la mineralización de tipo pórfido. Posiblemente está formado por la combinación de exoskarn, endoskarn, y también pulsos de intrusivos (pórfido), haciendo un tipo de mineralización compleja y variable que combina características mineralógicas de skarn y pórfido.
- Pórfido: La mineralización del pórfido es de menor ley y está formada por varias venillas de cuarzo, calcopirita y molibdenita, que constituyen un marco de almacenamiento final que cruza el pórfido intrusivo.

Según Nexa Resources (2021), los recursos minerales medidos son 98.69 Mt @ 0.52% Cu, 2.8 g/t Ag y 0.05% Mo, recursos indicados son 90.68 Mt @ 0.43% Cu, 2.8 g/t Ag y 0.04% Mo y recursos inferidos 11.06 Mt @ 0.38% Cu, 3.1 g/t Ag y 0.05% Mo. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Magistral (Nexa Resources Perú S.A.A.), se encuentra en etapa de factibilidad y sería puesta en marcha para el 2026, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 493 millones.

Yacimiento Antamina

Se emplaza al norte de la Cordillera de Huayhuash en la provincia de San Marcos, región Áncash.

La geología local está determinada por secuencias sedimentarias carbonatadas perteneciente a la Formación Jumasha y Formación Celendín y en su marco estructural está afectada por fallas transversales al sistema andino. Estructuralmente, el

eje del anticlinal tiene un rumbo noroeste, con una falla dextral mayor, de rumbo noreste, que recorre el valle de Antamina, cuyo block noroeste se ha levantado respecto al block sureste, dicha falla desplazo el eje anticlinal de Antamina.

En la laguna Antamina y alrededores se ubica el stock intrusivo porfirítico de cuarzo monzonita, que intruyó a la secuencia carbonatada. Dicho intrusivo pertenece al Terciario.

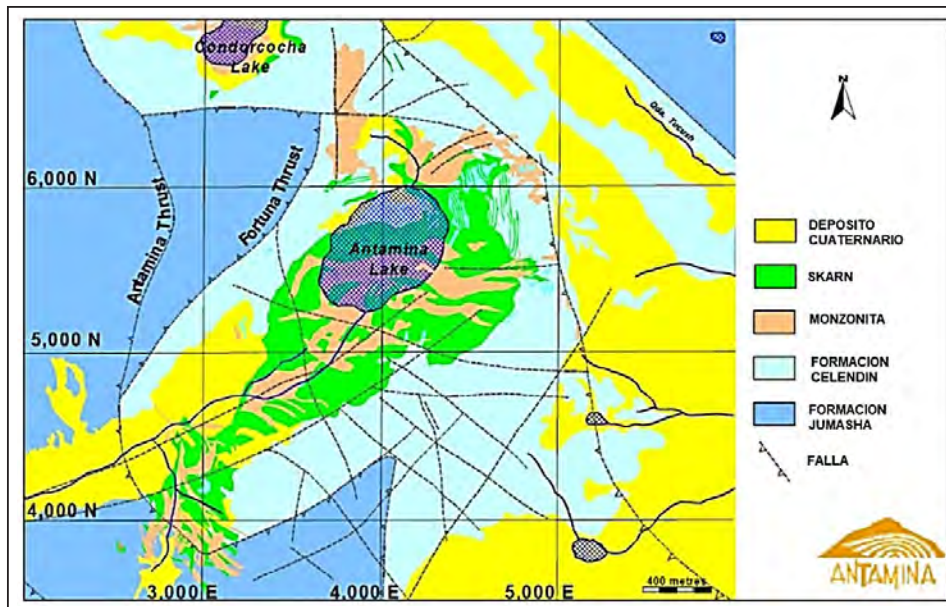


Figura 5.45 Geología del yacimiento Antamina.

Fuente: Cueva, et al. (2017)

El yacimiento se caracteriza por la intrusión ígnea de un pórfido cuarzo-monzonítico en rocas calcáreas dando así la formación de un depósito tipo skarn, ligados con diferentes tipos de granates y otros minerales como la wollastonita y el diópsido, los cuales influyen en la distinción de dominios del depósito. La zonación está dada de tres formas según la proximidad al intrusivo así se tiene el endoskarn, el skarn intermedio y el exoskarn.

El endoskarn, reconocido por granates pseudomorfo al del pórfido. Dos tipos endoskarn se reconocen: skarn con granates de color rosa de grano grueso, compuesto de una matriz de plagioclasa de color blanco lechoso, y skarn con granates de color rosa oscuro de grano fino, comúnmente alojados en brechas que constituyen muchos de los cuerpos que cortan la roca intrusiva.

El skarn intermedio es la transición del endoskarn y el exoskarn, donde la generación de skarn ha sido intensa y que comúnmente son de color marrón, de grano medio y de textura granular.

El exoskarn, compuesto por granates marrones los cuales están en menor proporción, aparentemente forman la zona más interna de exoskarn haciendo una especie de anillo

con el endoskarn; y los granates verdes que constituye la mayor parte del depósito, que se encuentran con el mármol o hornfels. Ambos granates son masivos, predominantemente compuestos por grosularia entre 0 % y 28 % y andradita entre 72 % a 100 % (Cueva, 2017).

La mineralización ocurre en cuerpos irregulares, está asociada a los minerales granates y a algunos sulfuros como la calcopirita, bornita, esfalerita y molibdenita dando resultado en la producción principalmente de Cu y en menor proporción Zn, Ag, Mo. El intrusivo se presenta sin mineralización metálica, excepto en su margen con diseminación de calcopirita, piritita y molibdenita.

De acuerdo al Reporte anual de Glencore (2021), los recursos medidos e indicados son 925 Mt @ 0.87 % Cu, 11g/t Ag, 0.02% Mo, 0.69% Zn; los recursos inferidos son 1260 Mt @ 11 g/t Ag, 1 % Cu, 0.57% Zn, 0.02% Mo; y reservas de 336 Mt @ 0.94% Cu, 10g/t Ag, 0.03 % Mo, 0.81% Zn. Según la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto de Reposición Antamina (Compañía Minera Antamina S.A.), se encuentra en etapa de factibilidad y sería puesta en marcha para el 2029, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 1604 millones.

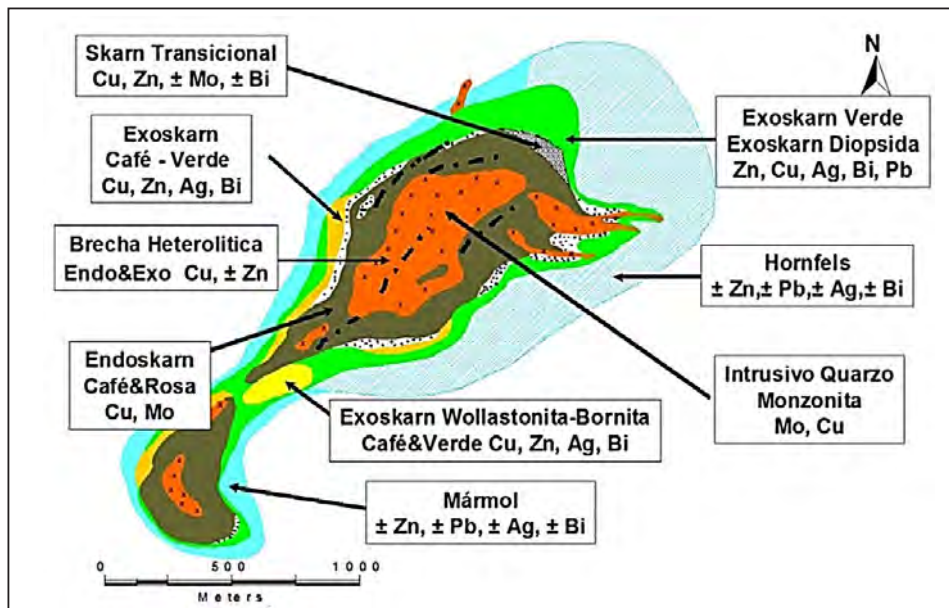


Figura 5.46 Zonamiento skarn Antamina.

Fuente: Briones (2010)

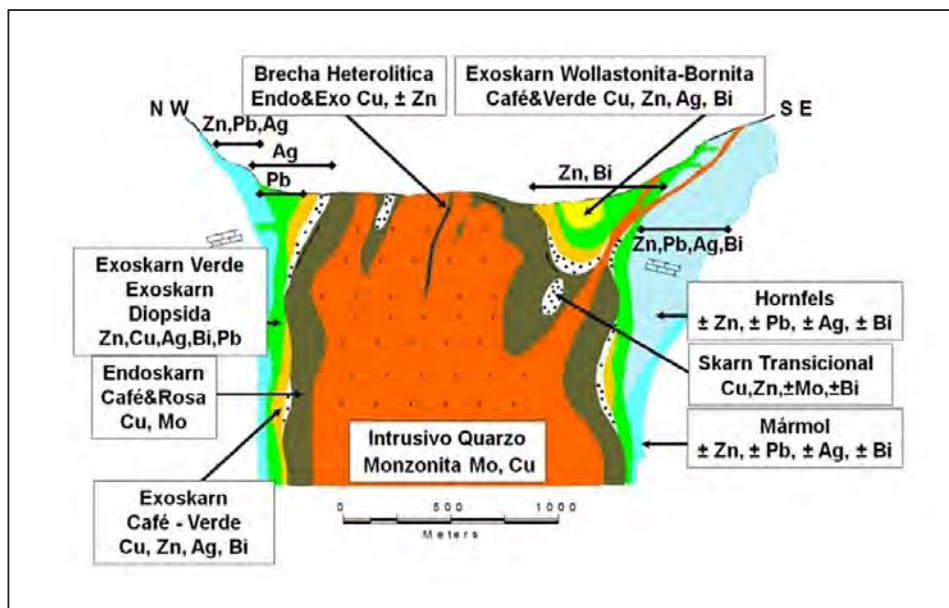


Figura 5.47 Sección esquemática del Zonamiento skarn Antamina.

Fuente: Briones (2010)

Yacimiento Raura

Está ubicado en el distrito de Cauri, provincia de Lauricocha, región Huánuco a una altitud que varía de 4349 a 5300 m s. n. m. Predominan las calizas y dolomitas de la Formación Jumasha del cretáceo superior, las cuales fueron intruidas por stocks de diorita cuarcifera, dacita y pórfidos dacíticos del Mioceno superior. En

el contacto de los stocks con las rocas sedimentarias calcáreas se ha producido metamorfismo de contacto.

Estructuralmente, el yacimiento ocurre, al este el sinclinal de Caballococha, ubicado al norte de la laguna Puyhuancocha, cuyo eje es de rumbo NNO. Al oeste del sinclinal Caballococha aflora el anticlinal de Santa Ana, cuyo eje es paralelo al eje del sinclinal referido.

Las fallas distritales son ligeramente transversales a dichos plegamientos, como las fallas Niño perdido-Siete caballeros y la falla al norte de la laguna Puyhuancocha. Asimismo, se tienen fallas, y fracturas inclinadas y transversales a los ejes de los plegamientos referidos. Tenemos de norte a sur: Esperanza, Flor de Loto; Cobriza, Polvorín; Lead Hill, Hada.

En el yacimiento Raura se emplazan vetas y cuerpos tipo skarn. Las vetas Esperanza, Roxana, Flor de Loto y Toromina, ubicadas al norte, poseen mineralización de cobre y plata. Las que se ubican al sur como las vetas Lead Hill, Abundancia, Hada, Juanita poseen mineralización de plomo y zinc. Estas vetas presentan mineralización en las calizas silicatadas y marmolizadas, mientras que en las calizas silicificadas las vetas son pobres.

En el contacto de los stocks con las calizas y calizas dolomíticas, se han producido cuerpos mineralizados tipo skarn, con presencia de granate en las calizas y diópsido en

las calizas dolomíticas. Los cuerpos tipo skarn de Zn-Pb-Ag-Cu de Niño perdido-Catuva-Bescheva-Araceli-Primavera, y los cuerpos transversales Ofelia y Cobriza entre otros, tienen un rumbo N25°O y 70°SO de buzamiento, están controlados además por fracturas y fallas concordante y transversales a los cuerpos.

En el año 2011, a través de estudios geológicos (remapeo geológico, geoquímica de rocas, geofísica mediante magnetometría y polarización inducida) se identificaron dos estructuras mineralizadas: el Manto Nadine y la Franja de Skarn Hadas-Farallón. De acuerdo a Cuevas (2019), las reservas son del orden de 5.6 Mt @ 2.62 oz/t Ag, 0.22 % Cu, 1.95 % Pb, 4.59 % Zn; y los recursos son de 9.03 Mt @ 2.68 oz/t Ag, 0.27 % Cu, 1.97 % Pb, 4.62 % Zn. Según la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto de reposición Inmaculada (Compañía Minera Raura S.A.) se encuentra en etapa de factibilidad y su puesta en marcha estaría por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 76 millones.



Fotografía 5.1 Planta concentradora - mina Raura.
Fuente: Compañía Minera Raura (2010)

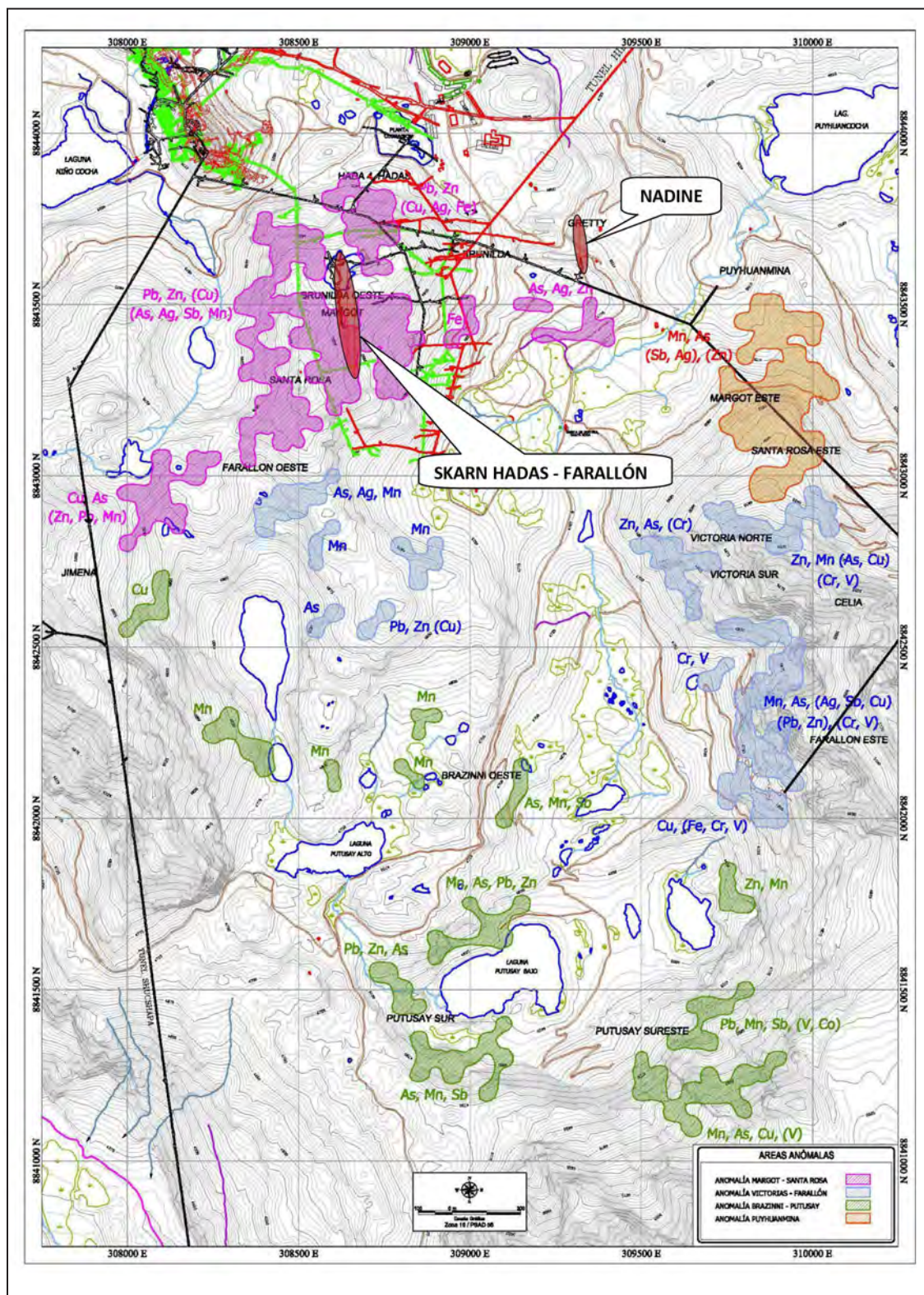


Figura 5.48 Anomalías geoquímicas en rocas, sector Santa Rosa-Brazzini.
Fuente: Compañía Minera Raura (2010)

Yacimiento Atacocha

Está ubicado a 15 km al NE de la ciudad de Cerro de Pasco, en el distrito de Yanacancha, provincia y región de Pasco. Tiene una altitud de 4000 m s. n. m.

La geología está representada por conglomerados, areniscas, lutitas y la secuencia volcánica de composición acida a intermedia del Grupo Mitu del pérmico; calizas y lutitas del Grupo

Pucará del triásico superior y jurásico; areniscas y cuarcitas del Grupo Goyllarisquizga del cretáceo inferior; stocks de dacitas porfíricas de Atacocha y Ayarragaran del terciario.

Estructuralmente se tiene la falla distrital Atacocha, de rumbo N-S y la Falla 1 que forma un gran lazo cimoide con la Falla Atacocha. Debido a esfuerzos perpendiculares al rumbo de la cordillera se han formado fallas de cizalla diagonales y fracturas perpendiculares a las fallas referidas.

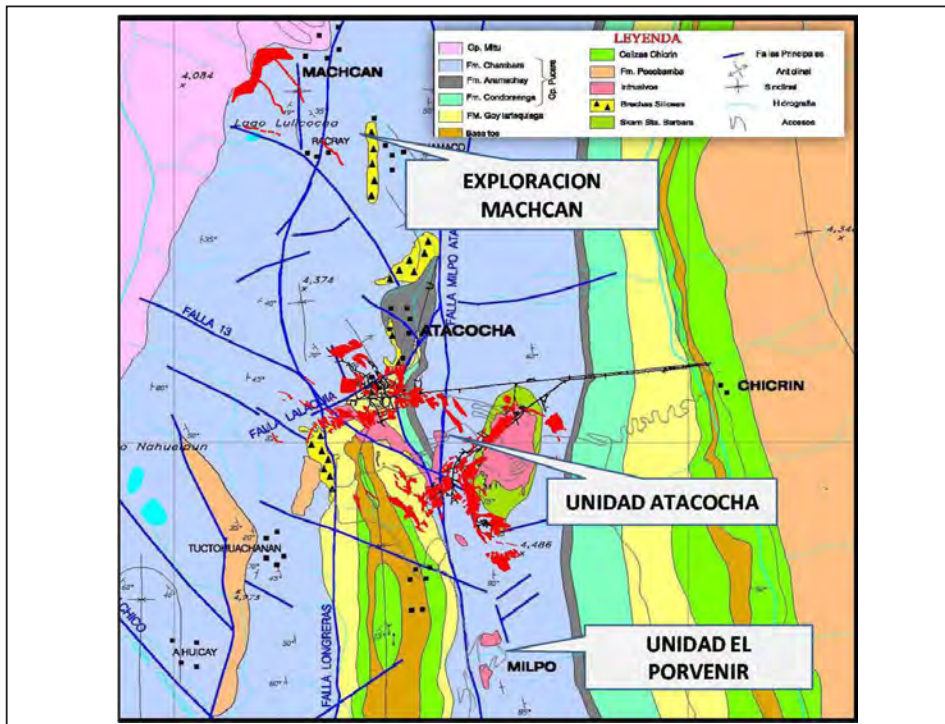


Figura 5.49 Geología del yacimiento Atacocha.

Fuente: Condori (2012)

En Atacocha, el evento geológico mineralizante ocurre por la formación de skarn de granates en el sector de Santa Bárbara con mineralización de zinc, plomo, plata y bismuto, mientras que entre San Gerardo y Falla 1 y en profundidad se formaron cuerpos mineralizados de reemplazamiento, vetas, brechas heterolíticas con mineral de Ag, Pb y Zn, asociados a alteraciones de skarn magnesianos y eventos hidrotermales de mediana-baja temperatura en forma adyacente o asociado a sistemas silíceos caracterizados por ensambles de silicsericita-halloysita (Solís, 2015).

Al oeste de la Falla Atacocha ocurre mineralización de tipo relleno y reemplazamiento de cuerpos brechosos, y vetas en las calizas del Grupo Pucará y en las areniscas del Grupo Goyllarisquizga.

Al este de la Falla Atacocha por reemplazamiento de las calizas se ha producido el yacimiento tipo skarn Santa Bárbara, en el contacto del stock de pórfido dacítico con la caliza Pucará.

En el skarn de Santa Bárbara, el orden de cristalización fue el siguiente: cuarzo, pirita, calcopirita-tetraédrica, esfalerita, galena, carbonatos, oropimente-rejalgar, fluorita. Se tiene como minerales abundantes el cuarzo, pirita, esfalerita, galena; como minerales comunes calcita, fluorita, rodocrosita, rejalgar, oropimente, además de granate. Los cuerpos mineralizados alcanzan una profundidad de 750 m y hasta una profundidad de 60 m han sufrido oxidación. De acuerdo a la memoria anual de Nexa Resources (2021), en su minería subterránea los recursos medidos e indicados son de 8.17 Mt @ 4.48% Zn, 87.4 g/t Ag, 1.66% Pb; los recursos inferidos 8.15 Mt @ 4.43 % Zn, 81.8 g/t Ag, 1.26 % Pb; mientras que en el tajo San Gerardo, las reservas probadas y probables son de 5.33 Mt @ 1.10% Zn, 0.03% Cu, 29.8 g/t Ag, 0.86% Pb, 0.25 g/t Ag, los recursos medidos e indicados 11.44 Mt @ 1.08 % Zn, 30.3 g/t Ag, 0.9% Pb, 30.3 g/t Ag; los recursos inferidos 2 Mt @ 0.93 % Zn, 32 g/t Ag, 0.92% Pb, 32 g/t Ag.

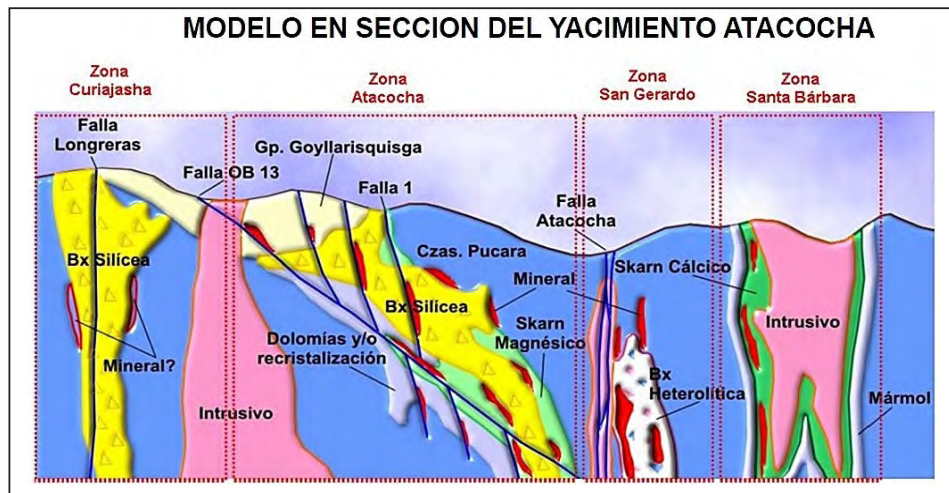


Figura 5.50 Sección del yacimiento Atacocha.

Fuente: Condori (2012)

Yacimiento Hilarión

El proyecto se ubica en la región Áncash, a 230 kilómetros al norte de la ciudad de Lima. El yacimiento se encuentra emplazado en rocas calcáreas pertenecientes a las formaciones Pariahuanca y Pariatambo, sobre la cual sobreyace la Formación Jumasha. La Formación Pariatambo se encuentra dividida en dos miembros: miembro inferior, que está constituido por una alternancia de calizas grises y calizas negras bituminosas intercaladas con horizontes nodulares; y miembro superior, que se caracteriza por presentar bancos irregulares de calizas nodulares y/o concrecionales, secuencialmente alternadas con marcas negras bituminosas. La Formación Pariahuanca constituye un paquete sedimentario, conformado por intercalaciones de capas delgadas de lutitas calcáreas, calizas silíceas y areniscas calcáreas. La Formación Jumasha está conformada por bancos potentes de calizas grises.

En el proyecto se ha determinado la presencia de tres intrusiones: un Pórfido Cuarzo-Monzonítico, Pórfido Dacítico y Pórfido Diorítico; este último denominado Stock Hilarión Sur. Todos son posiblemente de edad Miocena.

Estructuralmente, el Proyecto Hilarión se encuentra controlado por una serie de plegamientos (anticlinales y sinclinales), fallas normales y de sobrescurrimiento que fueron originadas y reactivadas por los diferentes eventos tectónicos desarrollados, principalmente desde el Eoceno hasta el Mioceno. En el yacimiento se pueden determinar tres sistemas de fallas:

Sistema de Fallas NO-SE

Sistema de Fallas NE-SO

Sistema de Fallas EO

Estos sistemas de fallas –junto con la litología– han jugado un rol muy importante durante el desarrollo y control de la mineralización del yacimiento.

Hilarión consiste en un yacimiento polimetálico “metasomático-hidrotermal” con débil skarn, con reemplazamiento de sulfuros de zinc-plomo y valores menores de plata, emplazado en la zona de contacto de un stock intrusivo ácido (pórfido dacítico) con horizontes calcáreos favorables de la Formación Pariatambo y en los contactos de las extensiones de diques distales que parten de este stock intrusivo.

Los cuerpos de skarn contienen principalmente calcosilicatos cálcicos de progrado, constituidos por granates, piroxenos y una variedad de minerales asociados a skarn retrógrado, destacándose la Hedenbergita; los sulfuros se dan principalmente en zonas con alteración retrograda (Taco et al., 2019).

Las soluciones hidrotermales fueron controladas mineralógicamente por los horizontes calcáreos más puros (textura nodular de concreción) de la Formación Pariatambo, siendo estos horizontes más permeables y reactivos a las soluciones hidrotermales formando skarn de granates de tipo a andradita ($\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$), diópsido ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) y posteriormente al reemplazamiento de los sulfuros metálicos, formando cuerpos desde 1 metro hasta 65 metros. La mineralogía de las alteraciones se detalla a continuación:

Exoskarn: formado por diópsido, andradita, wollastonita, rodonita. Último estadio actinolita, epidota, clorita, rodocrosita.

Endoskarn: formada por epidota, anfíboles, clorita, sericita con menor cantidad de rodonita granates piroxenos.

Según Nexa Resources (2021), los recursos medidos e indicados son 58.96 Mt @ 3.53 % Zn, 0.64 % Pb, 28.7 g/t Ag, y los recursos inferidos son de 25.34 Mt @ 3.52 % Zn, 0.69% Pb, 28.4 g/t Ag. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Hilarión (Nexa Resources Perú S.A.A.) se encuentra en etapa de pre-factibilidad y su puesta en marcha estaría por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 585 millones.

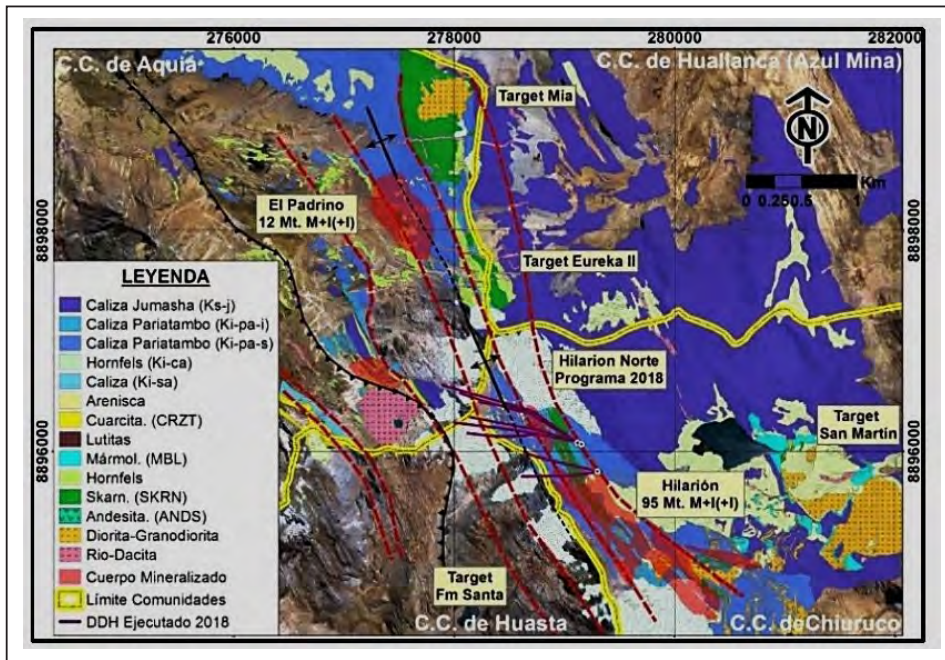


Figura 5.51 Mapa geológico local del proyecto Hilarión.
Fuente: Taco et al. (2019)

Yacimiento Tintaya

Está ubicado en el distrito de Yauri, provincia de Espinar, región Cusco. Pertenece a la franja cuprífera del sur, localizada en la faja intercordillera. Su estratigrafía está conformada por areniscas y cuarcitas de la Formación Soraya del jurásico superior, areniscas y lutitas de la Formación Mara del Cretáceo inferior, calizas de la Formación Ferrobamba del Cretáceo medio, cuerpos de intrusivos dioríticos del Cretáceo superior-Terciario inferior, monzonitas del Terciario medio, pórfidos andesíticos y andesitas del Terciario superior, cubiertas parcialmente por areniscas y volcánicos de la Formación Yauri del Terciario superior.

Los controles estructurales están ligados a pliegues y fallas de la deformación andina relacionados a la Fase Inca, que corresponde a pliegues en la secuencia sedimentaria cretácica y fallas regionales con orientaciones preferentes NNO-SSE; cortando a las estructuras antes descritas se presentan las fallas NNE-SSO, NE-SO y E-O que fueron la respuesta al proceso de la deflexión de Abancay (Jordán et al., 2014).

Tectónicamente, en el Terciario medio, hubo inyecciones de un lacolito de monzonita; por efecto de su empuje se formaron diques radiales de monzonita en la parte externa del lacolito (en contacto con la caliza de la formación Ferrobamba, donde se emplazó la mineralización de cobre) y fallas normales con inclinación al centro de lacolito.

Tintaya es un yacimiento de cobre tipo skarn, emplazado en el sector sureste de la franja cuprífera Tintaya - Ferrobamba. La mineralización en Tintaya fue rica en hierro y pobre en azufre, con poca pirita y como subproducto se tiene Au con 0.5 g/TM y Ag con 14 g/TM. El tipo de granate más abundante es la andradita, seguido por la grosularia.

La calcopirita, bornita, molibdenita, oro y plata se habrían formado juntamente con el skarn y una posterior alteración hidrotermal con sericitización, argilización y propilitización. Posteriormente, hubo una segunda mineralización a menor temperatura, de calcopirita, bornita, molibdenita, oro y plata en óxidos hidratados de Cu y Fe.

La bornita en Tintaya es de tipo secundario en la zona de enriquecimiento secundario y de origen primario en menor proporción en la zona de sulfuros primarios. La relación de la bornita a calcopirita es de 1/10.

El oro es proporcional a la plata, y son proporcionales a la presencia de cobre en un 65 %, el 35 % está ligado a la magnetita.

La profundidad de oxidación varía de 0 a 100 m, con mayor presencia de crisocola que malaquita, limonita, y cuprita, a veces en la base de los óxidos se observa cobre nativo.

Los yacimientos tipo skarn entre Andahuaylas y Yauri tienen magnetita y cobre, en tanto que, en el centro y norte del Perú, los yacimientos tipo skarn tiene pirita y escasa magnetita.

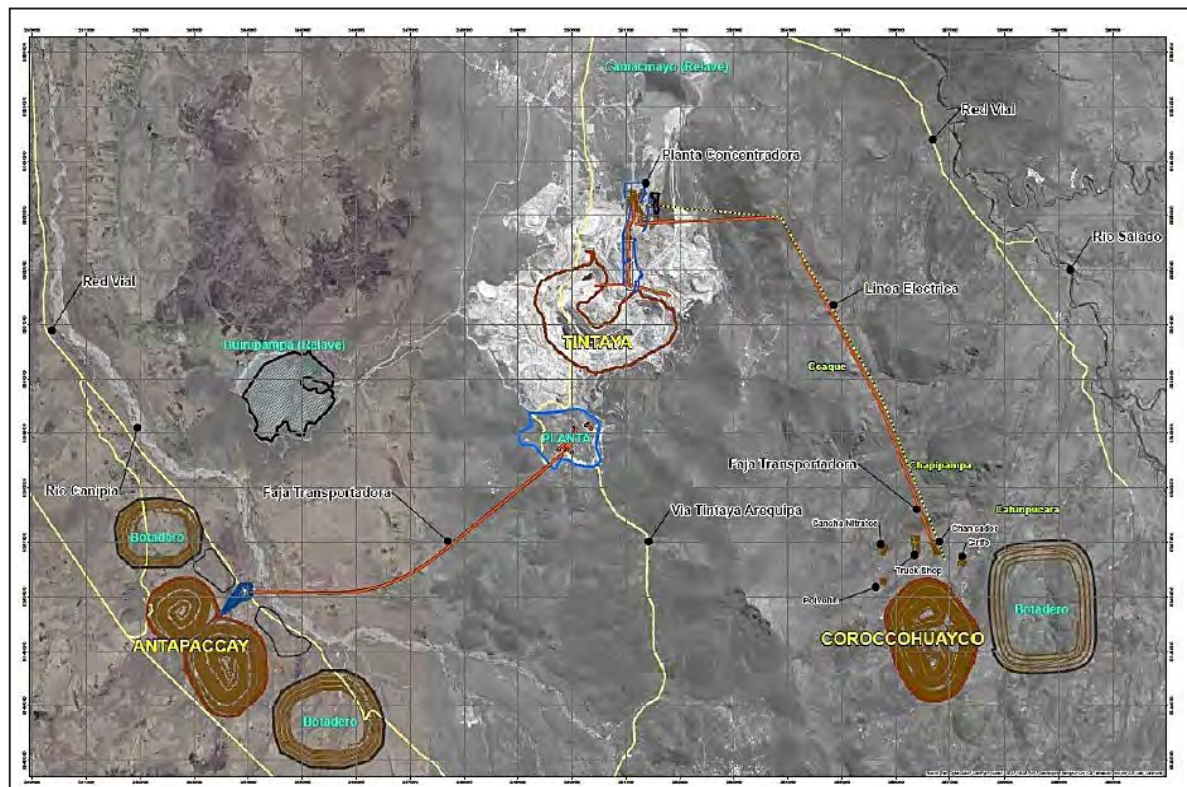


Figura 5.52 Ubicación de las U.M. Tintaya, Antapaccay y el proyecto Coroccohuayco.

Fuente: Rodríguez (2019)

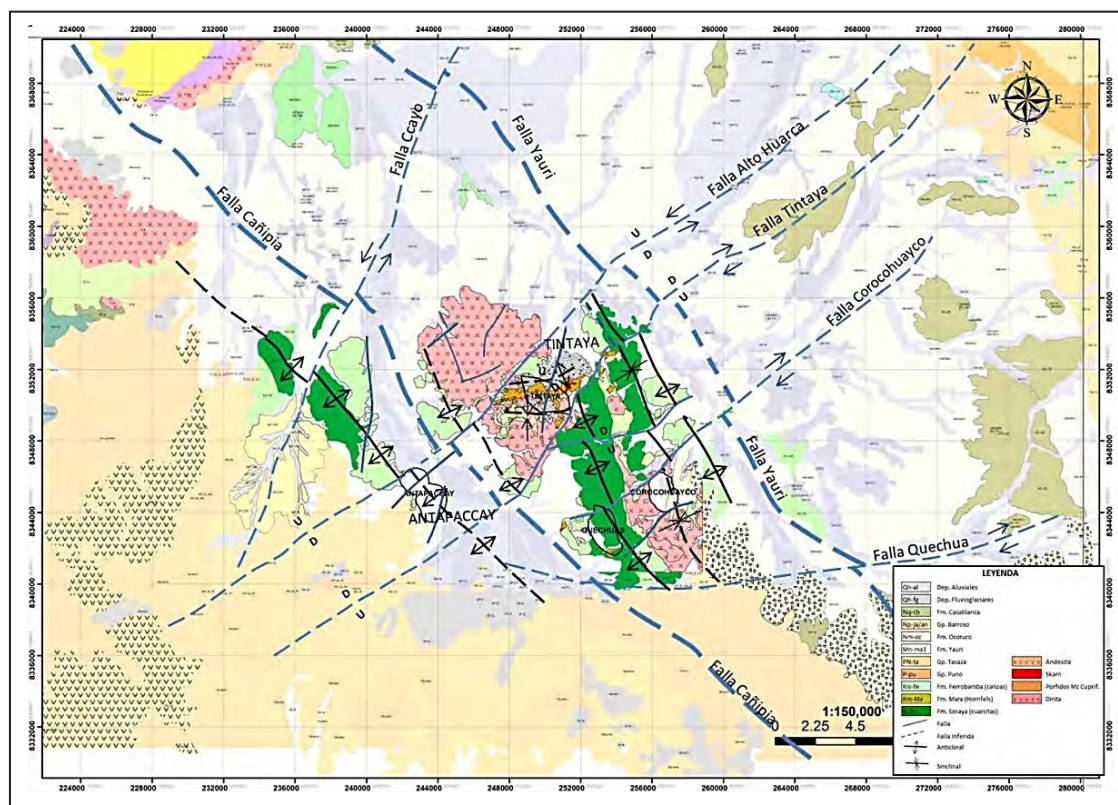


Figura 5.53 Plano geológico estructural del distrito minero Tintaya.

Fuente: Lytman et al. (2014)

Yacimiento Antapacay

El proyecto Antapacay está ubicado en el distrito de Yauri, en la provincia de Espinar, región Cusco, al sur del Perú. Se ubica aproximadamente a 10 kilómetros al suroeste de la mina Tintaya.

La secuencia sedimentaria consiste en areniscas cuarzosas de grano grueso a fino de la Formación Hualhuani (Soraya), subyace concordantemente a la Formación Murco (Mara) constituida por limolitas y/o lutitas calcáreas y estas subyacen concordantemente a las calizas oscuras de la Formación Arcurquina (Ferrobamba).

Discordantes a este paquete sedimentario Cretácico se encuentra la Formación Yauri (Mioceno inferior medio; Cerpa, 2004) constituidos por sedimentos lacustres y rocas volcánicas del Grupo Barroso (Mioceno superior - Pleistoceno), además de depósitos cuaternarios fluvio-glaciares.

La actividad ígnea estuvo activa durante el Eoceno medio a Oligoceno temprano (Perelló et al., 2003; Dalmayrac et al., 1988) en la región estuvo representada por el Batolito de Andahuaylas-Yauri de composición intermedia, con predominio de dacita y granodiorita. Estas intrusiones en contacto con la secuencia de calizas constituidas por las formaciones: Hualhuani (Formación Soraya), Murco (Formación Mara) y Acurquina-Muni (Formación Ferrobamba) en condiciones favorables han formado cuerpos de skarn.

La mineralización cuprífera está emplazada principalmente en rocas intrusivas intermedias, como disseminación, venillas, brechas hidrotermales y en contacto con las rocas dioritas y sedimentarias (calizas, lutitas calcáreas, limolitas y areniscas) formando brechas mineralizadas de contacto, skarn y stockwork. Se han identificado dos cuerpos aparentemente aislados, siendo el cuerpo sur el más extenso con 1300 m en dirección NO-SE y ancho variable de 250 a 430 m y el cuerpo norte con 300 m en dirección NO-SE y ancho de 450 m.

Al contacto con las calizas se dan las condiciones para que ocurra metasomatismo generando cuerpos irregulares de skarn de granate-magnetita+/-píroxeno. Además, se identificó amplias zonas con intenso vetilleo de cuarzo gris stockwork con fuerte contenido de bornita y calcopirita siempre cerca al contacto hornfels-intrusivo, llegando a expandirse varios metros en el hornfels.

Antapacay presenta un patrón asimétrico de zoneamiento de alteraciones, resultado de cambios litológicos marcados debido a la ocurrencia de pliegues asimétricos, que junto a fallas principales controlaron el emplazamiento de los intrusivos. El proyecto Antapacay según el reporte de recursos y reservas de Glencore (2021), tiene recursos medidos e indicados de 1275 Mt @ 0.08 g/t Au, 1.57 g/t Ag; los recursos inferidos son 177 Mt @ 0.28 % Cu, 0.66 g/t Ag, 0.05 g/t Au; y como reservas probadas y probables: 475 Mt @ 0.08 g/t Au, 1.15 g/t Ag.

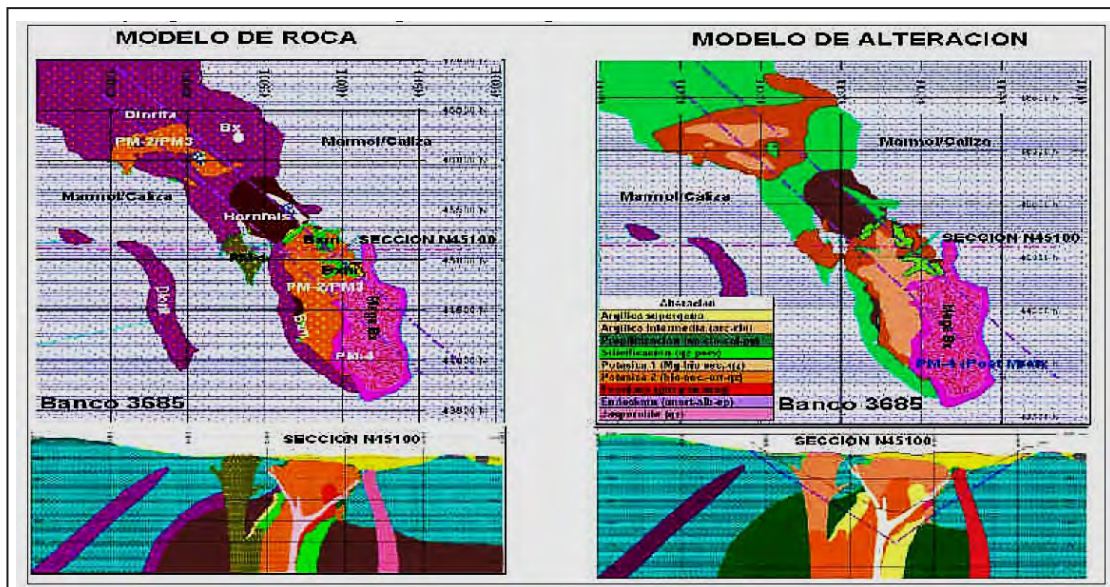


Figura 5.54 Modelo litológico y de alteraciones, yacimiento Antapacay.

Fuente: Bernabé (2008)

Yacimiento Coroccohuayco

El prospecto Coroccohuayco se ubica a 8 km al suroeste de la mina Tintaya, políticamente pertenece al distrito Héctor Tejada, provincia Espinar, región Cusco.

Estratigráficamente se tiene: cuarcitas de la Formación Soraya del Jurásico superior; lutitas-areniscas de la

Formación Mara del Cretáceo inferior; calizas de la Formación Ferrobamba del Cretáceo Medio; intrusión de dioritas del Cretáceo superior-Terciario inferior; monzonita porfírica del Terciario medio; diques y stocks de pórfidos dacíticos y andesitas del Terciario superior; cobertura parcial de limos tobáceos de la Formación Yauri del Terciario superior-Cuaternario inferior.



Figura 5.55 Afloramiento de las formaciones Ferrobamba, Mara y Hualhuani - Cerro Frito.

Fuente: Rodríguez (2019)

Se han reconocido anticlinales, sinclinales ligeramente asimétricos de rumbos NE, N, NO. La tectónica está representada por la Tectónica Andina con eventos en el Cretáceo superior-Terciario inferior como Tectónica Peruana, eventos en el Terciario medio como Tectónica incaica y en el Terciario superior como Tectónica quechuana (Pincock & Holt, 1994). Por efecto de la tectónica referida se produjo las etapas de magmatismo expuestos, los plegamientos de los sedimentos del Mesozoico y los fallamientos de rumbo NE dextrales y sinextrales, inversas y normales.

La mayor parte de las rocas intrusivas en el yacimiento Coroccohuayco son pobremente mineralizadas. El pórfido es, por lo general, no mineralizado, excepto en la parte norte del depósito, donde localmente está muy veteadado y alcanza concentraciones de cobre (mayor del 5 % Cu) cortando al skarn preexistente. La mineralización se origina en el interior del pórfido como vetillas de cuarzo-calcopirita ± molibdenita (con espesor de 1 mm hasta 4 cm) y se torna más masivo hacia la periferia de la masa ígnea con la disminución de molibdenita.

La mineralización de cobre se encuentra diseminada en el intrusivo con leyes bajas a diferencia de la mineralización

dentro del skarn. Los minerales de mena son cuprita, crisocola, melaconita (tenorita), bornita, calcopirita, calcosina, entre otros (Maher 2010).

La principal zona mineralizada se encuentra en el cuerpo de skarn, el cual está muy relacionado con el tipo de alteración calcosilicatada. La alteración ha generado en zonas de mena tres franjas bien distinguibles: la zona marmolizada, con abundante alteración piroxénica; la zona de granates verdes, principal franja mineralizada donde se observa más bornita en relación con calcopirita y donde el porcentaje de cobre alcanza el 2 %; y la zona de granates oscuros, con alteración piroxénica y de menor contenido de cobre en ensamble bornita-calcopirita. Según el reporte de recursos y reservas de Glencore (2020), se tiene recursos medidos e indicados de 559 Mt @ 0.68% Cu, 0.09 g/t de Au, 2.49 g/t Ag y como recursos inferidos 12 Mt @ 0.28% Cu, 0.04 g/t de Au, 0.89 g/t Ag. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto de Integración Coroccohuayco (Compañía Minera Antapachay S.A.) se encuentra en etapa de pre-factibilidad y su puesta en marcha estaría por definir, con una inversión CAPEX de US\$ 590 millones.

Yacimiento Las Bambas

Se ubica entre los distritos de Challhuahuacho, Tambobamba y Coyllurqui, en la provincia de Cotabambas y el distrito del Progreso en la provincia de Grau, región Apurímac, a 75 km al SO de la ciudad de Cusco.

Las Bambas se encuentra dentro de un importante control estructural que es la flexión de Abancay, en este nivel, la Cordillera de los Andes tiene un cambio de dirección de aproximadamente Este a Oeste. El cambio de dirección se ve reflejado por las estructuras E-O que se formaron al principio en la zona de flexión, seguidas por sistemas NO-SE, NE-SO, N-S y ejes de plegamientos de dirección casi E-O, relacionadas con las fases tectónicas (Acosta, Manrique, Gómez, Villarreal y Mendoza, 2013).

Las Bambas presenta tres depósitos principales tipo skarn (Ferrobamba, Chalcobamba y Sulfobamba). Estos son depósitos del tipo skarn asociados a sistemas de pórfidos poco avanzados, con características propias principalmente de alteración y mineralización entre sí. Las formaciones de los skarn están relacionadas a más de una fase de monzonita, incluso, existen grandes cuerpos de skarn que han sido formados por la diorita en contacto con las calizas de la Formación Ferrobamba, como los depósitos Chalcobamba y Sulfobamba; cada una de estas fases monzoníticas han mineralizado, en menor o mayor grado, los cuerpos de skarn, excepto la diorita. Los cuerpos de skarn generalmente son irregulares, que presentan una alteración:

Prógrada: granates (marrón rojizo, verde-amarillo, marrón-amarillo), piroxenos y magnetita.

Retrógrada: epidota, anfíbol, especularita, clorita, calcita, \pm cuarzo, limonitas.

Endoskarn: granate, piroxeno, epidota, anortita, \pm especularita y \pm cuarzo o epidota, granate, anfíbol, especularita y albita.

En los tres depósitos se han identificado sistemas mineralizados del tipo pórfido, en cada una de estas áreas la mineralización está asociada a dos o más fases de monzonita. Casi en todos estos sistemas, la alteración que predomina es potásica, constituida principalmente de biotita secundaria, feldespato potásico, cuarzo y trazas de magnetita; también, parte de este ensamble son la presencia de venillas de cuarzo con halos de biotita secundaria o feldespato potásico \pm magnetita asociados con sulfuros o sin sulfuros.

La mineralización de cobre en Las Bambas está principalmente emplazada en los contactos de calizas de la Formación Ferrobamba y las rocas intrusivas terciaria (granodiorita,

cuarzo monzonita y cuarzo diorita). Las calizas corresponden a la era Cretácica, similar a los depósitos de skarn en Tintaya, Antamina y Magistral. Conforme al reporte MMG Annual Report (2021), las reservas son de 820 Mt @ 0.67% Cu, 2.90g/t Ag, 0.02% Mo; los recursos totales en la zona de Ferrobamba son de 770 Mt @ 0.66% Cu, 3.0 g/t Ag, 0.06 g/t Au, 210 ppm Mo (inferidos: 72 Mt @ 0.92% Cu, 3.9 g/t Ag, 0.08 g/t Au, 210 ppm Mo; indicados: 280 Mt @ 0.7% Cu, 3.2 g/t Ag, 0.06 g/t Au, 200 ppm Mo; medidos: 410 Mt @ 0.59% Cu, 2.6 g/t Ag, 0.05 g/t Au, 200 ppm Mo). En la zona de Chalcobamba, los recursos totales son de 320 Mt @ 0.63% Cu, 2.3 g/t Ag, 0.03 g/t Au, 130 ppm Mo (inferidos: 27 Mt @ 0.60 % Cu, 2.5 g/t Ag, 0.03 g/t Au, 140 ppm Mo; (indicados: 170 Mt @ 0.7% Cu, 2.7 g/t Ag, 0.03 g/t Au, 120 ppm Mo; medidos: 120 Mt @ 0.52% Cu, 1.6 g/t Ag, 0.02 g/t Au, 150 ppm Mo). Finalmente, los recursos totales en la zona de Sulfobamba son de 180 Mt @ 0.63% Cu, 5.7 g/t Ag, 0.02 g/t Au, 140 ppm Mo (inferidos: 96 Mt @ 0.58% Cu, 6.5 g/t Ag, 0.02 g/t Au, 120 ppm Mo; indicados: 80 Mt @ 0.68% Cu, 4.8 g/t Ag, 0.02 g/t Au, 170 ppm Mo). A finales del 2021 los recursos totales de Las Bambas fueron de 1300 Mt.

De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Chalcobamba Fase I (Minera Las Bambas S.A.) se encuentra en la etapa de ingeniería de detalle y su puesta en marcha estaría por definir, con una inversión CAPEX de US\$ 130 millones.

Yacimiento Utopara

Se ubica en Ccancahuane, a 18 km de la localidad de Mollebamba, distrito de Juan Espinoza Medrano, provincia de Antabamba, región Apurímac.

La geología está representada por la Formación Hualhuani, definida por una alternancia de areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio, la cual aflora principalmente en el cerro Utopara. Se le asigna una edad del Cretáceo inferior posiblemente Neocomiano.

La Formación Murco está constituida por areniscas de grano medio a grueso de tonalidades rojizas, con intercalaciones de limoarcillitas, microconglomerados y niveles finos de calizas. Se le asigna una edad Cretácica (Barremiano - Aptiano).

La Formación Ferrobamba aflora en los cerros Tajra, Alpamarca y Coronto. Es concordante a la Formación Murco y está en contacto con el intrusivo Utopara. Está constituida por una secuencia de calizas grises y negras, que, en la parte media, presentan buena estratificación. Es característica la presencia de plegamientos, fósiles y nódulos de chert. Se le asigna una edad Albiano – Cenomaniano (Pecho, 1981).

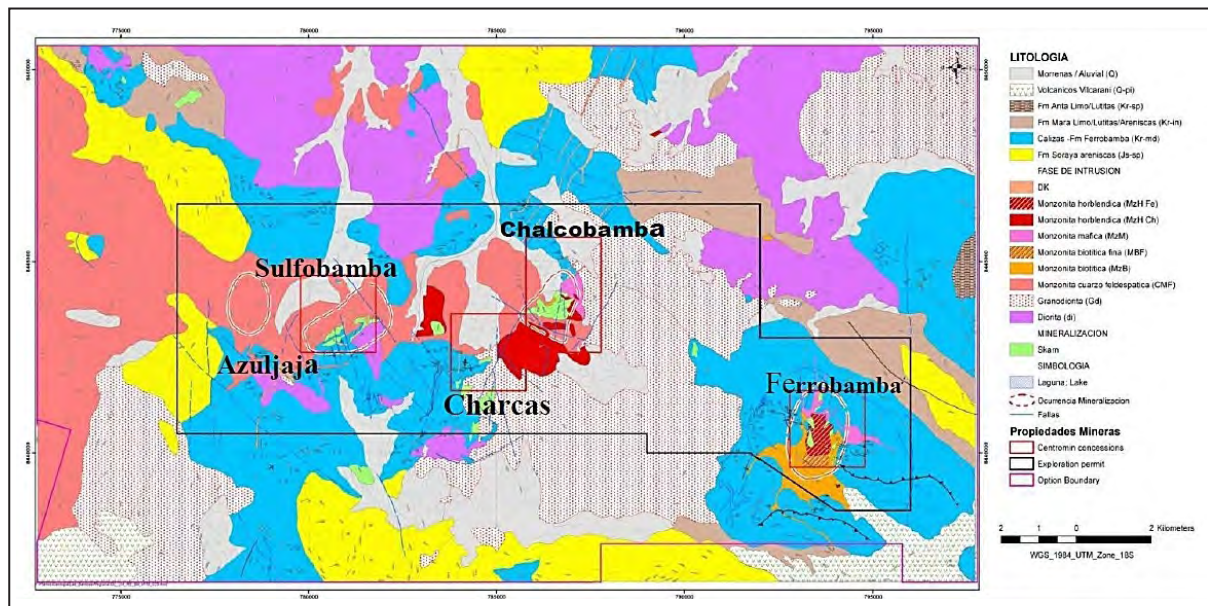


Figura 5.56 Plano geológico y distribución de áreas mineralizadas del Proyecto Las Bambas.

Fuente: Chirre et al. (2006)

El Grupo Tacaza está caracterizado por conglomerados gruesos, con clastos de caliza y cuarcita, una secuencia de areniscas grises de grano medio a grueso intercaladas con lutitas rojas de origen tobáceo, y hacia el tope, derrames lávicos, brechas, tobas de naturaleza andesítica, dacítica y riolítico gris verdosas a moradas (Pecho, 1981). Como unidades intrusivas se encuentran dioritas y monzonitas del Terciario superior.

Regionalmente el área de estudio está situada en el límite meridional de la Deflexión de Abancay (Marocco, 1978); está caracterizado por la presencia de fallas y pliegues de orientación EO, NO-SE que afectan a las rocas del Mesozoico y Cenozoico.

Localmente (Merino, 2007) se reporta que el área de Utopara pertenece a un gran anticlinorio regional de rumbo EO comprendido entre los ríos Jajantía y Colcabamba; este anticlinorio se encuentra fallado a lo largo de todo su eje de manera normal y buza hacia el sur con alto ángulo, afectando principalmente al Grupo Yura en toda su extensión. También, es característica la presencia de dos pliegues sinclinales suaves que conservan el mismo rumbo y están ubicados al sur de Utopara.

La tectónica antecede a los intrusivos, porque las fallas de estos anticlinales no se manifiestan en las rocas intrusivas. Los esfuerzos compresionales originan un sistema de fracturamiento EO que se manifiesta principalmente en las cuarcitas del Grupo Yura que se fracturan en las zonas de fallas, originando brechas tectónicas.

Se encuentran estructuras dómicas o flowdome de naturaleza dacítica y andesítica emplazados en el batolito, a consecuencias de pulsaciones magmáticas posteriores, las que se asocian a la mineralización de Au-Cu.

El domo principal se denomina El Cachorro, el cual presenta un anillo de brecha que comprende clastos de composición variada en una matriz argilizada, donde se distinguen venillas de óxido, pirita y especularita. Presenta valores promedio de 137 ppb de Au y 500 ppm de Cu.

El domo adyacente es El Antiguo, de composición andesítica, con algunos valores anómalos en Au y Cu (mayores que en el domo El Cachorro), presenta facies de diques de brecha que se ubica en la parte central del domo. El último domo y más pequeño es el Chiquito, de composición andesítica, y se ubica cerca del contacto entre el batolito y las cuarcitas de la Formación Soraya.

En el yacimiento existen una serie de alteraciones hidrotermales relacionadas con las distintas fases intrusivas y eventos hidrotermales del intrusivo Utopara. Entre las principales alteraciones hidrotermales están:

- **Alteración potásica temprana:** Tiene una mayor área expuesta en superficie y se encuentra afectando a los cuerpos de diorita y diorita porfídica aflorantes. La biotita secundaria es el mineral principal, reemplaza a los piroxenos y anfíboles. Se encuentra asociada a magnetita, feldespato potásico y pirita.

- **Alteración potásica principal:** Afecta a los stocks monzoníticos, monzodioríticos, dioríticos y la brecha intrusiva. Tiene un control estructural siguiendo zonas de fracturamiento y brechamiento. Cuando afecta a los stocks monzoníticos y monzodioríticos la alteración es de tipo penetrativa, los fenocristales de plagioclasa son reemplazados por feldespatos potásicos. Cuando afecta a las brechas y la diorita la alteración se manifiesta a manera de vetillas de feldespatos potásicos, biotita, magnetita, pirita y de albita.
- **Alteración potásica tardía:** Está controlada mayormente por fracturas, afectando a cualquier tipo de intrusivos. El feldespatos potásico se encuentra asociado a la albita y ambos se presentan en vetillas, la pirita se encuentra subordinada.
- **Alteración propilitica:** Se caracteriza por encontrarse sobrepuesta a la alteración potásica. Las cloritas se encuentran reemplazando a las biotitas y piroxenos. En superficie se evidencia en el área de contacto de la brecha intrusiva (Cachorro) con la diorita porfídica.
- **Alteración sericitica:** Ha sido identificada en la zona de las brechas intrusivas (área de Cachorro), asociada a cloritas, arcillas y pirita. También se presenta sobrepuesta a la

alteración potásica que afecta las distintas fases intrusivas, se observa reemplazamiento parcial a total del feldespatos potásico, plagioclasas y biotita por sericita.

- **Alteración argílica:** Generalmente relacionada a las rocas hospedantes de las estructuras, también fue identificada en la zona de brecha intrusiva adyacente a la alteración sericitica. Es penetrativa, se puede identificar un reemplazamiento de las plagioclasas por caolín, llegando a obliterar totalmente la textura original de la roca.
- **Alteración calcosilicatada:** Se manifiesta en las zonas de contacto entre rocas carbonatadas y el intrusivo Utupara. Está controlada por estructuras y se han identificado asociaciones prógradas y retrógradas.
- **La alteración prógrada se caracteriza por la presencia de minerales anhidros, granates verdes y marrones (andradita y grosularia) asociados a diópsido y wollastonita. La alteración retrógrada, mayormente sobrepuesta a la fase prógrada es de carácter destructivo y se caracteriza por la presencia de minerales hidratados formados a expensas de los minerales anhidros de la fase prógrada.**

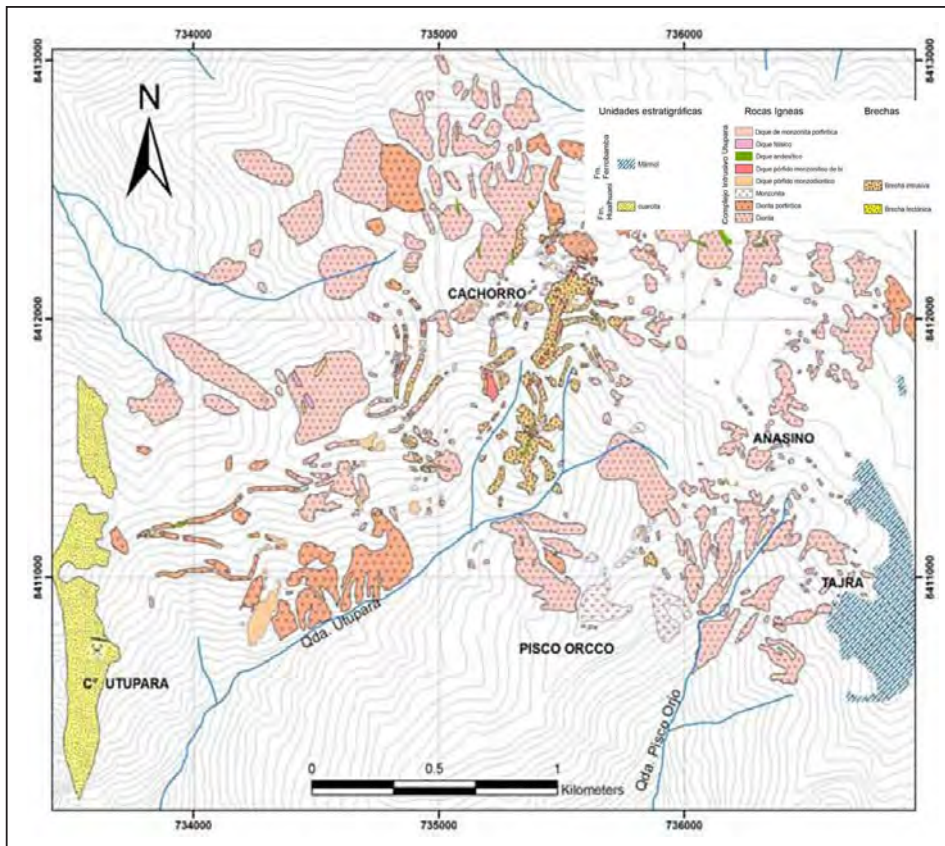


Figura 5.57 Unidades litológicas del proyecto Utupara.

Fuente: Modificado de Villon & Ayala (2007)

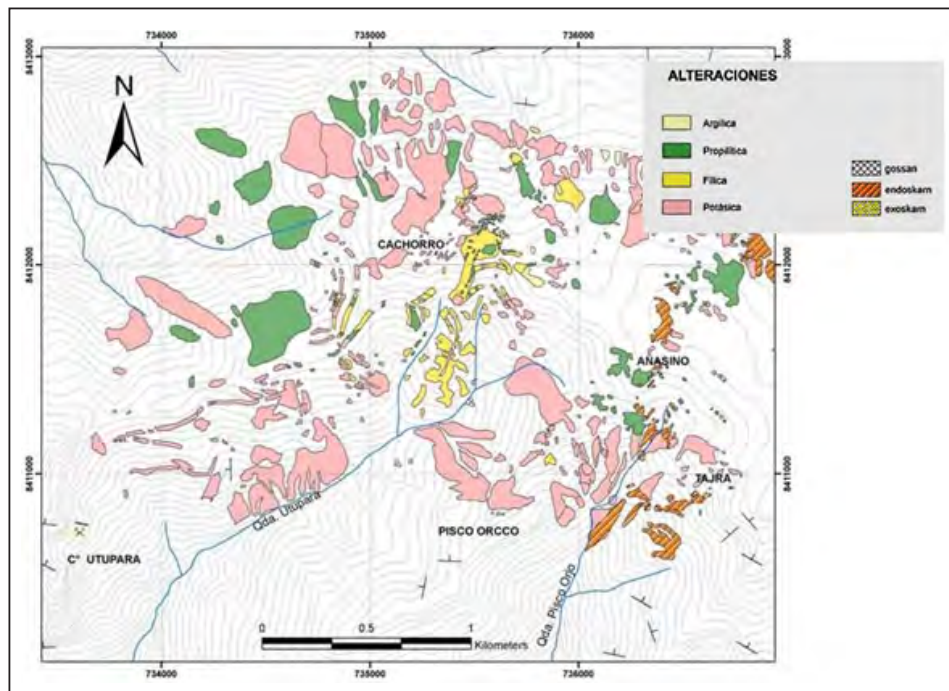


Figura 5.58 Alteraciones hidrotermales del proyecto Utupara.

Fuente: Modificado de Villon & Ayala (2007)

Yacimiento El Extraño

Se ubica en la Cordillera Negra, en la provincia de Yungay, región Áncash.

La geología está representada por cuarcitas de la Formación Chimú, calizas margosas, lutitas y areniscas de la Formación Carhuaz, brechas volcánicas discordantes a la secuencia sedimentaria del volcánico Calipuy. Estructuralmente, de este a oeste se observa un anticlinal cerrado, un sinclinal cerrado y un anticlinal abierto, cuyos ejes de plegamientos tienen un rumbo que varía de N 40° O a N 20° E. Se tienen fallas postminerales de rumbo NS y N 65° E (Tumialán, 1978).

El yacimiento está conformado hasta por 19 mantos con potencias que varían de 5 a 20 m. Los mantos presentan minerales típicos de yacimientos skarn como granate, epidota, esfalerita, galena, cuarzo, baritina, rodocrosita, psilomelano y pirita subordinada. A dichos mantos se los considera de tipo distal, donde el intrusivo que dio origen al skarn se emplaza en profundidad.

Los mantos tipo skarn han reemplazado horizontes preferentemente de caliza dolomítica de la Formación Santa y de la Formación Carhuaz inferior. Las áreas mineralizadas de cada manto ofrecen un zoneamiento local desde los bordes a la parte central del área mineralizada, constituido por plata, plomo,

zinc. Se observa cierta concentración de mineralización en los mantos cuando son cortados por una falla.

Se tiene tres centros de mineralización: El Extraño Oeste, El Extraño Central y El Extraño Este.

La mineralización tipo skarn en mantos no es común en el Perú; sin embargo, otro caso similar se observa en Cobriza.

Yacimiento Cobriza

Se encuentra en el distrito San Pedro de Coris, provincia Churcampá y región de Huancavelica; geográficamente se ubica en el flanco oeste de la Cordillera Oriental de los Andes, sobre la margen izquierda del río Mantaro.

En el distrito minero de Cobriza afloran ampliamente rocas sedimentarias de edad carbonífera a jurásica, representadas por las pizarras del Grupo Tarma, calizas y lutitas del Grupo Copacabana, clastos representados por conglomerados y areniscas pertenecientes al Grupo Mitu y calizas del Grupo Pucará.

Las rocas intrusivas en el área de Cobriza están representadas por un cuerpo granítico de dimensiones batolíticas, numerosos diques y sills andesíticos y básicos, y stocks de monzonita y diorita cuarcífera.

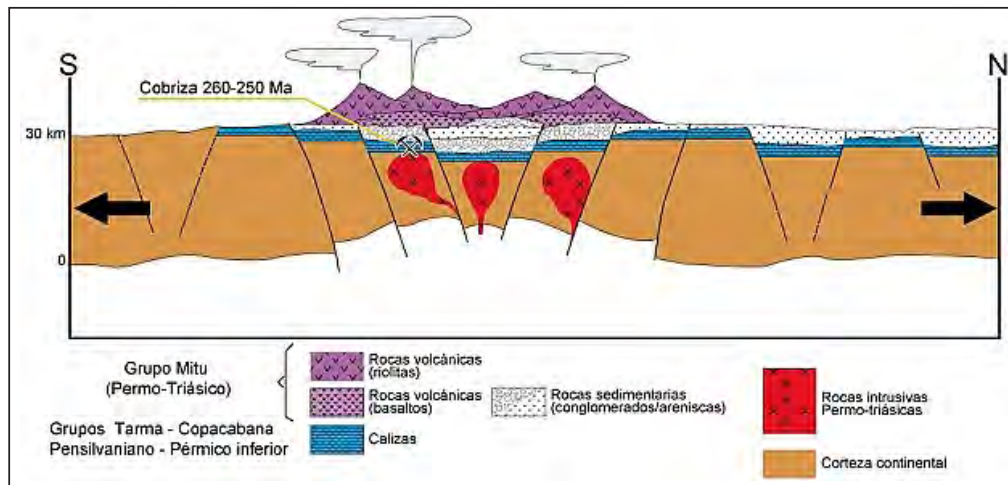


Figura 5.59 Sección estructural de la paleogeografía permotriásica del yacimiento Cobriza.

Fuente: Carlotto et al. (2007)

La tectónica andina se manifiesta por la presencia de pliegues de dirección noroeste, destacando el anticlinal de Coris, el cual fue perturbado por numerosos sistemas de fallas y fracturas de carácter regional y local. Fallas inversas (tardihercínicas) de dirección NO cortan el distrito, mientras que fallas EO y NO parecen estar más relacionadas a las ocurrencias minerales.

La mineralización consiste en reemplazamientos metasomáticos de minerales principalmente de cobre y hierro dentro de una ganga de silicatos. Esta se encuentra en horizontes calcáreos favorables, siendo los límites de la mineralización económica controlados por la presencia de granates tanto al techo como al piso del manto.

La mineralogía consiste principalmente en calcopirita, pirrotita, arsenopirita, magnetita, hornblenda, granates y hornfels; la esfalerita, galena y bismutina se encuentran en cantidades subordinadas. Presenta tres ensambles característicos: granate anfíbol-magnetita-pirrotita-calcopirita, anfíbol-magnetita-pirrotita-calcopirita y baritina-calcita-galena-marmatita-siderita (Aponte, 2014).

La alteración en las rocas de caja se manifiesta por la recrystalización de la caliza y la silicificación y moderada piritización de las pizarras. De acuerdo a una presentación de Cobriza Mine (2021), sus reservas probadas y probables son de 5.89 Mt @ 17.53 g/t Ag, 1.08% Cu, 0.1 % Pb, 0.35 % Zn; y recursos de 0.87 Mt @ 16.46 g/t Ag, 1.36% Cu, 0.03 % Pb, 0.09 % Zn.

5.3 YACIMIENTOS EPITERMALES

Dina Huanacuni

5.3.1 Generalidades

El término "epitermal" fue definido por Lindgren (1922), quien caracterizó este tipo de depósitos en función a la mineralogía

de menas y sus características texturales. Los yacimientos epitermales son portadores de oro y plata, además de otros elementos como Zn, Pb, Cu, Cd, As, Sb, Bi, Se, Te, Ga, Ge, In, Tl, Mo y Sn. Los depósitos epitermales están superficialmente formados de depósitos de vetillas, stockwork, diseminados, y reemplazamiento. Los depósitos epitermales se forman en la corteza superior en la paleosuperficie a profundidad hasta 1500 m debajo del nivel freático y a temperaturas que varían de 100 a 300°C.

Los depósitos epitermales se forman en una variedad de entornos tectónicos, de extensionales a transtensionales, transpresionales y compresionales. Apesar de que los depósitos epitermales se forman en un amplio rango de ambientes tectónicos, mucho de ellos se forman en arcos volcánicos subáereos en márgenes convergentes, y entornos continentales y oceánicos. Estos depósitos se forman principalmente de sistemas hidrotermales subáereos por calor magmático y, menos común, por circulación de aguas subterráneas que se elevan a lo largo de las fallas limitantes de la cuenca. Análogamente, los depósitos epitermales de alta sulfuración se forman en arcos volcánicos de ambientes submarinos, pero pocos depósitos submarinos antiguos han sido reconocidos. Los depósitos epitermales varían de edades desde el Arqueano hasta el Cuaternario, debido a su formación en poca profundidad y su pobre potencial de preservación, los depósitos más conocidos son de edad de Cenozoico (John et al., 2018).

Existen tres subtipos de depósitos en este modelo: depósitos epitermales de baja, intermedia y alta sulfuración. Esta clasificación (figura 5.60) depende de la fugacidad de azufre de los fluidos mineralizantes inferidos y asociación mineralógica (White & Hedenquist, 1995; Hedenquist et al., 2000; Sillitoe & Hedenquist, 2003; Einaudi et al., 2003).

La característica de la alteración hidrotermal asociada con los depósitos epitermales varía considerablemente entre los subtipos de depósitos. Los yacimientos epitermales de alta sulfuración están caracterizados por presencia cuarzo vuggy, cuarzo-alunita y alteración argílica avanzada que contiene

caolinita/dickita y/o pirofilita producida por un pH muy bajo. Por el contrario, la alteración potásica con cuarzo, adularia y carbonatos, illita, indican la formación de fluidos con pH casi neutro; estos forman los yacimientos de baja e intermedia sulfuración (John et al., 2018).

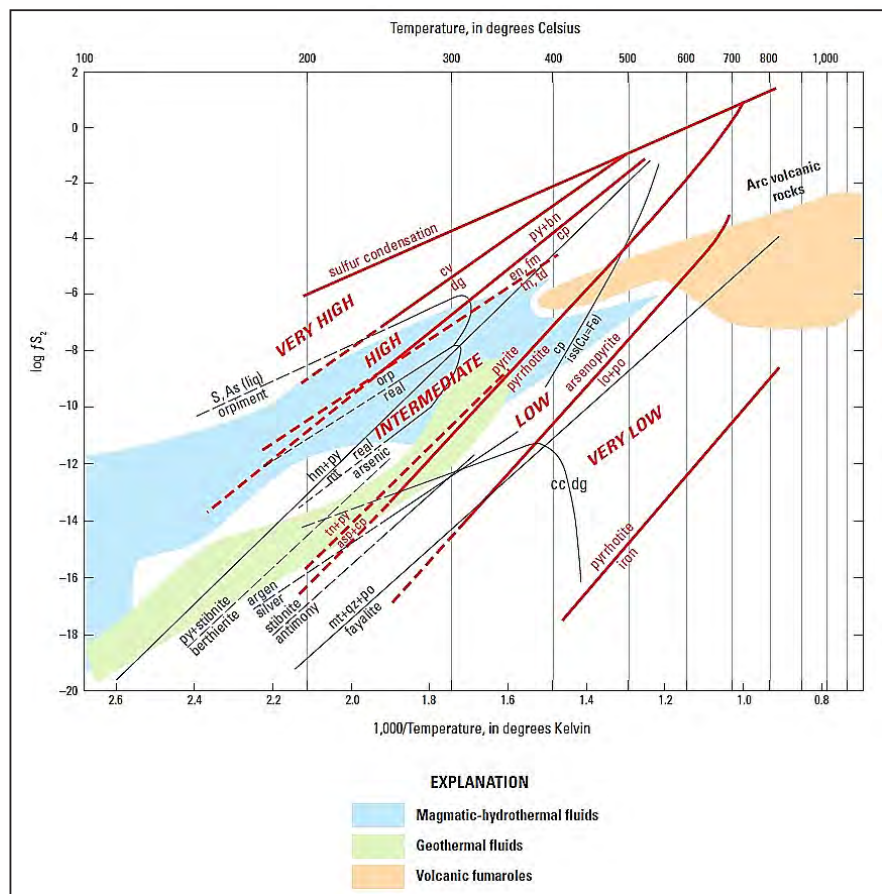


Figura 5.60 Diagrama de fugacidad de azufre (fS₂), mostrando los ensambles mineralógicos de los depósitos epitermales.

Fuente: White & Hedenquist (1995)

Tectónica y petrogénesis

Los depósitos epitermales de Au-Ag se forman en un amplio ambiente tectónico. Estos depósitos generalmente están asociados rocas intrusivas poco profundas o rocas volcánicas, más común en arcos de márgenes convergentes (arcos de islas y continental), aunque también están asociadas con magmatismo en trasarco continentales, rift continental, entorno postcolisional extensional y entorno de margen transformantes.

En este aspecto, se distinguen a escala continental numerosos contextos tectónicos favorables para diversos tipos y subtipos

de depósitos epitermales, durante una subducción o tras su término: 1) AS (Alta sulfuración) y SI (Intermedia Sulfuración) en situación de neutralidad de esfuerzos a arco levemente extensional, con andesitas-dacitas ± riolitas; 2) AS y SI durante vulcanismo de arco en situación de trasarco compresional, con andesitas-dacitas ± riolitas; 3) AS en arco compresional con vulcanismo de subducción, con riolitas; 4) BS (Baja sulfuración) en arco extensional, con andesitas-dacitas ± riolitas o vulcanismo bimodal de basaltos-riolitas; 5) BS durante vulcanismo de arco en situación de trasarco extensional, con vulcanismo bimodal de basaltos-riolitas; 6) BS en situación de

trasarco extensional durante una transición de magmatismo de subducción a magmatismo bimodal de rift, con vulcanismo alcalino; 7) BS en un margen continental extensional tras el cese de una subducción y relacionado al desarrollo de un margen de fallamiento lateral entre corteza oceánica y continental, con vulcanismo bimodal de basaltos-riolitas; 8) BS en situación de tectónica compresiva relacionada con un margen de fallamiento lateral, con vulcanismo bimodal de basaltos-riolitas; 9) BS en situación de magmatismo postcolisional restringido durante compresión tectónica y el rompimiento de la placa subducida debido a la acreción continental, con vulcanismo alcalino; y 10) BS en contexto extensional debido a colapso tectónico tras una acreción continental, con vulcanismo bimodal de basaltos-riolitas (Sillitoe & Hedenquist, 2003).

5.3.2 Clasificación de depósitos epitermales

En la literatura, existe una amplia variedad de términos que fueron usados para describir los dos estilos de los miembros finales de depósitos epitermales (cuadro 5.1). Se usaron los términos baja y alta sulfuración para describir los dos miembros finales del estado de sulfuración deducidos a partir de las asociaciones de minerales de sulfuros. Inicialmente, estos términos fueron sugeridos en la base del estado de oxidación del azufre en el fluido, pero debido a no ser práctico para definir un prospecto mineralizado, propusieron usarlos para referirse al estado de sulfuración de las asociaciones de sulfuros. También reconocieron depósitos con estado de sulfuración intermedia, ubicándolos dentro del miembro final de baja sulfuración junto con los depósitos de baja sulfuración (Hedenquist et al., 2000).

Cuadro 5.1

Evolución de los esquemas de clasificación para depósitos epitermales

Clasificación			Autor
ácido	alcalino		Sillitoe (1977)
Epitermal			Buchanan (1981)
oro-enargita			Ashley (1982)
sulfatos ácido			Giles & Nelson (1982)
alto azufre	bajo azufre	depósitos alcalinos	Bonham (1986)
Alta sulfuración	Baja sulfuración		Hedenquist (1987)
Alunita-Caolinita	Adularia-sericita		Berger & Henley (1989)
	Adularia-sericita tipo 1	Adularia-sericita tipo 2	Albino & Margolis (1991)
Alta sulfuración	Baja sulfuración		Sillitoe (1989,1993)
	Alto en sulfuro+metal base	Bajo en sulfuro+metal base	
Alta sulfuración	Intermedia sulfuración	Baja sulfuración	Alcalino Hedenquist et al. (2000) Einaudi et al. (2003) Sillitoe & Hedenquist (2003)
Cuarzo+alunita+/-pirofilita +/-dickita+/-caolinita	cuarzo+/-calcita+/-adularia+/-illita		Alcalino Simmons et al. (2005)
Alta sulfuración	Intermedia sulfuración	Baja sulfuración	Oro alcalino John et al., 2018

Fuente: John et al. (2018)

Baja sulfuración

Este tipo de depósitos se origina a partir de fluidos mineralizantes con azufre reducido (HS⁻, H₂S), donde este elemento se presenta en estado de oxidación -2 y pH aproximadamente neutro; similar a sistemas geotérmicos más o menos distales a la fuente de calor. La salinidad de los fluidos es baja, menos de

1 a 2 % en peso de NaCl equivalente (Cooke & Simmons, 2000; Hedenquist et al., 2000; Simmons et al., 2005).

En este tipo de yacimientos, los sulfuros más comunes son: pirita, pirrotita, arsenopirita, esfalerita rica en Fe; mientras que las gangas más frecuentes son por cuarzo, calcedonia, adularia, calcita, rodocrosita, micas potásicas (sericita, illita) y fluorita.

La alunita es de origen supérgeno y no ocurre asociada a la mineralización (Hedenquist et al., 1996). La mineralización se puede dar en vetas, zonas de stockworks o diseminados. Las estructuras bandeadas y texturas crustiformes son típicas de este tipo de depósitos. El oro se presenta como electrum y, con menos frecuencia, como telururo asociado a acantita y argentita. Su formación está relacionada a rifts de arcos de islas y continentales asociados a vulcanismo bimodal basalto-riolita, afiliados con un amplio rango de tipos de rocas alcalinas a calcoalcalinas (Hedenquist et al., 2000). Su relación con los

depósitos de cobre no existe, pero ambos depósitos pueden ocurrir en el mismo ambiente geológico o misma provincia (John et al., 1999, en Sillitoe & Hedenquist, 2003).

En las partes más profundas, en la roca de caja, presenta alteración propílica compuesta por illita, clorita, epidota, albita, zeolitas, calcita, adularia, cuarzo y piritita; mientras que en las zonas superficiales el sistema se caracteriza por presentar un sinter silíceo que se deposita como sílice amorfa cristalizándose con el tiempo en cuarzo muy fino. Este sinter delimita la paleosuperficie y el nivel freático antiguo (figura 5.61).

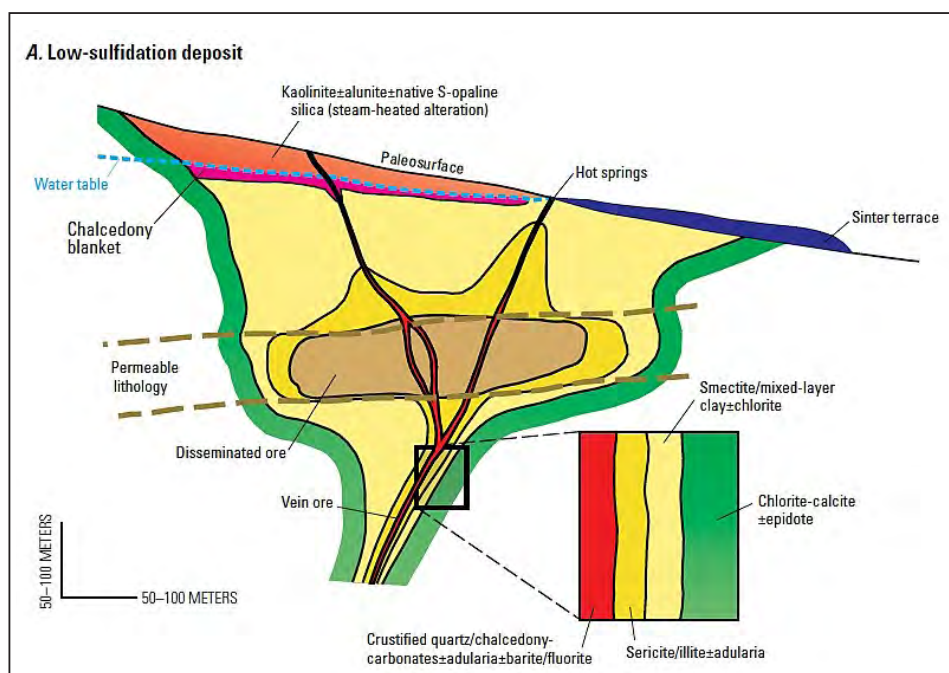


Figura 5.61 Sección de alteraciones de un sistema epitermal de baja sulfuración.

Fuente: John et al. (2018)

Intermedia sulfuración

Los depósitos del subtipo de sulfuración intermedia son estructuralmente muy similares a los de baja sulfuración, pues no en balde ambos conforman el conjunto de epitermales alcalinos (Sillitoe, 1977), aunque las características geoquímicas de los fluidos mineralizantes asociados y de las mineralizaciones metálicas en sulfuración intermedia (figura 5.62) suele guardar una mayor afinidad con los depósitos de alta sulfuración (Einaudi et al., 2003; Sillitoe y Hedenquist, 2003).

Este tipo de depósitos se forma en diferentes ambientes tectónicos y tienen diferentes filiaciones magmáticas, a diferencia de los de baja sulfuración. La mayoría de los

depósitos epitermales de Au y Ag de sulfuración intermedia ocurren en arcos calcoalcalinos andesíticos-dacíticos (aunque localmente las rocas más félsicas actúan como huéspedes), pero comúnmente no muestran una conexión tan estrecha con depósitos de pórfidos de Cu como muchos yacimientos de alta sulfuración (Sillitoe & Hedenquist, 2003). Pocos depósitos de sulfuración intermedia, típicamente pequeños, colindan con litocapas de argílica avanzada, con o sin asociación a depósitos de alta sulfuración (Sillitoe, 1999).

Datos microtermométricos obtenidos de estudios de inclusiones fluidas registran salinidades entre ~ 2 y ~ 20 wt% de NaCl equivalente, para depósitos ricos en metales básicos o polimetálicos (Albinson et al., 2001).

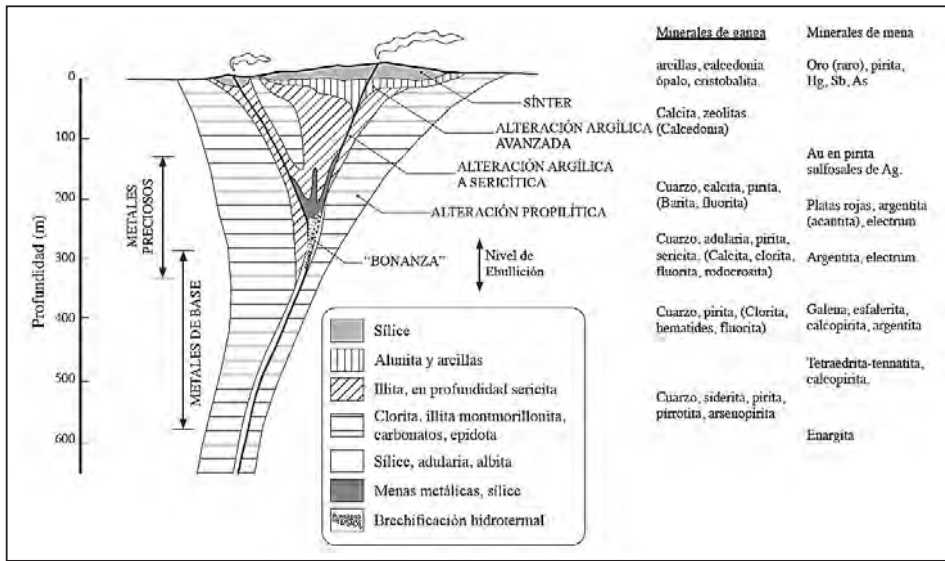


Figura 5.62 Sección esquemática de alteraciones hidrotermales de un epitermal de baja e intermedia sulfuración.

Fuente: Camprubí (2006)

Alta sulfuración

Este tipo de depósito se origina a partir de fluidos de carácter oxidado y ácido; es decir, azufre en estado de oxidación +6 o +4, en la forma de SO₂ o SO₃, provenientes de vapores magmáticos condensados de baja salinidad (< 1% en peso de NaCl equivalente) que originan las litocapas de cuarzo-alunita (Arribas, 1995), precedentes a la mineralización. El fluido mineralizado, cuando está presente, es diferente en composición a los primeros fluidos ácidos responsables de la lixiviación, estos son menos ácidos y oxidados y relativamente salinos (Hedenquist et al., 2000).

La ocurrencia de estos yacimientos se relaciona con sistemas volcánico-hidrotermales próximos a chimeneas volcánicas por las que se canaliza la descarga de vapores a la superficie. La principal evidencia de este tipo de sistemas son la presencia de fumarolas de alta temperatura y aguas extremadamente ácidas producto de su condensación. Los fluidos ácidos y oxidados se encuentran en desequilibrio con la roca huésped poniendo de manifiesto su carácter magmático. El control estructural juega un papel importante en la canalización de los fluidos y es un factor determinante en su naturaleza altamente reactiva. Los intrusivos relacionados pueden estar muy próximos a la superficie o llegar a ser eruptivos (Hedenquist et al., 2000, Camprubí & Albinson, 2006).

Generalmente, presentan una porción central de sílice masiva y una capa de sílice residual oquerosa, que es interpretada como el área de mayor alteración y lixiviación, por los fluidos ácidos, de las rocas preexistentes. Gran parte de la mineralización puede estar hospedada en estas capas silicificadas, zonas de cuarzo

masivo, stockworks, brechas y vetas de minerales de arcillas, alunita y cuarzo.

Típicamente, se presentan en rocas volcánicas de composición andesítica a dacítica, pero también se asocian a riodacitas y cuarzo-latitas. El cuerpo mineralizado se caracteriza por presentar oro, electrum, (en menor proporción que la baja sulfuración), enargita, luzonita, covelita, calcosina, bornita, telururos, pirita, cuarzo, alunita, pirofilita, arcillas, diáspora, baritina, zunyita, azufre nativo, sulfatos aluminio fosfáticos, rutilo y/o anatasa.

Las rocas alteradas, comúnmente, presentan venillas y hasta vetas de cuarzo y pirita no mineralizadas, y halos de alteración de sericita-pirofilita en profundidad (Hedenquist et al., 2000). Según Stoffregen (1987), las rocas con alteración argílica avanzada y silicificación se restringen a niveles más profundos del sistema, mientras que en las zonas más superficiales y centrales es común la silicificación con presencia de cuarzo oqueroso. En las partes centrales, el cuarzo oqueroso está rodeado por rocas con alteración argílica avanzada (alunita, cuarzo, caolinita, dickita, nacrita, y a veces; corindón, andalucita, pirofilita y diáspora) que presenta espesores de 1 a 100 m, mientras que en las zonas más externas son encontradas alteraciones propílicas y argílicas (figura 5.63) (Hedenquist et al., 2000).

5.3.3 Yacimientos epitermales en Perú

Los depósitos epitermales se distribuyen en el dominio volcánico cenozoico de la Cordillera Occidental del Perú, siendo la más extensa y el principal blanco de exploración por Au, ya que en ella se localizan los yacimientos epitermales más importantes como los que se describen a continuación:

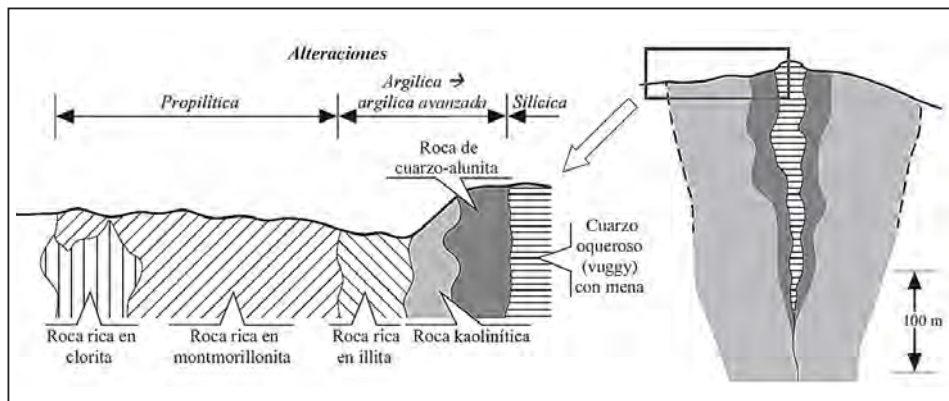


Figura 5.63 Modelo de yacimiento epitermal de alta sulfuración.

Fuente: Camprubi (2006)

Epitermales de alta sulfuración

Distrito minero Alto Chicama

El distrito de Alto Chicama se ubica al norte del Perú, al noreste afloran las rocas volcánicas del Grupo Calipuy. El distrito ha sido dividido en dos dominios, al este encontramos el dominio

Lagunas Norte y al oeste el dominio Quiruvilca (figura 5.64). Estudios geocronológicos ⁴⁰Ar/³⁹Ar sugieren que las rocas volcánicas del distrito de Alto Chicama varían en edades de intrusivo subvolcánico La Arena de edad 26.59 +/- 0.29 Ma a centro volcánico de Cerro Quiruvilca de edad 12.38 +/- 0.09 Ma (Rivera et al., 2005; Montgomery, 2012).

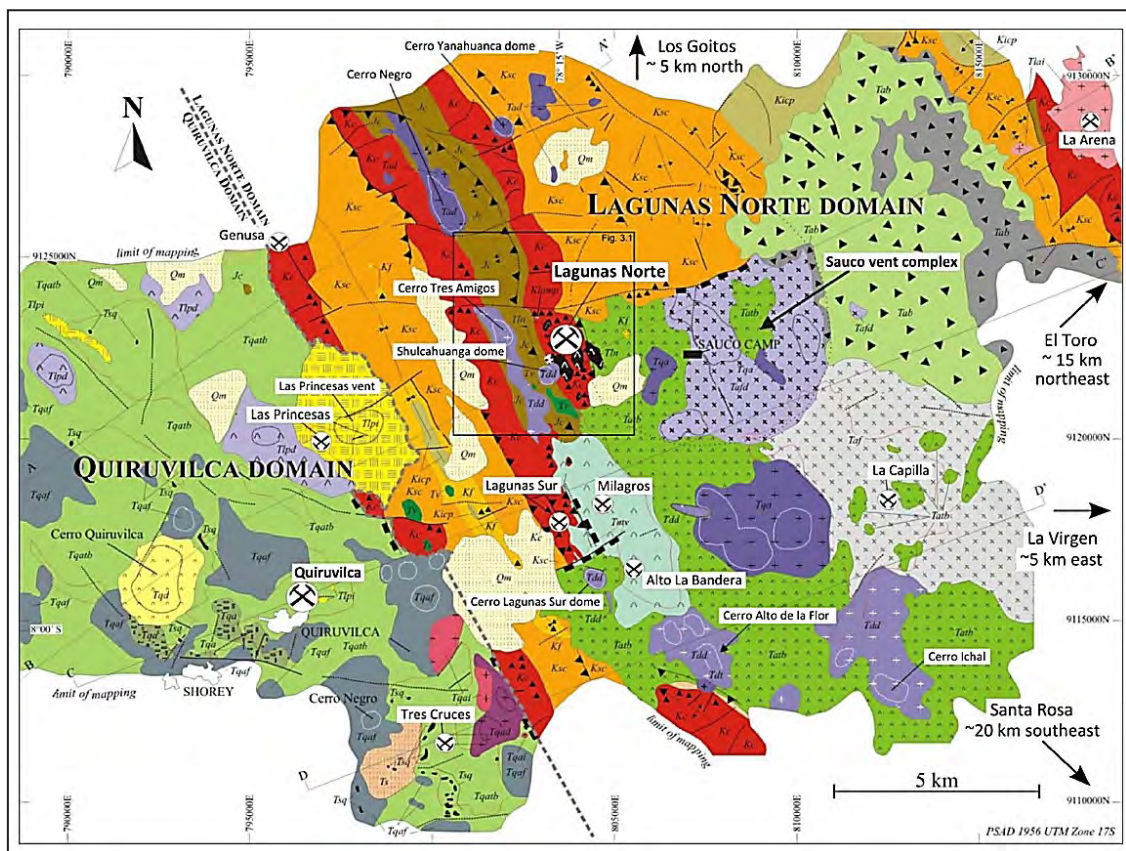


Figura 5.64 Geología del distrito de Alto Chicama.

Fuente: Hanneman (2010)

Geológicamente, las rocas del basamento están expuestas al norte y este del Dominio Lagunas Norte. Las rocas sedimentarias varían desde el Tortoniano al Albiano medio, de más antiguo al más joven, Grupo Chicama, Grupo Goyllarisquizga (incluido las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat), y las formaciones Inca, Chulec y Pariatambo. Lagunas Norte es dominado por las unidades Complejo Volcánico Sauco, que estuvo activado al menos de 21.1-16.4 como un domo o complejo volcánico (Montgomery, 2012). Los volcánicos Sauco fueron precedidos por los volcánicos Goitos en la parte norte, que estuvo activo hace 25 Ma, y el intrusivo La Arena de edad 26.6-23.1 Ma (Gauthier et al., 1999; Montgomery, 2012).

Estructural

La mineralización epitermal del Mioceno en el distrito de Alto Chicama fue emplazada dentro de la secuencia sedimentaria del Mesozoico, fuertemente afectada por una deformación con plegamientos y cabalgamientos ocurridos en el Eoceno, asociado con la orogenia Incaica II, y unidades permeables litodémicas subvolcánicas, así como cubiertas de rocas volcánicas del Cenozoico. La mineralización de Lagunas Norte ocurrió en la orogenia Incaica, presentando estructuras con alto ángulo. Las fallas que predominan en la zona son de rumbo E-O; se formaron luego de un proceso sinvolcánico y son de extensión y de rumbo relacionados con la tectónica Quechua I del Mioceno temprano. Durante el pre-Mioceno, la extensión fue responsable del levantamiento de la secuencia Mesozoico, la cual cubre la parte central y hospeda al depósito Lagunas

Norte y al prospecto Lagunas Sur. Las estructuras estuvieron asociadas con el bloque fallado y podría haber sido un control adicional a la mineralización. La falla normal de buzamiento ENE del dominio Lagunas Norte tendría controlado la distribución del volcanismo pre a sinmineral, y la extensión fue orientada durante la mineralización en Lagunas Norte. En el dominio de Quiruvilca, las fallas de rumbo E-O a NO-SE habrían sido críticas para la formación de los sistemas de vetas en Quiruvilca (Montgomery, 2012).

El depósito Lagunas Norte es el más grande del distrito de Alto Chicama. Las dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de alunita hidrotermal en Lagunas Norte dan edades entre 17.4 y 16.5 Ma (Montgomery, 2012) y se encuentra junto con otras minas más pequeñas del tipo epitermal, así como ocurrencias y otro tipo de depósitos. Los depósitos Lagunas Sur, La Virgen, Genusa, Los Goitos, La Capilla, Santa Rosa, El Toro y parte de La Arena representan ejemplos de yacimientos epitermales de alta sulfuración Au-(Ag) y, con la excepción de La Capilla, están hospedados en la cuarzoarenisca de la Formación Chimú o intrusivos porfíricos de composición andesítica a dacítica o domos (Montgomery, 2012). De estos depósitos, La Arena, La Virgen y Santa Rosa son minas, los demás son prospectos (cuadro 5.2). La Arena, en su parte epitermal de Au-Ag, presenta recursos en óxidos hospedados en la Formación Chimú, y recursos en sulfuros en su pórfido de Cu-Au-(Mo) alojados en los pórfidos diorítico-dacítico y brechas.

Cuadro 5.2

Depósitos del distrito de Alto Chicama

Depósito	Coordenadas utm		Tipo de depósito	Edad de mineralización	Roca hospedante
	Este	Norte			
Milagros	804000	9118200	Pórfido Cu-Au-Mo	16.9-17.7	Domos y volcánicos dacita
La Arena	815700	9126050	Pórfido Cu-Au/ epitermal HS de Au	25.8-26.1	Pórfido dacítico/Formación Chimú
Los Goitos	801000	9135500	Epitermal HS de Au	25.6	Formación Farrat
Tres Cruces	800500	9112500	Epitermal LS de Au	25.3	Volcánicos andesíticos/Pórfido
El Toro	830000	9133500	Epitermal HS de Au	18.1-19.3	Formación Chimú/Pórfido dacita
Genusa	797500	9121600	Epitermal HS de Au	-	Formación Chimú
La Virgen	825000	9117500	Epitermal HS de Au	16.9	Formación Chimú/ Volcánicos
Lagunas Norte	803250	9121000	Epitermal HS de Au	16.5-17.4	Formación Chimú/ Volcánicos Calipuy
La Capilla	811200	9118000	Epitermal HS de Au	16.9-17.1	Volcánicos andesita-dacita

Continuación...

Depósito	Coordenadas utm		Tipo de depósito	Edad de mineralización	Roca hospedante
	Este	Norte			
Lagunas Sur	803300	9117000	Epitermal HS de Au	16.5	Formación Chimú
Alto La Bandera	804500	9116000	Epitermal HS de Au	16.3-16.4	Volcánicos dacíticos
Las Princesas	797600	9118800	Epitermal IS de Au-Ag	15.7	Pórfido dacita
Quiruvilca	797600	9118800	IS-HS "Tipo Cordillerano" polimetálico Ag-(Au)	15.2-15.4	Volcánicos andesita y pórfido dacita
Santa Rosa	829600	9103800	Epitermal HS de Au	8.8	Formación Chimú

Fuente: Montgomery (2012)

Cerca de Lagunas Norte, el prospecto Milagros podría representar un cuerpo subeconómico de pórfido de Cu-Au-(Mo). El depósito Tres Cruces, epitermal de baja sulfuración es rico en Au. Por lo general, los sistemas de veta de tipo epitermal de baja sulfuración en el territorio peruano son dominados por plata (Montgomery, 2012). Las vetas de cuarzo-carbonatos tienen una asociación mineral de alteración argílica intermedia, y asociaciones de sulfuros dominados por pirita con menor contenido de marcasita, arsenopirita y pirrotita caracterizan este depósito.

Finalmente, el depósito Quiruvilca representa un yacimiento "tipo Cordillerano" de Zn-Pb-Cu-Ag hospedado en vetas de cuarzo-carbonato-pirita de grosor hasta 2.5 m (Bartos, 1987). Las dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de sericita-illita hidrotermal proporciona una edad de mineralización entre 15.2 y 15.4 Ma y muestra que la formación de Quiruvilca es posterior a la formación Lagunas Norte (Montgomery, 2012). Las vetas polimetálicas están zonadas desde el núcleo de enargita-pirita (zona de Cu), hacia afuera esfalerita-pirita +/- cobres grises-arsenopirita (zona de transición), seguido por esfalerita con contenido de Fe-galena-pirita +/- cobres grises-arsenopirita (zona de Pb-Zn) y una zona de estibina-arsenopirita (zona As-Sb) más alejado del centro (Bartos, 1987; Montgomery, 2012). Las alteraciones presentes de caolinita-cuarzo, alteración argílica intermedia, filíca y propilítica. El prospecto Las Princesas es un ejemplo de otro depósito "tipo Cordillerano" de metal base Ag.

Lagunas Norte

El yacimiento de Lagunas Norte es un yacimiento tipo epitermal de alta sulfuración de Au-Ag, ubicado en el distrito de Alto Chicama. Lagunas Norte es el más grande de los depósitos de Au en el distrito de Alto Chicama (figura 5.66). Con dataciones de $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de alunita hidrotermal proporcionan un rango de edad de actividad hidrotermal entre 17.4 y 16.5 Ma (Montgomery, 2012).

Estratigráficamente, la Formación Chicama perteneciente a Titiánico, consiste en lutitas carbonosas negruzco a grisáceo que ha sido depositado en un ambiente marino. Las lutitas contienen abundantes piritas diagenéticas y pequeñas vetillas con pirita. Sobreyace la Formación Chimú, cual representa parte inferior del Grupo Goyllarisquiza, consiste en intercalaciones de lutitas, limolitas, y capas de carbón (Hanneman, 2014).

La Formación Chimú consiste en capas de areniscas que son resistentes, mientras que las capas de lutitas, limolitas y carbón sufren una meteorización cuando no estaban cubiertas por las rocas volcánicas más jóvenes. El total espesor estratigráfico de la Formación Chimú en Lagunas Norte está estimado a 450-600 m (Benavides & Cáceres, 1956; Cobbing et al., 1981).

El contacto entre la Formación Chimú y la Formación Carhuaz-Santa suprayacente es típicamente un cambio de areniscas a capas delgadas de lutitas (Lewis, 2003). Cerca al contacto, presenta intercalaciones de limolitas grises y lutitas negras, se observan laminaciones delgadas de lutitas carbonosas.

Las rocas de basamento sedimentario del Mesozoico sobreyace discordantemente por depósitos volcánicos del Grupo Calipuy del Terciario. Las rocas volcánicas en Lagunas Norte pertenecen al Complejo Volcánico Sauco que estuvieron activados de 26.6 a 16.4 Ma (Montgomery, 2012). Se dividió las rocas volcánicas en el depósito de Lagunas Norte en cuatro unidades: Quesquenda, Dafne,

Josefa y Shulcahuanga (figura 5.65) (Cerpa et al., 2013). Se estima que el oro de Lagunas Norte, el 80% se hospeda en la secuencia sedimentaria de cuarzoarenita de la Formación Chimú y el resto se hospeda dentro de las rocas volcánicas de edad del Mioceno pertenecientes al Grupo Calipuy (Montgomery, 2012).

En Lagunas Norte existen tres zonas: Alexa, Dafne y Josefa, cada una con una secuencia estratigráfica distinta. Los estratos volcano-clásticos fuertemente alterado en Lagunas Norte son caracterizados por numerosos cambios de facies, en general, la

unidad más antigua está expuesta en las zonas Josefa y Dafne, consiste en tufos y flujos riolíticos o depósitos de flujo volcánico-clásticos. Los tufos dacíticos cubren las unidades riolíticas en las áreas de Josefa y Dafne, y composicionalmente similar a

las unidades de la secuencia estratigráfica en el área Alexa (Montgomery, 2012). Según el informe de Barrik (2020) se tiene un recurso medido e indicado son 58.4 Mt @ 2.28 g/t Au, 5.34 g/t; y los recursos inferidos son 1.4 Mt @ 3.5 g/t, 1.1 g/t Au.

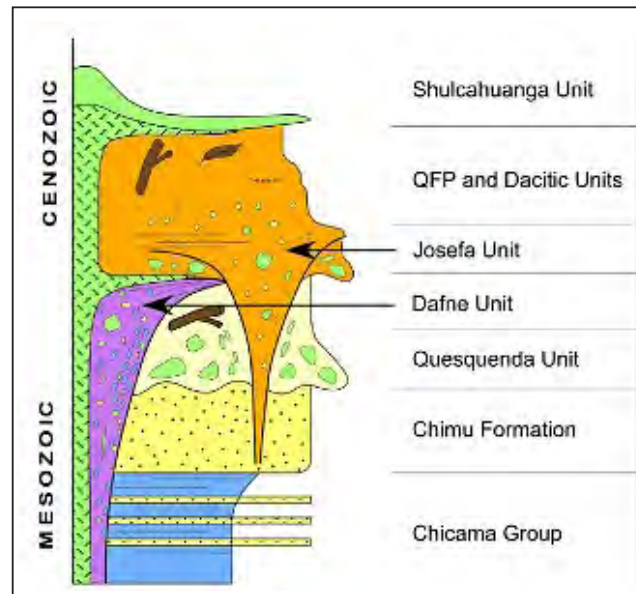


Figura 5.65 Columna estratigráfica de Lagunas Norte.

Fuente: Cerpa et al. (2013)

Secuencia paragenética

La secuencia paragenética (figura 5.67) consta de cinco etapas (Cerpa et al., 2013).

Etapa I: Actividad hidrotermal temprana

El primer evento de Lagunas Norte está caracterizado por granos finos de cuarzo, pirita, y en menor cantidad de rutilo, que referida como sílice parda por geólogos mineros. Esta asociación se presenta solo en la Formación Chimú, y se emplaza en las fracturas preexistentes. En el área entre Josefa y Dafne, está acompañada por calcopirita y digenita. El oro no es visible por SEM o por microscopio óptico, pero estudios mineralógicos internos de la compañía muestran que el oro está asociado con la pirita. Según este estudio, asume que el oro se encuentra en solución sólida en la pirita.

Etapa II: Actividad freática y freatomagmática

Las brechas presentes en las diatremas Dafne y Josefa fueron formadas productos de la actividad freática y freatomagmática que define el segundo evento hidrotermal. Esta etapa es muy importante para la mineralización para formar las fracturas adyacentes a la roca caja. La mineralización en las diatremas

está controlada por la permeabilidad, que a su vez está controlada por el tipo de matriz, y el tipo, forma y tamaño de los clastos.

Etapa III: Etapa de principal mineralización

Mayor parte del oro fue introducido durante esta etapa y está contenido dentro de la pirita, pero no es visible ópticamente. La principal etapa de mineralización y alteración es difícil de detectar en la cuarcita. Sin embargo, los rellenos en las fracturas de alunita asociados con la pirita y enargita, la pirofilita se encuentra presente en las capas limosas de la Formación Chimú y más al centro del depósito de Lagunas Norte, mientras que la caolinita ocurre en la periferia del depósito. En las capas de carbón existe una asociación de sulfuros con contenido de pirita, estibina y arsenopirita.

Tanto la diatrema Dafne como Josefa están litológicamente controladas. La margen de la brecha Dafne está intensamente silicificada con menor contenido de alunita, mientras que el cuerpo principal, la alteración dickita y caolinita afectó los fragmentos juveniles. La brecha Josefa está pervasivamente alterada a cuarzo-alunita y los fragmentos juveniles han sido reemplazados por pirita y alunita.

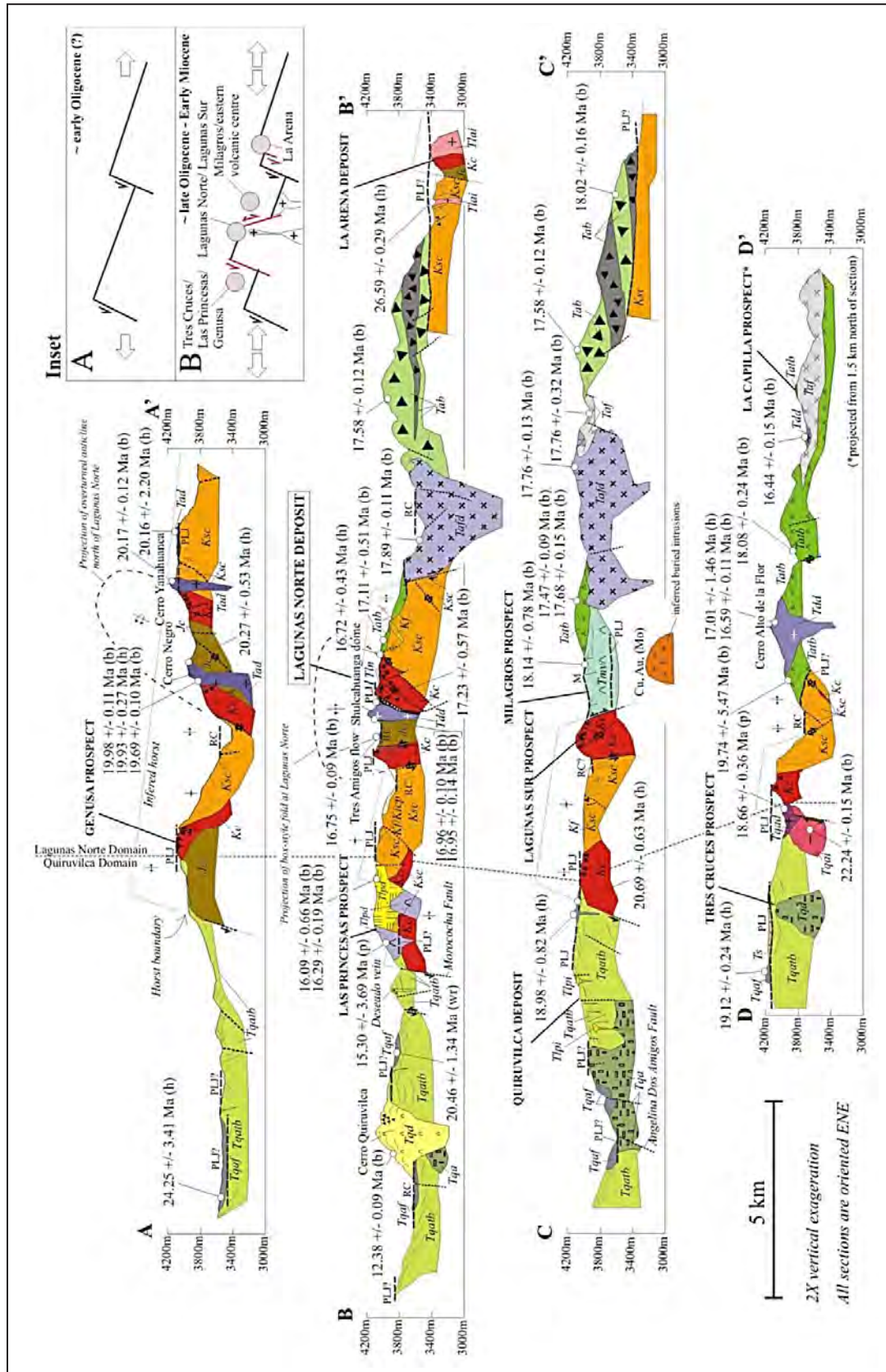


Figura 5.66 Sección de distrito de Alto Chicama.

Fuente: Montgomery (2012)

Etapa IV: Etapa de alteración tardía

Esta etapa está caracterizada por la presencia de alunita masiva, formando cemento en las fallas de las brechas locales y rellena las fracturas delgadas de la Formación Chimú. La alunita masiva ha cortado las limolitas alteradas a pirofilita. La última manifestación de la actividad hidrotermal es la baritina, rutilo y drusas de cuarzo como sulfuros nativos relleno los espacios abiertos en las rocas volcánicas. Las fracturas

rellenas de baritina ocurren en las cuarcitas de la zona de Alexa y Josefa.

Etapa V: Etapa supérgena

Lagunas Norte ha sido afectado por la oxidación supérgena, que han producido hematita, goetita, y localmente jarosita y escorodita. Los óxidos de Fe ocurren principalmente como cemento en las brechas hidrotermales. La oxidación fue crucial para la liberación de oro con el método de lixiviación de cianuro.

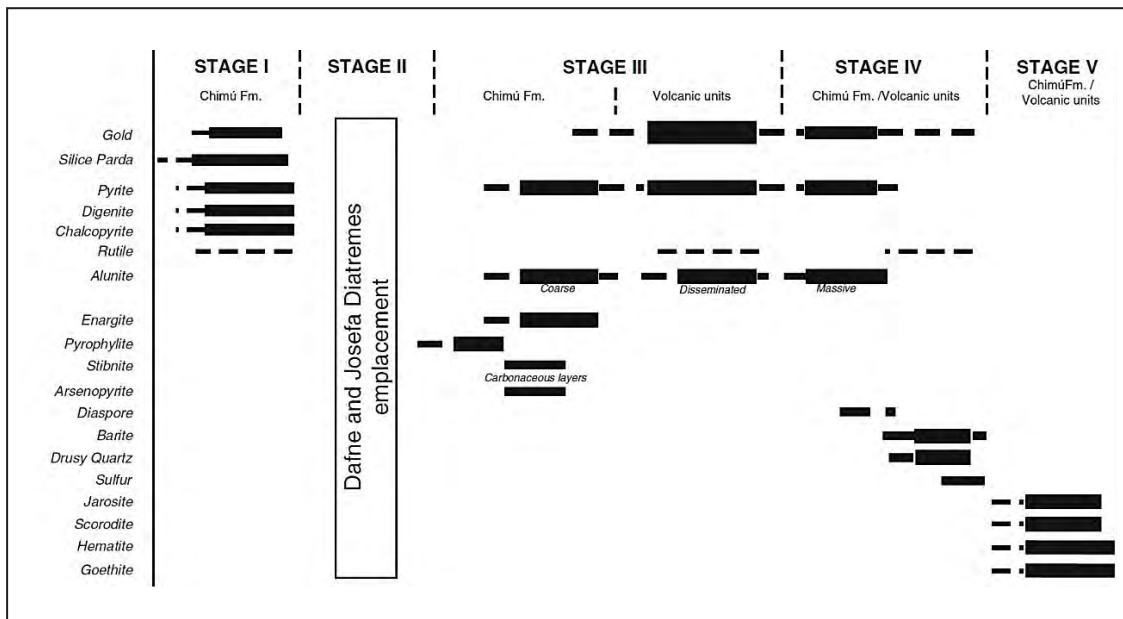


Figura 5.67 Secuencia paragenética del depósito Lagunas Norte. Fuente: Cerpa et al. (2013)

La Arena

La mina Arena se encuentra a 13 km ENE de Lagunas Norte (figura 5.64). Fue reabierta como un tajo abierto en mayo 2011, con recursos indicados e inferidos de 60 Mt @ 0.48 g/t Au. Sus recursos están hospedados en las brechas Calaorco y Ethel; estas comprenden cuarzoarenitas de la Formación Chimú. Hacia el sur, el depósito tipo pórfido está hospedado en un intrusivo de dacita/diorita. La zona epitermal está caracterizada por fina a gruesa granos de alunita rosada que rellenan las cavidades, brechas cementadas, forma de vetas estrechas y reemplaza los clastos de brechas dacíticas (figura 5.68). Las texturas de vuggy sílica están desarrolladas en clastos dacíticos (Noel Díaz, 2004). Según Pan American Silver (2022) se tiene reservas probables

y probadas de 42.3 Mt @ 0.32 g/t Au; y recursos medidos e indicados de 2.9 Mt @ 0.17 g/t Au. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto La Arena II (La Arena S.A.) se encuentra en etapa de pre-factibilidad y su puesta en marcha estaría por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 1364 millones.

Los Goitos

El prospecto Los Goitos es un depósito tipo hidrotermal de alta sulfuración, que se encuentra a 13 km de Lagunas Norte. Está controlado estructural y estratigráficamente, la mineralización de óxidos de oro en brechas, y fallados en cuarzoarenitas, las limolitas y lutitas de la Formación Santa-Carhuaz y Formación Farrat.

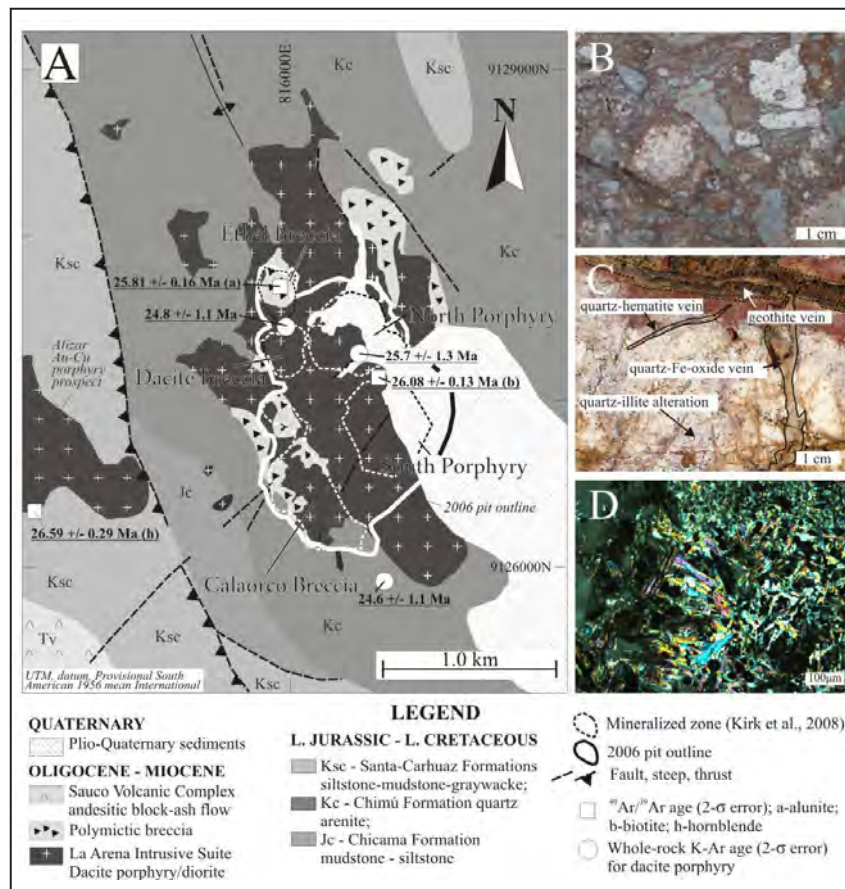


Figura 5.68 Depósito La Arena. A) Geología y geocronología; B) Brecha polimíctica de arenisca; C) Stockwork con presencia de óxidos; D) Vista microscópica de alunita (nicoles cruzados).

Fuente: Noel Diaz, 2004.

Tres Cruces

El prospecto Tres Cruces está ubicado a 8 km SSO de Lagunas Norte. La asociación mineralógica está formada por pirita y arsenopirita con menores cantidades de marcasita y pirrotita, respectivamente, y granos de pirita, junto con la alteración argílica intermedia formada por illita, illita con NH₄ y buddingtonita; también se reconoce abundantes vetillas de cuarzo-carbonatos. El depósito ha sido clasificado epitermal como de baja sulfuración con temperaturas hidrotermales de 200-250 °C sugeridas por la ocurrencia de silicatos de amonio (Yan et al., 2001). La relación geológica y mineralógica de este centro es similar a fuentes termales y a sistemas epitermales de baja sulfuración (Wallace, 2003).

A pesar de que es más moderado que Lagunas Norte, el prospecto Tres Cruces representa uno de los depósitos epitermales de baja sulfuración más importante del centro del Perú.

La mineralización está hospedada en depósitos tobáceos y brechas volcanoclásticas andesíticas intruidos por un stock pórfido andesítico subvolcánico, mineralizado.

La Capilla

El prospecto La Capilla, se ubica a 8 km SE de Lagunas Norte (figura 5.64); toda la mineralización se hospeda en el Grupo Calipuy. Es un depósito epitermal de alta sulfuración con contenidos elevados de Hg, As y Sb, pero con un promedio de contenido Ag menos que 0.2g/t. El oro está restringido a horizontes de vuggy sílica subhorizontal en los contactos entre flujos dacíticos a andesíticos con bajo relieve. Los flujos y los depósitos volcánico-clásticos son interpretados como producto del Complejo Volcánico Sauco (figura 5.64). La mineralización de oro ocurre en zonas de presencia de vuggy sílica (figura 5.69). Las zonas lixiviadas de sílice están rodeadas (cubiertas) sucesivamente por la alteración argílica avanzada (cuarzo-alunita-pirofilita) e alteración argílica intermedia (dickita) (Montgomery, 2012).

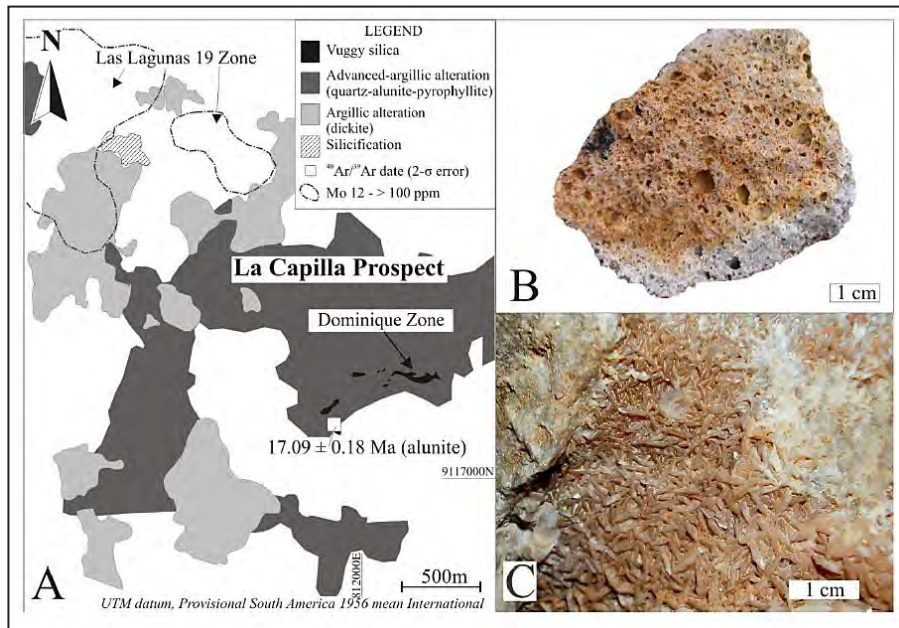


Figura 5.69 Prospecto La Capilla. a) Mapa de alteraciones; b) Muestra de mano de vuggy silica; c) Minerales de alunite en brecha hidrotermal.

Fuente: Montgomery (2012)

Las Princesas

El prospecto Las Princesas se ubica a 5 km OSO de Lagunas Norte (figura 5.64), trabajos minería subterránea y tajo abierto, que siguen en estrecho <10-20 cm, cuarzo-vetas con sulfuros (pirita+/-calcopirita+/-galena+/-esfalerita) que cortan las brechas dacíticas y dacitas masivas. La roca huésped está alterada a filica, la asociación mineralógica cuarzo-illita-pirita (Montgomery, 2012).

Distrito minero Yanacocha

El distrito minero Yanacocha está ubicado a 20 km de la ciudad de Cajamarca, en el noroeste de la franja orogénica andina del norte del Perú, a una elevación de 3400 y 4200 m s. n. m. El distrito minero está además ubicado a 600 km al norte de la ciudad de Lima.

El distrito de Yanacocha tiene varios depósitos epitermales de alta sulfuración que están alineados a lo largo de una tendencia noreste, pero además muestra una tendencia secundaria noreste. Algunos depósitos importantes son Cerro Negro, Quilish, Corimayo-Tapado, el complejo del Cerro Yanacocha, Carachugo, San José, Chaquicocha, Quecher y Maqui Maqui (Turner, 1997). El complejo Cerro Yanacocha es actualmente un clúster (Yanacocha Norte, Yanacocha Sur, Yanacocha Oeste) que contiene 65 % del total de oro en el distrito (Longo et al., 2010). La tendencia noroeste de los depósitos epitermal de alta

sulfuración continúa hacia fuera en el distrito Yanacocha, incluye el yacimiento de Tantahuatay (13.3-8.3 Ma), Sipán y La Zanja (figura 5.71) (Candiotti & Guerrero, 2002).

El depósito tipo pórfido característico en el distrito de Yanacocha es Kupfertal Au-Cu (Pinto, 2002; Gustafson et al., 2004), donde en el tope ocurre la alteración argílica avanzada relacionada al complejo Cerro Yanacocha.

El depósito exótico La Quinoa está localizado debajo de los depósitos epitermal de alta sulfuración Tapado-Corimayo (Pilco, 2011).

Antecedentes

El distrito minero de Yanacocha está ubicado en la provincia de Cajamarca, al norte del Perú con reservas y producción de más que 50 millones de onzas de óxidos de oro y recursos desconocidos de oro y cobre en sulfuros (Myers y Williams, 2000). La propiedad es propia y operada por Yanacocha S.R.L., un proyecto conjunto con 51.35 % Newmont Mining Corporation, 43.65 % Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., y 5% International Financial Corporation (Newmont Annual Report, 2004).

Geología

La geología de Yanacocha es similar a la de Pierina, las rocas del basamento corresponden a cuarcitas y limonitas del

Cretácico inferior, intercaladas con calizas, lutitas calcáreas y limonitas. Sobreyaciendo al basamento se tiene una secuencia volcánica de 19.5-13.3 Ma formada por lavas andesíticas, tobas, brechas piroclásticas y lahares. A continuación, se presenta una secuencia piroclástica de varias unidades de tobas liticas y de

crustales. En el tope se encuentra una secuencia de andesitas datadas en 12.1 -11.7 Ma (Longo, 2005). Estas secuencias son intruidas por múltiples fases de rocas porfíricas en forma de stocks a lo largo un corredor magmático-estructural de dirección NE.

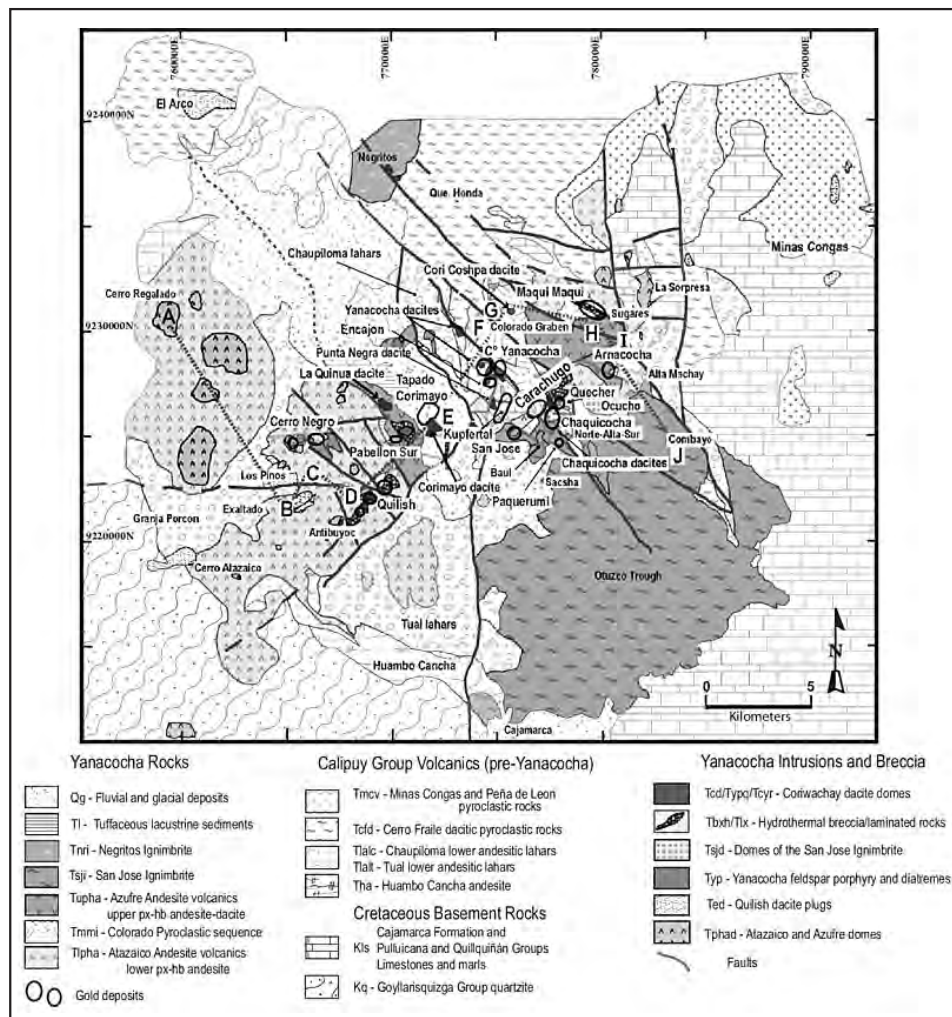


Figura 5.70 Mapa geológico del distrito minero Yanacocha.

Fuente: Longo (2005)

Mineralización y alteración

La mineralización está distribuida en varios depósitos de alta sulfuración que ocurren en zonas de intensa alteración de tipo silicificación, argílica, argílica avanzada y propilítica que alcanzan las rocas intrusivas porfíricas asociadas. Dentro de las etapas de mineralización, el primer evento es de baja ley y se caracteriza por una silicificación penetrativa contemporánea con la precipitación de pirita y oro diseminado. El segundo evento es el principal, la mineralización se caracteriza por pirita fina

diseminada con enargita y covelita, los sulfuros ocurren como diseminaciones y rellenan fracturas y espacios vacíos. El tercer evento se caracteriza por ser aurífero y de alta ley; el oro es secundario y está asociado con barita o sílice calcedonia. El último evento está asociado con rocas dacíticas y se caracteriza por la presencia de enargita, covelita y pirita con alteración argílica avanzada y alteración cuarzo-alunita en superficie, mientras que en profundidad se reconoce pirofilita-diásporo. La alunita relacionada a esta etapa tiene una edad de 9.2 +/- 0.32 Ma (Longo, 2005).

Yanacocha

El depósito de Yanacocha se ubica a 45 km al NE de la ciudad de Cajamarca, a una elevación de 3750 y 4200 m s. n. m. (fotografía 5.2). El distrito minero de Yanacocha es un gran grupo de yacimientos epitermales de alta sulfuración de oro.

Geología

Las rocas más antiguas que afloran en el distrito minero de Yanacocha consisten en secuencias areniscas de la Formación Farrat del Grupo Goyllarisquiza (Cretáceo inferior). Al noreste del distrito, la Formación Yumagal pertenece al Grupo Puillucana (Cretáceo medio); consiste en capas de calizas con intercalaciones de lutitas. En el terciario, la

secuencia volcánica consiste en rocas piroclásticas y lávicas de composición dacítica y andesítica, pertenecientes a la Formación Porculla dentro del Grupo Calipuy (edad Mioceno) cortadas por intrusivos y brechas. De acuerdo a la publicación de Newmont (2021), las reservas probadas y probables de la Minera Yanacocha totalizan 91.7 Mt @ 1.1 g/t Au, 13.85 g/t Ag y 0.61 % Cu; mientras que los recursos ascendieron a 59.7 Mt @ 0.64 g/t Au, 14.03 g/t Ag y 0.38 % Cu. Según la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto de Yanacocha sulfuros (Minera Yanacocha S.R.L.), se encuentra en la etapa de ingeniería de detalle y sería puesta en marcha para el 2027, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 2500 millones.



Fotografía 5.2 Vista panorámica de Yanacocha.

Fuente: Rumbo Minero

Cerro Negro

El proyecto Cerro Negro está ubicado en el sector suroeste del campo volcánico que encierra Yanacocha, con una extensión aproximada de 2.2 km², y consta de dos áreas: Cerro Negro Este y Cerro Negro Oeste. La geología de Cerro Negro presenta rocas porfíricas andesíticas (flujos de lava e intrusiones), sobre las cuales se han emplazado niveles volcánico-clásticos (secuencias de piroclásticos y tufos) y brechas freáticas asociados al Complejo Yanacocha, cortados por brechas hidrotermales y diques. Estas rocas han sufrido posterior alteración hidrotermal, típica de un sistema ácido-sulfato.

Los sistemas de estructuras NO-SE y E-O principalmente, controlan la mineralización. Estructuralmente, presenta los siguientes lineamientos principales estructurales reconocidos: estructuras EO, control de mineralización de Au y litológico, estructuras NO-SE y EO, sistema de fuerte fracturamiento que

controlan la mineralización de Au y los contactos litológicos y alteración; y fracturamiento radial en el sector oeste, relacionado a un probable cuerpo intrusivo (Trujillo & Terán, 2000). En Cerro Negro se observa un zoneamiento de alteración hidrotermal típico de yacimientos de Alta Sulfuración.

En Cerro Negro Este, predomina la sílica granular (sílica residual - leached cap), blanca grisácea, emplazada encima de paleoniveles de agua; lateralmente y debajo, sílica masiva compacta con hierro en fracturas, gradando a alteración argílica avanzada (sílica alunita -arcilla), periféricamente alteraciones argílicas (arcillas-pirita).

En Cerro Negro Oeste, predomina la sílica masiva fracturada con abundante contenido de hierro en las brechas, sílica vuggy restringida a estructuras, extensa alteración argílica avanzada (sílica alunita-arcilla) que incluye textura patche (destructiva) y alrededor alteraciones argílicas (arcillas-pirita) (Trujillo & Terán, 2000).

Tucari y Santa Rosa

Geología

Tucari y Santa Rosa se encuentran en el distrito minero Aruntani ubicado en la provincia y departamento de Puno en el límite del departamento de Moquegua. Los yacimientos se encuentran en la base del Grupo Barroso conformado por domos félsicos y estratovolcanes de traquiandesita de edades que van desde

8.3, 7.0, 7.1, 6.6 Ma (France et al. 1985, Bradford, 1999. En Barreda et al., 2004).

La mineralización en Santa Rosa está relacionada con el margen de un domo riolítico y emplazada en tobas riolíticas y laminares, lavas riolíticas y riódacíticas, andesitas y traquiandesitas. La mineralización presenta un control litológico y estructural, controlado por la Falla Cotañani de rumbo NO.

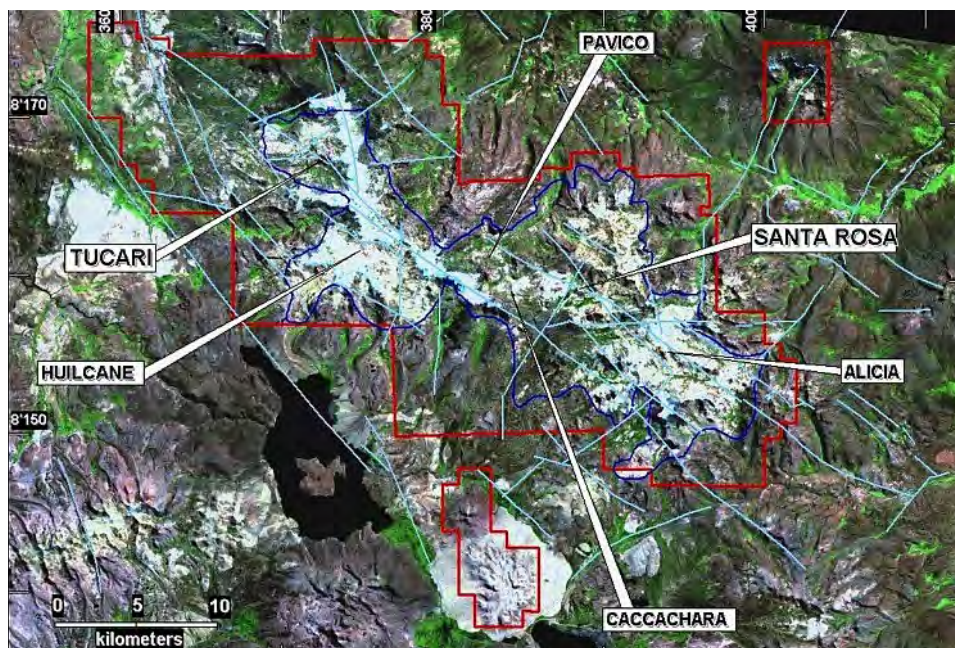


Figura 5.71 Imagen Landsat TM del distrito de Aruntani con las principales estructuras y centros de mineralización.

Fuente: Loayza (2004)

Alteración y mineralización

Tucari se ubica a 20 km al NE de Santa Rosa, la alteración corresponde al emplazamiento de intrusiones dacíticas en un complejo estrato volcánico andesíticos. Las alteraciones hidrotermales están conformadas por centros de sílice masiva representada por múltiples etapas de brechas hidrotermales, las cuales están rodeadas por sílice granular y alteración argílica avanzada. En la periferia se presentan zonas de alteración argílica. La mineralización ha sido controlada por fallas NNE y E-O. Las morrenas y coluviones ubicados en el flanco sur también se encuentran mineralizados y con contenido promedio de 2 g/t Au.

En Santa Rosa, se ha determinado una edad de mineralización en alunita que corresponde a 7.16 Ma (UBC, 2004, en Barreda et al., 2004). La edad de mineralización en Tucari es más joven que en Santa Rosa y fue datada en alunita en 4.61 Ma. Según Valdivia (2016), presenta reservas de 38.25 Mt @ 0.43 g/t Au.

Epitermales de intermedia sulfuración

Quiruvilca

El yacimiento de Quiruvilca es una mina subterránea de metal base Ag, se ubica a 9 km de Lagunas Norte (figura 5.64). El depósito ha sido clasificado como una "zonación de Cu-Zn-Pb-Ag" o depósito "tipo Cordillerano" (Bendezú et al., 2008) en una base química polimetálica (Cu-Zn-Pb-Ag-Au), la zonación es de alta sulfuración en el centro a intermedia sulfuración en las márgenes, dominado por vetas ricas en sulfuros. Las temperaturas depositacionales de 300 °C - 350 °C (Bartos, 1987) exceden las temperaturas límites de un ambiente epitermal; están más asociadas a depósitos tipo Cordillerano (Bendezú & Fontboté, 2009). Las vetas están asociadas principalmente a andesitas porfídicas masivas y rocas volcánicas andesíticas alteradas por alteración argílica a propilítica (figura 5.72).

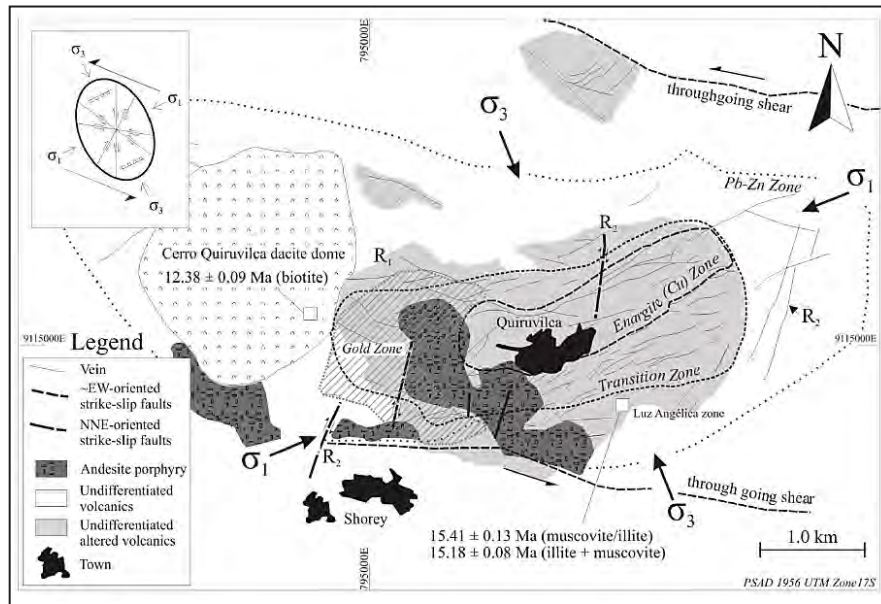


Figura 5.72 Distrito de Quiruvilca, zonación de metales.

Fuente: Montgomery (2012)

El sistema de vetas comprende una zona central de enargita-pirita (Cu), rodeada sucesivamente por una zona de esfalerita-pirita +/- cobres grises, que incluye zonas anómalas de Au con concentración que alcanza 4g/t, una zona de Pb-Zn (esfalerita Fe-galena-pirita +/- cobres grises-arsenopirita), y una zona más distal de As-Sb (estibina-arsenopirita) (Bartos, 1987). La alteración incrementa su intensidad hacia las vetas individuales; esta zona proximal contiene caolinita-cuarzo (zona de enargita) y filica (zona de transición, Pb-Zn y estibina), durante la alteración argílica intermedia a la zona más distal (zona propilítica). La zona de mineralización y alteración en Quiruvilca es consistente con el decrecimiento de temperatura de fluido y el incremento del pH del fluido (Montgomery, 2012). Según Pan American Silver Corp (2008), las reservas probadas y probables alcanzan los 1.48 Mt @ 163 g/t Ag, 0.55 g/t Au, 0.68 % Cu, 1.15 % Pb, 3.62 % Zn; los recursos son de 5.26 Mt @ 142 g/t Ag, 0.57 g/t Au, 1.07 % Cu, 0.93 % Pb, 2.56 % Zn.

Julcani

El distrito minero de Julcani está ubicado en el distrito de Santiago Apóstol de Ccochaccasa, provincia de Angaraes, región de Huancavelica, aproximadamente a 64 km al sureste de la ciudad a una altitud entre 4200 y 4600 m s. n. m.

El distrito minero de Julcani, a lo largo de sus más de 65 años, ha sido trabajado en sus minas Herminia, Mimosa, Tentadora, Estela y actualmente la mina Acchilla.

Geología local

Estratigráficamente, el distrito minero Julcani comprende desde la Formación Excelsior (Paleozoico inferior), hasta los volcánicos de cenozoico. En esta zona afloran pizarras filitas, areniscas, cuarcitas, calizas y flujos aglomerados volcánicos, y de depósitos cuaternarios (Petersen, 1969).

El Grupo Excelsior está compuesto por filitas y cuarcitas de edad Devónico inferior. Sobreyace en discordancia angular las rocas del Grupo Ambo y Mitu. El Grupo Ambo comprende desde la base al tope de conglomerados de color gris claro con cantos de filitas y cuarcitas, calizas en pequeños paquetes de arrecifes coralinos con areniscas calcáreas y areniscas. El Grupo Mitu está compuesto de areniscas, lutitas y aglomerados de color rojizo de edad de Pérmico superior (Newell, 1953).

Durante el mesozoico, el Grupo Pucará está compuesto por calizas de edad del Triásico - Jurásico inferior, y son cubiertas por rocas del Grupo Goyllarisquizga. La Formación Chúlec está compuesta de rocas calizas del Albiano (Cretáceo inferior).

En el Cenozoico, se presentan eventos de actividad volcánica. El Grupo Rumichaca presenta secuencias de rocas volcánicas y sobreyace en discordancia angular los volcánicos Julcani. Estos volcánicos son rocas piroclásticas, flujos de lavas y diques. Este centro volcánico complejo ubicado en Julcani estuvo activo en el Mioceno (10 Ma).

Mineralización y alteración

Julcani es un depósito tipo epitermal de intermedia sulfuración, del tipo de relleno de fracturas, con contenido metálico de Ag, Pb, Cu en forma de sistema de vetas irregulares con cuerpos de bonanza y brechas emplazados en rocas piroclásticas de la Formación Julcani. Estructuralmente, se presenta fallas NO (Falla Lircay) y fallas NNE (fallas Tucla y Orito), además de estar emplazada en el eje de un anticlinal (NNE). Predomina alteración vuggy silica, cuarzo-alunita-caolín; cuarzo-caolín; cuarzo-sericita; cuarzo-caolín-esmectitas.

Geología estructural

Las rocas paleozoicas de Julcani han sufrido fuertes eventos de deformación originados por la orogenia Hercínica. Las rocas paleozoicas y las mesozoicas que rodean y son sustrato de las rocas del Centro Volcánico Julcani, forman un anticlinal asimétrico con un eje de rumbo NE a SO. Este anticlinal está controlado por fallas longitudinales paralelas a su eje. En el

flanco oriental está cortado por las fallas Tucsi, Tucla, Orito y Pirca en el flanco occidental está cortado por la Falla Palcas. Este plegamiento y fallamiento corresponde a la orogenia andina.

Durante el Oligoceno medio a superior, se presenta fallamiento transversal de rumbo NO-SE representado por las fallas Lircay y Pampas, desplaza el anticlinal de Julcani. Esto corresponde a la segunda fase de la orogenia andina.

Julcani ha sido minada desde el 2003, está relacionada a la actividad magmática calcoalcalina del Mioceno tardío (+/- 10 Ma). Las vetas profundizan +/- 700 m y tienen un ancho promedio, menor a 0.30 m con contenidos de plata que alcanzan hasta 1000 oz/ t Ag.

Según la Memoria Anual Buenaventura (2021), sus reservas son de 0.29 Mt @ 19.46 oz/t Ag, 0.04 oz/t Au, 1.5 % Pb, 0.42 % Cu; recursos de 179 Mt @ 19.71 oz/t Ag, 0.86 % Pb; y sus recursos inferidos de 0.11 Mt @ 0. g/t Au, 21.34 oz/t, 0.4 % Cu, 1.75 % Pb.



Figura 5.73 Vista panorámica de la mina Julcani.

Fuente: Cia. Buenaventura S.A.

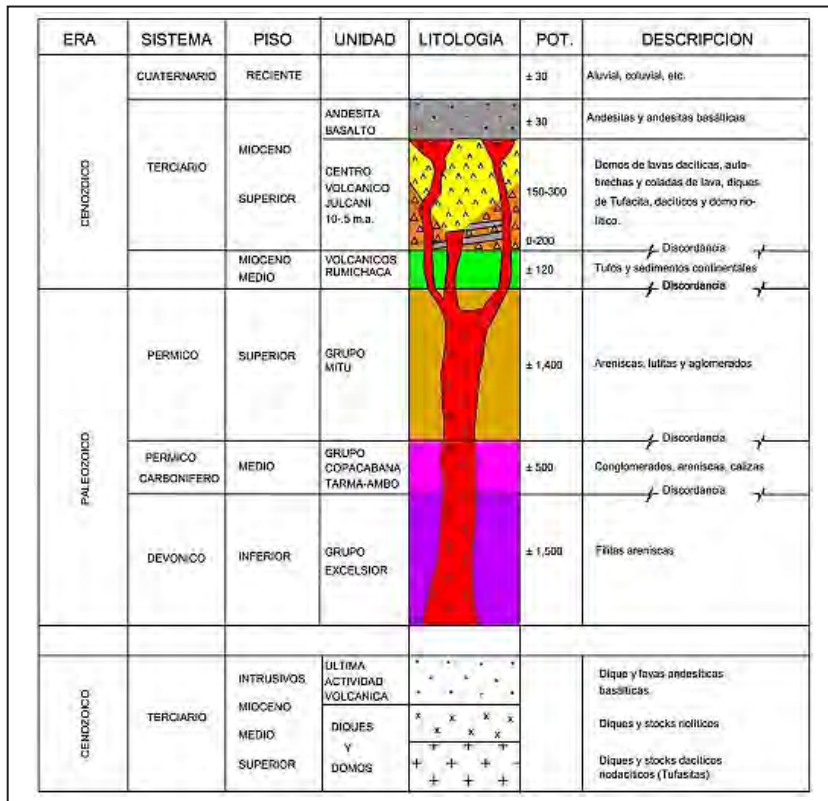


Figura 5.74 Columna estratigráfica de la mina Julcani.

Fuente: Requejo (2019)

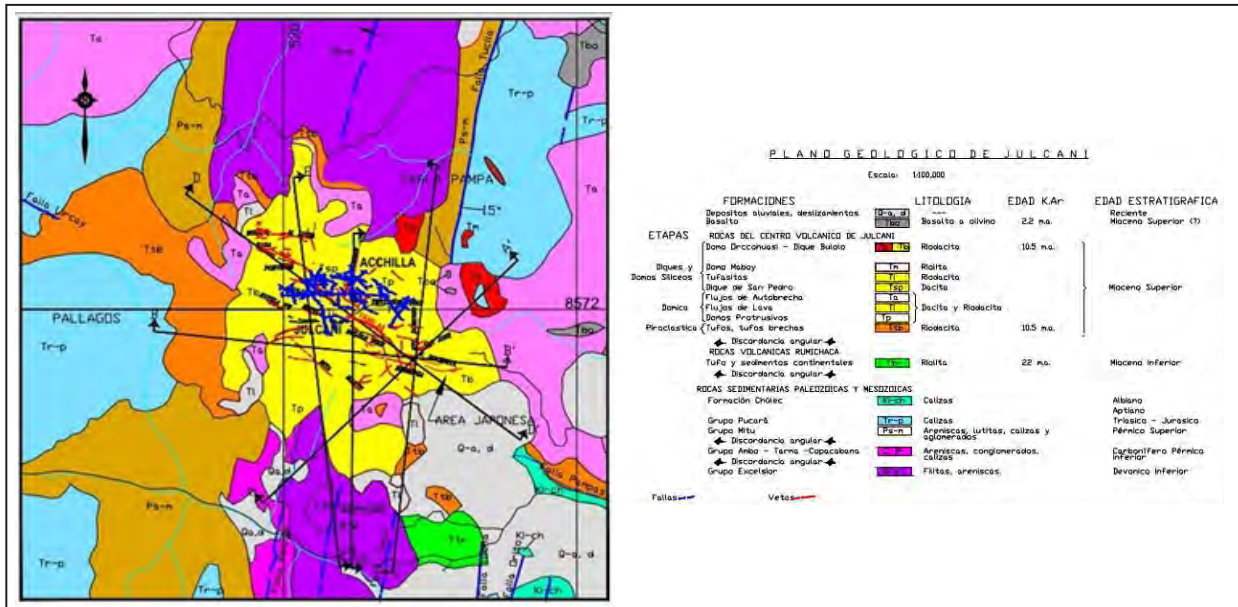


Figura 5.75 Mapa geológico de la mina Julcani.

Fuente: Requejo (2019)

Marcapunta

Geología regional

Los rasgos estructurales mayores del substrato pre Terciario de la región de Cerro de Pasco son la falla longitudinal (FL) y la Falla del Río San Juan Venenococha (FRSJV). Por lo menos, el primero de estos accidentes es con toda probabilidad una estructura antigua. Su control sobre la sedimentación del Triásico carbonatado fue demostrado por Jenks (1951), atribuibles a la Formación Chambará, tal como es descrita por Mégard (1968), depositados al E de la falla, contra los no más de 350 m de dolomías y calizas subordinadas de la misma edad depositados al oeste de la FL.

Estas últimas son las western facies de Jenks (1951) y aquí las denominaremos bajo el apelativo informal de Pucará occidental. La FRSJV fue postulada por Jenks (1951) y es en efecto necesaria para explicar el notable contraste entre el estado altiplanicie sudoccidental, abierto y simple de los anticlinales con núcleo Pucará, situados al oeste del río San Juan. La notable participación del volumen situado entre la FRSJV y la FL (antiforma andina de Cerro de Pasco), como relieve tectónico alimentador de parte de los clastos de la Formación Shuco.

Geología local

El Grupo Excelsior comprende de filitas y pizarras gris parduscas de edad Devónico inferior y afloran al NE del distrito de Colquijirca. Sobreyace en discordancia angular las rocas del Grupo Mitu (Pérmico superior - Triásico inferior) y están conformadas por conglomerados polimícticos con una matriz areniscosa que se intercala con delgados estratos de areniscas limolíticas.

Durante el Mesozoico, el Grupo Pucará está compuesto por calizas de edad del Triásico – Jurásico inferior. Estas secuencias calcáreas presentan dos conjuntos de facies diferentes, separadas por la falla longitudinal de Cerro de Pasco: Pucará Occidental (Noriano-Retiano) y Pucará Oriental (Formación Chambará: Noriano-Retiano). En el primero, la parte inferior la constituye una brecha tectónica de color gris verdosa que es conocido como “Brecha Basal”; esta se constituye por elementos subangulosos a subredondeados de cuarzo, dolomía y filita, el tamaño promedio es de 1 cm. En el segundo, está representado por la Formación Chambará, cuyos afloramientos se encuentran hacia el este de la falla longitudinal de Cerro de Pasco, se caracteriza por presentar calizas de textura mudstone de color gris oscuro en estratos de espesores delgados con presencia de nódulos de Sílex (Caballero, 2012).

En el Cenozoico, se presencia únicamente el Grupo Pocobamba. Esta unidad litoestratigráfica está subdividida en tres formaciones: Formación Cacuán (Capas Rojas de Sacra Familia), Formación Shuco (Conglomerado calcáreo Shuco) y Formación Calera (figura 5.75).

El control estructural en el distrito minero de Colquijirca jugó un papel predominante: A escala regional, la falla longitudinal de dirección N-S, controló el emplazamiento del Complejo Volcánico Marcapunta, al igual que el de Cerro de Pasco, y localmente se completó con el acomodo gravitacional mediante bloques transversales como lo evidencia la Falla Smelter, Marcapunta Norte y otros (Diatrema Marcapunta). La falla longitudinal controló la sedimentación Terciaria; atribuimos la deposición del Grupo Pocobamba a los movimientos tectónicos a lo largo de la falla longitudinal (FL) y la Falla Río San Juan Venenococha (FRSJV) son los sistemas más importantes de la región.

La edad de Marcapunta fue datada en 11.5 ± 0.4 Ma por K/Ar sobre biotita y la actividad hidrotermal en 10.8 ± 0.3 Ma por K/Ar en alunita (Vidal et al., 1984); (Bendezú & Fontboté, 2002) aportan edades Ar/Ar de 12.9 a 12.4 ± 0.1 Ma sobre biotita para el complejo volcánico; 11.6 a 11.3 ± 0.1 Ma para la actividad hidrotermal asociada a los metales preciosos y 10.8 a 10.6 ± 0.1 Ma para los metales base. Estas edades K/Ar y Ar/Ar son más o menos consistentes entre sí.

Mineralización y alteración

El cono volcánico Marcapunta ocurre a manera de flujo de lavas ácidas, domos, piroclásticos y brechas volcánicas asociadas al basamento subvolcánico de la Formación Calera, con estratos permeables que han facilitado la circulación de fluidos mineralizantes, formando en conjunto un modelo de reemplazamiento hidrotermal de Cu con trazas de Au - (Ag) en la zona subvolcánica de metales preciosos de baja ley, diseminada en brechas, lavas y piroclásticos.

La mineralización de Marcapunta presenta tres fases:

- La primera es una fase profunda que ocurre, al parecer, en todo el cono volcánico Marcapunta, formando los cuerpos tabulares de pirita-energita emplazados en los conglomerados Shuco y en los carbonatos del Calera, ocurriendo como mantos y brechas mineralizadas.
- La segunda fase es superficial que ocurre dentro del diatrema y consiste en la mineralización de metales preciosos de baja ley diseminada en las brechas hidrotermales.
- Una fase final conserva los valores auríferos en siete vetas estrechas en franjas de cizallamiento que enriquecen las dos fases iniciales.

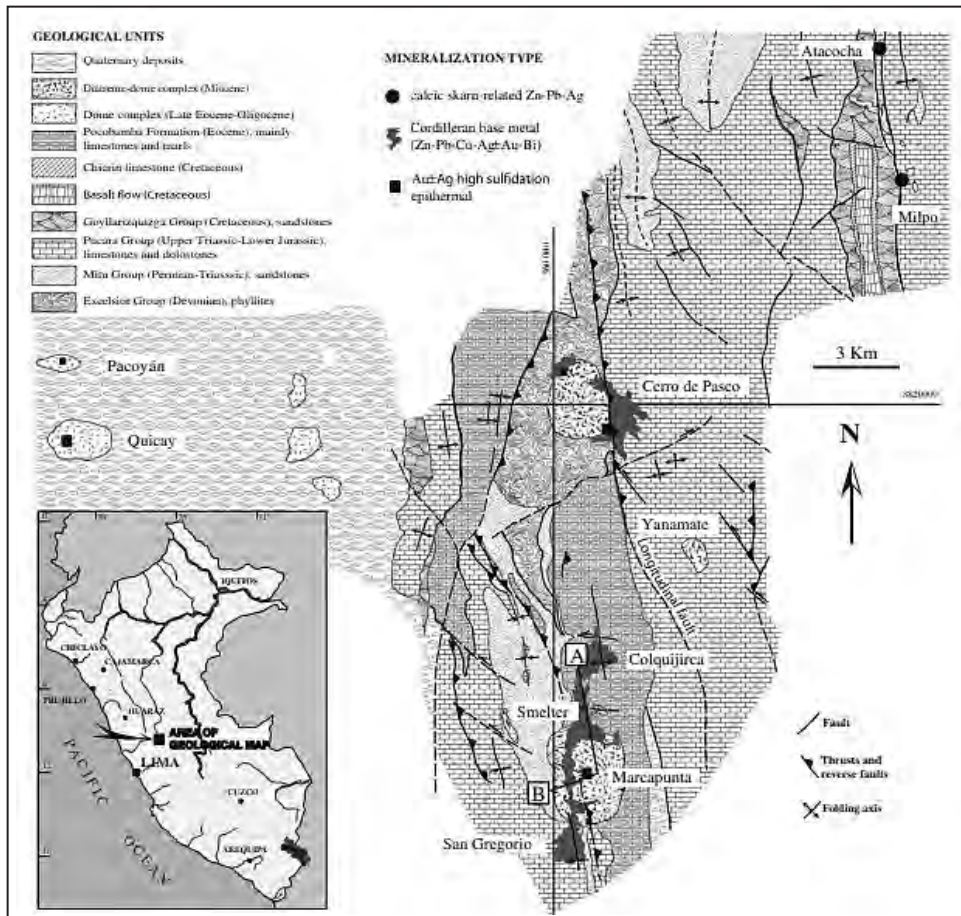


Figura 5.76 Geología y minas principales de Cerro de Pasco. Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

Fuente: Johnson et al. (1955)

Como un típico depósito, el halo de alteración es amplio en torno a las facies intrusivas. En general, las asociaciones de alteración forman distintas zonas alrededor de las intrusiones mineralizadas, pero las condiciones de presión, temperatura y permeabilidad cambian durante el curso de la deposición mineral.

Alteración argílica avanzada se ha distribuido en las lavas ubicadas en las cumbres norte y sur del cono volcánico Marcapunta y la mayor parte de las lavas se caracteriza porque los feldespatos han sido reemplazados por la alunita y la matriz por sílice.

Alteración argílica, se inicia con la invasión de alunita y sílice en los fracturamientos y produce el incremento paulatino de los metales preciosos.

Alteración sericitica se ha sido observada entre las lavas situadas entre las cumbres norte y sur del cono volcánico Marcapunta y en los 236 m finales del SD-11. Este tipo de alteración se relaciona a la mineralización de Cu de las brechas mineralizadas. Se observa en el domo occidental, esta alteración

parece no relacionada con la mineralización diseminada de metales preciosos, probablemente representa el halo más externo y estéril del ambiente porfirítico reconocido en las "Brechas mineralizadas".

Zoneamiento

El cono volcánico Marcapunta ha sido la fuente principal de las alteraciones hidrotermales y la posterior mineralización, cuya geometría horizontal forma una franja en dirección N-S de 4 km de longitud y 700 m de ancho, las observaciones in situ presentan cuatro zonas con sulfidación decreciente desde el centro hacia el norte y estos son:

Zona de Marcapunta Norte

Se caracteriza por los minerales de Cu, cuya ocurrencia es la enargita y trazas de Au que reemplazan hidrotermalmente a las capas de Calera inferior y medio, lugares de alta temperatura que se encuentran adyacentes al cono volcánico Marcapunta. La asociación mineralógica en esta zona consta de enargita-luzonita, pirita principalmente, calcopirita y covelita.

Zona de Smelter

Entre la zona de Smelter y el lado sur del Tajo Mercedes – Chocayoc se tiene una gradación de la zona anterior (enargita-pirita) como una superposición a la asociación mineralógica de Zn y Pb- Ag que ocurre en el tajo abierto.

Zona de Tajo abierto

Aquí predomina la mineralización polimetálica de Zn, Pb, y Ag, cuya alteración en esta zona es la silicificación, caolinización y sideritización, y al lado sur del Tajo en operación la ocurrencia de enargita y cobres grises en traza. Según la memoria anual de Buenaventura (2020) las reservas son de 30.53 Mt @ 0.021 oz/t Au, 1.29% Cu y 1.04 oz/t Ag.

Orcopampa

Geología

Regionalmente, afloran rocas sedimentarias desde el Mesozoico conformada por lutitas y cuarcitas del Grupo Yura, lutitas de la Formación Murco y calizas de la Formación Arcurquina, hasta rocas volcánicas e intrusivas de composición intermedia, calcoalcalina del Mioceno al Holoceno (Swanson et al., 1993). Las rocas volcánicas son del Grupo Tacaza, la base está constituida por tufos ignimbólicos del Pisaca (25 Ma) de composición cuarzo latita a riolita. Cubriendo a los volcánicos Pisaca, se depositaron los volcánicos Santa Rosa del Mioceno inferior (20-25 Ma; Swanson et al., 1993), de unos 600 m de espesor compuestos por brechas de composición intermedia intercaladas con lavas andesíticas y tobas; suprayaciendo a los volcánicos Santa Rosa se depositaron en discordancia angular las tobas riolíticas Manto de unos 300 m de potencia, los cuales representan una actividad volcánica intracaldera de la caldera de colapso Chinchón de más o menos 20 Ma (Swanson et al., 1993). La toba subacuosa La Lengua cubre localmente al tufa Manto y consiste en 40 m de potencia de capas delgadas de tufos y horizontes lenticulares de calizas.

El volcánico Sarpane intruye a la serie de volcánicos mencionados; están conformados por domos y flujos de composición dacítica, andesítica y cuarzo-latita, así como autobrechas andesíticas. Tiene una edad de 18.3-19.5 Ma (Gibson et al., 1993). Luego de un breve periodo de erosión, se presenta otra actividad volcánica en el área, depositándose la toba Chipmo (14.6±0.05 Ma) que cubre gran parte del yacimiento; esta unidad consiste en tobas de composición riolítica. Como una última manifestación volcánica en la región después de un prolongado periodo de erosión se depositaron los volcánicos Andagua (Pleistoceno-Holoceno), el cual consiste en lavas andesíticas basálticas, que presentan una clásica disyunción columnar (Swanson et al., 1993).

Aspectos estructurales

Las vetas de Chipmo, hasta ahora reconocidas, están emplazadas en fracturas con orientaciones EO a NE, algunas de las cuales son fallas como el caso de las vetas Prometida, Nazareno, Pucará 1, Naomi, Vanesa y Vanesa. Existen otras estructuras de rumbo NO que corresponden a crestas síliceas. Estas estructuras son importantes por su longitud. En general, debe de haber existido una zona de fracturamiento de rumbo NO, a lo largo del cual se emplazó el complejo de domos, como se demuestra en sus geometrías elongadas en esa dirección (Mayta, 1999).

Alteración y mineralización

Las estructuras mineralizadas están asociadas a una alteración epitermal del tipo ácido sulfato, donde la edad de mineralización en alunita ha sido datada en 18.1 +/- 0.5 Ma (Mayta, 1999) en la Veta Prometida. Las alteraciones se presentan como silicificación, representada por crestones a lo largo de fallas. Se presenta como una roca microcristalina y densa acompañada por una diseminación de pirita fina y en algunos casos presenta estructuras brechadas. La argillización avanzada se encuentra rellenando fracturas en las partes altas del yacimiento, donde la dickita se encuentra acompañando a la alunita como venillas y como reemplazamiento de feldespatos cambiando hacia los márgenes a una asociación cuarzo-caolín. Esta alteración generalmente está acompañada por una diseminación de pirita fina. La alteración propilitica se encuentra en menor proporción.

En profundidad, se tienen asociaciones de pirofilita-diáspora y en las zonas con mineralización de oro pirofilita y dickita. Las partes altas del distrito tienen una asociación alunita y dickita, y en la parte más distal sílice calcedonica y alunita pulverulenta. Las vetas en Chipmo se caracterizan por presentar altas leyes de oro y zonas de bonanza con un fuerte control estructural. El oro se encuentra principalmente asociado a telururos del tipo calaverita (75 %) y minerales de bismuto, siendo los elementos guía Te y Bi y alrededor del 15 % como oro nativo (Rojas, J. & Salazar, J. (2005).

Según las Memoria anual Buenaventura (2021), las reservas son de 0.517 Mt @ 0.57 oz/t Ag, 0.3 oz/t Au; y los recursos de 0.345 Mt @ 0.32 oz/t Au, 0.76 oz/t Ag.

Selene

Geología

El distrito minero de Selene se localiza en la Cordillera de Huanzo de Apurímac que corresponde al arco magmático del Mioceno del sur del Perú y aloja varios sistemas de vetas epitermales de sulfuración intermedia de Ag-Au alrededor de lithocaps estériles de argilica avanzada.

Las vetas están alojadas principalmente en domos riodacíticos de flujo que intruyeron un estrato volcán andesítico a dacítico. El edificio volcánico está encerrado por un rasgo topográfico elíptico de 7x4.5 km, que sugiere ser una caldera. La caldera habría colapsado progresivamente después de la erupción de las ignimbritas basales hace 16.3 ± 0.3 to 16.2 ± 0.2 Ma (40Ar/39Ar biotite ages) seguida por la construcción de un estratovolcán alrededor de 15.15 ± 0.7 Ma (40Ar/39Ar whole rock ages).

El domo-flujo Explorador se localiza dentro y paralelo al SE del borde de la caldera sugerida y ha sido datado en 14.6 ± 0.1 Ma (40Ar/39Ar biotite). Está separado por una distancia de 1.5 km del domo-flujo riodacítico Parcachata, datado en 14.5 ± 0.1 Ma (40Ar/39Ar biotite) y se localiza en el centro de la caldera sugerida. Diques andesíticos y domos cortan a los domos-flujos riodacíticos, y probablemente los domos riolíticos se emplazaron un poco después que los anteriores.

Mineralización y alteración

La actividad hidrotermal relacionada al lithocap argílico avanzado Parcachata con una edad de 14.62 ± 0.05 Ma (40Ar/39Ar alunita) es coetánea dentro del error de las edades de las biotitas de los domos-flujo. Los fluidos fueron ácidos y oxidados como lo evidencian los halos de asociaciones de minerales de alunita cerca al centro del sistema Parcachata que gradaba hacia afuera a dickita (\pm pirofilita). Las alteraciones sugieren condiciones de neutralización progresiva a partir de un centro hidrotermal magmático que se evidencia por la alteración Caolinita-esmectita ubicada en la parte distal y periférica.

Posteriormente, los fluidos hidrotermales de una fuente diferente ascendieron a lo largo de fallas y fracturas alrededor de 14.6 ± 0.1 Ma (40Ar/39Ar roca total alterada). Estos fluidos de pH neutral, como lo demuestran los halos de la alteración argílica intermedia, que en la parte proximal domina la alteración illita-sericita, la cual gradaba hacia illita (\pm Caolinita) e illita-esmectita en la periferia. Estas asociaciones de minerales de alteración hidrotermal indican una temperatura de formación de 300 °C a 100 °C.

Los fluidos se condujeron por fallas con sentido opuesto de movimiento, desarrolladas en un medio frágil conjugado de sistemas de fallas de rumbo. El sistema de fallas produjo jogs transtensionales y cimoides que se relacionan al incremento de volumen en las vetas. Las vetas más importantes pertenecen al sistema de vetas Explorador, que tiene una longitud de 2 km paralela al eje NE del domo-flujo Explorador. La mineralización en la veta está compuesta por tres etapas principales: 1) cuarzo lechoso masivo y en menor cantidad calcita lamelar reemplazada por cuarzo; 2) cuarzo bandeado crustiforme que alterna con sulfuros ricos en Ag-Au, bandas de adularia e illita; 3) calcita lamelar reemplazada por cuarzo y cuarzo drusy a masivo.

Los minerales de mena constituyen el 20 % de la veta y consisten en proustita y pirargirita, y menores cantidades de sulfuros de grano fino como calcopirita, galena, esfalerita, arsenopirita, electrum, oro nativo, plata nativa, bornita, digenita y covelita. Los óxidos incluyen goethita, hematita y óxidos de manganeso. Los clavos son principalmente verticales.

La tasa Ag/Au en superficie tiene un promedio 85. El sistema de vetas Explorador puede ser clasificado como rico en plata, adularia-sericita o sistema de vetas epitermales de tipo sulfuración intermedia, caracterizado por halos de alteración argílica intermedia y mineralización dominante de sulfuros ricos en plata. Este distrito tiene mucho potencial para la exploración como lo demuestran las zonas con alteración argílica intermedia que pueden alojar vetas ciegas (Palacios et al., 2004, 2008; Palacio, 2006). Recursos al año 2010: 12 Mt @ 248.47 g/t Ag y 1.35 g/t Au. Con una producción desde el 2001 – 2009: 528,949.00 Kg.f de plata, 2001 – 2009: 4'248,571.93 grs.finos (~136,595.84 onzas troy) de oro.

Arcata

El yacimiento minero de Arcata está ubicado a 180 km al NO de Arequipa, en la provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa. Arcata es un distrito epitermal de intermedia sulfuración. Las vetas de Arcata han sido explotadas desde la época colonial, habiendo sido Marciano y Baja trabajadas por los españoles en el siglo XVIII, etapa en la que se habrían extraído alrededor de 100 000 toneladas de mena. La explotación moderna comenzó en el año 1964 en las vetas Baja, Alta y Marión (1989). La producción total a lo largo de la vida de la mina es de aproximadamente 115 Moz de plata y 0.35 Moz de oro.

Marco geológico y estructural

La unidad minera Arcata se caracteriza por presentar una secuencia de rocas volcánicas del Grupo Tacaza del Mioceno superior- Plioceno inferior, constituidas por una sucesión de flujos lávicos de composición andesítica fundamentalmente, flujos piroclásticos y diques riolíticos; la veta se aloja en las lavas andesíticas. La base de toda esta secuencia volcánica está constituida de flujos piroclásticos de composición riolítica, continúa hacia la parte intermedia flujos de composición andesítica, cuyas secuencias han sido cortadas por una serie de diques de composición riolítica; todas estas rocas volcánicas están cubiertas en parte por depósitos cuaternarios pleistocénicos y holocénicos (Vera, 2017).

Las estructuras que se presentan en la zona han sido producidas en el Mioceno debido a la presencia de fuerzas compresionales y tensionales, generando pliegues, fracturas y fallamientos, intrusiones volcánicas, y arrastre de soluciones mineralizantes encajándose en las rocas caja volcánicas, originando vetas

rellenando fallas normales de orientación NO-SE. Debido a la presencia de movimientos orogénicos y epirogénicos se ha generado un fracturamiento muy fuerte originando fallas, y fracturas diagonales y transversales a los sistemas mineralizados.

Dentro de las fallas y fisuras preminerales se emplaza una falla gravitacional, presentando un rumbo general NO-SE y buzamiento promedio de 60° SO, mientras que las fallas y fracturas postminerales que se han producido por movimientos orogénicos y epirogénicos han generado una serie de fallamientos y fracturamientos en forma diagonal o transversal a los sistemas mineralizados. (Candiotti et al., 1990).

Alteración y mineralización

Por las características fisicoquímicas, el yacimiento de Arcata se clasifica como un depósito epitermal de baja sulfuración a intermedia sulfuración (Sillitoe, Hedenquist 2003), compuesta típicamente por la presencia de minerales indicadores como pirita-pirrotita-arsenopirita y esfalerita rica en fierro; a diferencia de los depósitos de alta sulfuración se diferencian por su paragénesis de enargita-luzonita-covelita y con más diseminación de pirita.

El yacimiento de Arcata ocurre dentro de la amplia faja de rocas volcánicas cenozoicas del sur del Perú. La geometría del depósito está compuesta por grupo de vetas: vetas Tres Reyes, vetas Alta y Baja, y vetas Marion-Marciano.

Las vetas se emplazan en lavas y brechas de composición intermedia, que tienen edades de 6.1 +/-0.2 Ma, estando superpuestas por tufos y lavas de composición silícica (6.3 Ma). La mineralización rellena fallas de orientación O-NO; estas fallas son normales, con buzamiento de norte y sur.

La mineralización presente ocurre a manera de vetas, con una textura típica de relleno de espacios abiertos, lo cual ha sido evidenciado por la presencia de bandeamiento y crustificación de los minerales de mena como de ganga. En superficie, la mineralización del depósito está alineada en venillas compuestas fundamentalmente por cuarzo blanco, así como halos de silicificación en contacto con la roca caja. La veta se comporta como una estructura tipo veta-falla, con contenido hacia el techo de óxidos de manganeso tipo pirolusita y alto contenido de oro, el ensamble principal es de sulfuros grises, sulfosales de plata, argentita, acantita, mientras que los minerales de ganga están compuestos fundamentalmente por cuarzo, calcita, rodonita y pirita (Vera, 2017).

Los minerales de mena que se presentan dentro del horizonte de metales preciosos son los sulfosales de plata dentro de los que se exponen la pirargirita, proustita, y estefanita, en proporciones menores se exponen la tetraedrita argentífera (freibergita),

argentita, plata nativa, electrum y oro nativo (generalmente en los niveles altos). En los niveles más superficiales, se expone la estibina, mientras que en los niveles más profundos se exponen los sulfuros comunes como la esfalerita, galena y calcopirita. La presencia del oro nativo como el electrum se exponen en forma nativa a manera de microvenillas, láminas y charpas de tamaños que alcanzan las decenas de micras, mientras que la plata se presenta en proporciones cuyas relaciones con el contenido de oro es de 1/100, siendo la proporción de la plata 100 a 200 veces mayor en relación con la proporción de oro (Vera, 2017).

Recursos y reservas

De acuerdo con el reporte anual de Hochschild Mining (2020), se tiene recursos medidos e indicados de 2.1 Mt @ 421 g/t Ag, 1.32 g/t Au y recursos inferidos 3.5 Mt @ 370 g/t Ag, 1.26 g/t Au.

Caylloma

El distrito minero de Caylloma está ubicado en el distrito y provincia de Caylloma, aproximadamente a 225 kilómetros por carretera al noroeste de Arequipa; la propiedad está a 14 km al noroeste de la ciudad de Caylloma. Se encuentra a una altura de 4500 a 5000 m s. n. m.

El yacimiento se encuentra dividido en dos sectores norte y sur por la veta San Cristóbal, una de las estructuras más notables y largas (3.5 km) de Caylloma. El sector norte contiene todas las vetas productivas de plata, cuyas longitudes disminuyen gradualmente hacia el norte, siendo la veta del extremo norte Eureka, la más corta de todas. El sector sur, con mayor grado de erosión, está constituido por vetas algo irregulares y más pobres en plata, pero con valores más altos de plomo y zinc.

La mineralización de mena ocurre mayormente como clavos mineralizados en ambos extremos de las estructuras de veta, separados por una porción central pobre. La mayoría de estos clavos están aflorando debido a que las vetas de Caylloma han sufrido un mayor grado de erosión vertical que las vetas de Arcata.

Marco geológico y estructural

El distrito minero de Caylloma está ubicado en el arco volcánico del Neógeno que forma parte de la Cordillera Occidental del Sur del Perú. Este arco volcánico se desarrolló sobre una corteza continental que consiste en rocas paleozoicas y mesozoicas deformadas. Después de la orogenia incaica del Eoceno tardío hasta el Oligoceno temprano, hubo un periodo de erosión e inactividad magmática antes de la erupción de las principales rocas huésped en el distrito de Caylloma. El engrosamiento y la elevación de la corteza se produjeron entre 22 Ma y 17 Ma acompañados de un vulcanismo, fallas y mineralización.

El cinturón volcánico en el distrito de Caylloma contiene grandes calderas superpuestas localmente de la edad temprana del Mioceno al Plioceno, que comprende flujos andesíticos a riolíticos, ignimbritas, depósitos laháricos y cúpulas volcánicas que se suprayacen discordantemente a una secuencia marina plegada de cuarcita, lutita y caliza del Grupo Jurásico Yura.

La roca huésped de las vetas mineralizadas es de naturaleza volcánica, perteneciente al Grupo Tacaza. Las unidades volcánicas del Grupo Tacaza se depositan discordantemente sobre una secuencia sedimentaria de ortocuarcitas y lutitas del Grupo Yura.

Las vetas ocupan fallas normales dextrales NNE con buzamientos entre 45°-70° SE y fracturas de extensión E-O con buzamientos entre 70°- 90° SE. Tienen espesores entre 1 y 25 m, y longitudes de varios kilómetros. Las vetas muestran complejos y multiepisodios de rellenos con texturas características de espacios abiertos como: bandeamiento crustiforme, bandeamiento simétrico, cavidades, brechas, escarapelada y en peine. El modelo estructural en el cual se formaron las vetas principales corresponde a fallas de rumbo NE dextral con componente normal y relacionadas a fracturas de extensión dentro de un corredor estructural NO limitado por fallas regionales sinestrales; las vetas de segundo y tercer orden se formaron por deslizamiento relacionados a movimientos de un orden mayor principalmente de fallas de rumbo. Las estrias tienen bajo ángulo (20°- 50° SO) y el análisis cinemático de las fallas sugiere que el eje de extensión estuvo orientado 4°/330° y el eje de acortamiento 55°/234°, de acuerdo con el campo de esfuerzos comúnmente propuesto para el Mioceno medio-superior en el sur del Perú.

Mineralización y alteración

La mineralización se encuentra en vetas de sulfuración intermedia alojadas en rocas volcánicas andesíticas y volcanoclásticas del Mioceno y en menor proporción en rocas sedimentarias jurásicas del basamento. Las rocas volcánicas con una matriz andesítica tienen una edad de 20.3 ± 0.11 Ma. La edad de la alteración hidrotermal datada en vetas de adularia da una edad de 18.35 ± 0.17 Ma, mientras que edades de postmineralización obtenidas en biotita y sanidina de un domo riolítico dan 11.8 ± 0.8 y 12.25 ± 0.07 Ma. Los minerales de mena están conformados por esfalerita, galena, calcopirita y tetraedrita. Los minerales de ganga corresponden a cuarzo, calcita, rodonita, rodocrosita, pirita y en menores cantidades adularia, barita e illita.

Los tipos de alteración hidrotermal incluyen silicificación (cuarzo-adularia y cuarzo-illita y propilitización (clorita-calcita-illita). Las vetas bandeadas muestran cuatro etapas de mineralización: 1) cuarzo-sacaroideo, calcedonia, pirita; 2) minerales de

manganeso; 3) cuarzo-sulfuros; y 4) cuarzo-calcita. Ciclos de bandas en la etapa de manganeso (sulfuros temprano, cuarzo de grano medio a grueso, rodonita tardía-calcita-calcedonia) tienen espesores de algunos milímetros a 5 cm y forman bandas de mena mayores que 1 metro de espesor (Echevarría et al., 2006).

Modelo genético

La composición de los minerales y su contenido están zonificados horizontal y verticalmente. De esta manera, la plata, metales base, calcita y minerales de manganeso aumentan hacia el NE y en profundidad; mientras el contenido de sulfuros aumenta gradualmente con la profundidad. Los niveles superficiales del sistema hidrotermal están expuestos hacia el O y SO en el distrito.

La evidencia de isótopos de azufre y la alta salinidad encontrada en los estudios de inclusiones de fluido es consistente con el modelo en el cual los fluidos magmáticos jugaron un rol en el sistema hidrotermal, introducidos por canales de permeabilidad estructural. El ciclo natural de la precipitación de minerales con cambios bruscos en la mineralogía, texturas y composición de fluidos conllevan a postular que ocurrieron ciclos de inyección de fluidos magmáticos. La mineralización económica se estima que se formó a una profundidad de 650 m bajo el nivel freático con una temperatura de 270 °C.

Recursos y reservas

Según el reporte de Fortuna Silver Mines (2020), se tiene como reservas probadas y probables 2.626 Mt @ 77 g/t Ag, 0.18 g/t Au, 2.11% Pb, 3.69% Zn, recursos medidos e indicados 2.157 Mt @ 76 g/t Ag, 0.30 g/t Au, 1.22% Pb, 2.24% Zn y recursos inferidos de 5.354 Mt @ 102 g/t Ag, 0.32 g/t Au, 2.40% Pb, 3.83% Zn.

Epitermales de baja sulfuración

Antapite

La mina de Antapite se encuentra ubicada en el distrito de Ocoyo, provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica. La mina está aproximadamente a 307 km S de Lima por la vía pavimentada, a una altura de 2900 a 3600 m s. n. m. (Acosta et al., 2011).

El yacimiento aurífero de Antapite es un epitermal de baja sulfuración. Se encuentra hospedado en diversas unidades volcánicas y volcano-sedimentarias (Ángeles, 2003), tales como lavas, brechas, lahares y tobas, de composición, andesítica, tendiendo a traquita del oligoceno, los cuales están cortados por pequeños stocks y diques subvolcánicos. Los afloramientos de rocas alrededor de la mina registran edades entre 18.6 Ma y 27.1 Ma. (Noble, 2001), datado en plagioclasas con el método Ar/Ar (Mejía, 2019).

Geología estructural

Estructuralmente, el área del proyecto Antapite está controlado por dos sistemas regionales importantes: el primero de rumbo andino, que se manifiesta como un corredor estructural de rumbo N 50°-60°O, con evidencia de movimientos sinestrales y buzando al suroeste; destaca en este sistema la Falla Choclanca - Ocoyo, donde están emplazadas las vetas Zorro rojo (veta principal), Antapite, Olvidada, etc.

El segundo sistema es de rumbo transandino (E-O) representado por las fallas Runahuñuscca y Yaurilla en el área NO del distrito. Estos dos sistemas delimitan el sector de mayor concentración de focos volcánicos y estarían controlando la mineralización en fracturas tensionales de las vetas Carmencita, Isabel y Verónica-Cecilia-Lucía, entre otras (Mejía, 2019).

Alteración y mineralización

La secuencia volcánica en la cual está emplazado el Yacimiento de Antapite presenta alteración sericitica (cuarzo-adularia-sericita), típico de un epitermal de baja sulfuración. En el depósito se pueden diferenciar tres zonas de alteración, partiendo de la veta hacia el exterior. En la primera, la silicificación, representada por cuarzo blanco, cuarzo calcedónico y silice gris con puntos finos de sericita. Estos minerales son los componentes principales de las vetas; en la segunda, la argílica se da cerca de las vetas y los minerales principales son sericita-cuarzo-adularia-calcita; esta alteración pertenece a la composición mineralógica de la alteración filica. En los epitermales se forma dentro de un pH de 4-6 y temperatura aproximada entre 250 °C - 300 °C. Esta composición es de mayor presencia dentro del grupo de las arcillas y generalmente ocurre de manera contigua o conjunta con las vetas de cuarzo y, por último, la más alejada a las vetas, la propilitica, en la que se puede apreciar clorita-calcita-illita-esmeclita-caolinita-albita-epidota y magnetita (Mejía, 2019).

La mineralización de las vetas de la mina Antapite es del tipo relleno de fracturas; su origen es hidrotermal de baja sulfuración con cuarzo, adularia, sericita y pirita; la mineralización es aurífera con plata subordinada; el oro se encuentra en estado nativo o como electrum y se relaciona a paragénesis tardías de cuarzos asociados con diversos sulfuros principalmente piritas con trazas de esfalerita, galena, calcopirita y puntos de sulfosales como tetraedrita y bournonita (Mejía, 2019).

La mineralización aurífera económica ocurre en paragénesis tardías de cuarzo gris, calcedónico, blanco y cuarzo hialino, con un cociente de relación de Ag/Au de 1/1 a 1.5/1. Las características mineralógicas, texturales y geoquímicas de las vetas de la mina Antapite presentan niveles intermedios a profundos de sistemas epitermales. La alteración epitermal está restringida generalmente a un halo delgado pegado a las

vetas, con la presencia de cuarzo-sericita-adularia; esta última reconocida al microscopio por tensión y difracción de rayos X. Una datación radiométrica Ar39/Ar40 realizada por el Dr. Noble sobre sericitas en la veta Zorro Rojo da una edad de 26.34 +/- 0.21 Ma. La sericita se presenta como reemplazamiento de feldspatos o adularia, relacionado al cuarzo y relleno de cavidades de la veta. Hacia las cajas frescas se tiene luego una alteración propilitica con la presencia de clorita, epidota, calcita, cuarzo plagioclasas y esméctica.

La mineralogía de la mina de Antapite presenta minerales gangas como cuarzo, sericita, calcita. Los minerales menas son pirita, arsenopirita, marcasita, esfalerita, galena, oro, electrum, magnetita, covelita, cobres grises, digenita (Mejía, 2019).

Paragénesis

La secuencia paragenética de las vetas de la mina Antapite se resume en cinco estadios paragenéticos (figura 5.77).

Corani

La mina Corani se encuentra ubicada en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno. Se ubica a 160 km al sureste de la ciudad de Cusco y 30 km al este de Macusani. La altura varía entre 4800 y 5100 m s. n. m.

Antecedentes

Minera Corani operó durante los años 1960-1969, produciendo aproximadamente 100 000 t con alta ley en plata, plomo y zinc (minería subterránea con un solo nivel y chimeneas), y contando además con una pequeña planta de concentración para tratar su mineral.

Minsur S.A. denunció la zona en 1995-1996. Hizo 44 taladros en la zona de oro y un taladro en la zona de plata-plomo-zinc. Abandonó la propiedad.

Río Tinto denunció la zona en 2003 con el objeto descubrir un pórfido de cobre basado en imágenes satelitales. Se tomó muestras de roca (chips) y se completó un programa de geofísica (magnetometría).

Bear Creek recibió la oferta de la propiedad por Río Tinto en noviembre 2004; reconoció inmediatamente el gran potencial epitermal de la zona, así como la naturaleza masiva de la mineralización en los afloramientos, la mayoría de los cuales nunca fueron perforados. Se tomó la opción de hacer los denuncios en enero del año 2005.

En el 2007, Bear Creek ha completado 48 trincheras (4350 m con muestras cada 2 m), sacando 146 muestras tipo rock chip; se ha completado un programa de geofísica (44 km IP y 51 km magnetometría) y perforado 78 000 m (470 perforaciones diamantinas).

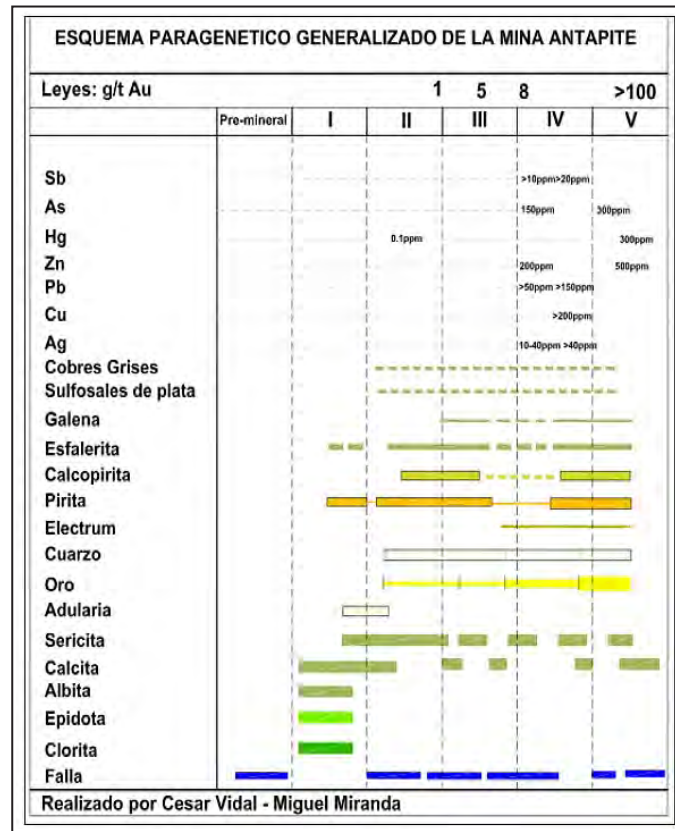


Figura 5.77 Paragénesis de la mina Antapite.

Fuente: Mejía (2019).

Marco geológico y estructural

El basamento está compuesto por pizarras limolíticas (Grupo Ambo) que forman un anticlinal con un eje hacia el norte, comprendido por limolitas intercaladas con areniscas cuarzosas con débil stockwork de py-gn. Sobreyacen en discordancia angular con el miembro Chacaconiza, un tufo de cristales (líticos) con cuarzo y biotita con un flujo secundario de andesita en la parte superior (Formación Quenamari -23.9 Ma). Sobreyacen la Formación Macusani (10.2Ma) (postmineral), tufo de cristales y líticos con cuarzo y biotita.

El yacimiento está formado por un sistema de fallas lítricas normales apiladas una sobre otra, formando vetas y brechas verticales hanging wall y stockwork en el foot wall. Las vetas son de carácter sigmoide, con espesores variables entre 1 y 8 metros.

Existen tres tipos de estructuras mineralizadas que son: a) vetas de rellenos de fracturas; b) stockworks o cuerpos mineralizados por vetillas de cuarzo, limonitas y minerales de plata principalmente; c) manto de aglomerado, con minerales de plomo-plata y zinc diseminados; dentro de estos mantos existen estructuras de tipo lenticular, siendo las más importantes de la zona desde el punto de vista de económico en valores de plomo-plata.

Alteración y mineralización

El depósito de Corani está definido como un depósito epitermal de sulfuración de baja a intermedia con mineralización de plata, plomo y zinc alojado en stockwork, vetas y brechas. La zona de oro al sur es una ocurrencia de oro epitermal de baja sulfuración en asociación con sílice. La zona de antimonio está formada por vetas de estibina-pirita con sílice. También hay mineralización de sulfuros en los sedimentos que son esencialmente estériles de plata y plomo. En el afloramiento, la mineralización del área de Corani está asociada con óxidos de hierro y manganeso, baritina y sílice; mientras, en los núcleos de perforación, la mineralización ocurre en ensamblajes minerales de sulfosales de plata-plomo-zinc (Ag-Pb Zn) típicos de baja a intermedia. El mineral que contiene plata más abundante es la tetraedrita argentífera de grano fino o freibergita (Hazen Research Inc., 2006; Gunning, 2007). Otros minerales de sulfuros incluidos son la pirita-marcasita, boulangerita, esfalerita y galena.

El recurso del proyecto se encuentra dentro de las zonas mineralizadas denominadas:

Corani Este: Presencia de baritina en matriz de las brechas (menor bandeamiento de cuarzo), presencia de la alteración moderada de illita-esmectita +/- caolinita.

Minas Corani: Domina la alteración de esmectita +/- clorita-illita, moderada calcedonia y baritina con fuerte óxidos de hierro y moderado óxidos de manganeso.

Main Corani: Presenta alteración de illita +/- caolinita-esmectita-sericita con presencia de cuarzo bandeado y venillas de tipo cuarzo amatista, fuerte baritina en venas y matriz en brechas.

Recursos y reservas

Según Bear Cheek Mining (2019), sus recursos medidos e indicados 96.7 Mt @ 27.9 g/t Ag, 0.38 % Pb, 0.26 % Zn y reservas probadas y probables 139.1 Mt @ 50.3 g/t Ag, 0.9 % Pb, 0.59% Zn. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Corani (Bear Cheek Mining S.A.C.), se encuentra en etapa de ingeniería de detalles y sería puesta en marcha para el 2026, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 700 millones.

A continuación, se presenta una breve descripción de los depósitos epitermales de alta, baja e intermedia sulfuración.

Tambomayo. - Ubicado en el distrito de Tapay, provincia de Caylloma. Tambomayo es un yacimiento de origen epitermal de baja a intermedia sulfuración con vetas de cuarzo muy anchas, con clavos de alta ley y mineralización, principalmente de Ag, Au, y con importantes contenidos de Pb y Zn. Pertenece a la Franja Metalogenética XXI-A: Epitermales de Au-Ag hospedadas en rocas volcánicas. Según la Memoria Anual buenaventura (2021), las reservas probadas y probables son 1.39 Mt @ 0.1 g/t Au, 5.21 g/t Ag, 0.94 % Pb, 1.41 % Zn; y recursos medidos e indicados de 0.56 Mt @ 0.09 g/t Au, 4.68 g/t Ag, 0.99 % Pb, 1.6 % Zn.

Apumayo.- Está ubicado en la provincia de Lucanas, entre los distritos de Chaviña y Sancos. Es un yacimiento del tipo epitermal de alta sulfuración, compuesto por dos prospectos los cuales son Huamán Loma y Apumayo. Corresponde a la Franja Metalogenética XXIII: Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno. Según Champi (2019), las reservas son de 5.936 Mt @ 0.39 g/t Au, 35.37 g/t Ag.

Breapampa.- Está ubicado en la provincia Parinacochas; corresponde a la Franja Metalogenética XXIII: Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno, en donde el elemento principal es el Au. La roca caja (andesita y dacita) perteneciente al Grupo Barroso, en donde la mineralización esta diseminada y estructuralmente está conformada por el Sistema de Fallas Cincha Lluta. Al 2015 se tiene como reserva probada +probable: 520 000 t @ 287 000 oz Ag, 8000 oz Ag (Buenaventura - Memoria Anual 2015).

Catalina Huanca. - Se ubica en el distrito de Canaria, provincia de Victor Fajardo. Es un yacimiento hidrotermal (mesotermal) de baja sulfuración y de origen epigenético, cuya mineralización se presenta como vetas, cuerpos, mantos y tipo stockwork. Los minerales de mena principales son esfalerita tipo marmatita, galena, calcopirita, cobre gris, enargita. Los minerales de

ganga son calcita rodocrosita, pirita, baritina, hematita, magnetita, siderita. Pertenece a la Franja Metalogenética XXI-A: Epitermales de Au-Ag hospedadas en rocas volcánicas. Al año 2013, reserva probada: 602 075 TMF, 5.53 (pot m), 1.75 % Pb, 6.84 % Zn, 1.47 Oz/t Ag, 0.2 % Cu, 0.24 g/t Au; y reserva probable: 1 238 832 TMS, 5.7 (pot m), 1.32 % Pb, 7.27 % Zn, 1.14 Oz/tm Ag, 0.17 % Cu, 0.52 g/t Au (Quispe, 2018).

Inmaculada.- Se ubica entre los distritos de Pacapausa y Coronel Castañeda, provincia de Parinacochas. Es un yacimiento de tipo hidrotermal de alta y baja sulfuración, representado por vetas de cuarzo y calcedonia, las cuales se dividen en dos grupos según el contenido metálico: Ag + Zn-Pb; y Au + Ag. Corresponde a la Franja Metalogenética XXIII: Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno. De acuerdo a la publicación de Hochschild (2021), las reservas probadas y probables suman 6.64 Mt @ 147 g/t Ag, 3.5 g/t Au; los recursos medidos e indicados suman 7.925 Mt @ 169 g/t Ag, 4.13 g/t Au; y como recursos inferidos se tiene 11.989 Mt @ 102 g/t Ag, 2.57 g/t Au. Conforme a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto de Reposición Inmaculada (Compañía Minera Ares S.A.C.) se encuentra en etapa de factibilidad y su puesta en marcha estaría por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 1319 millones.

Pallancata. - La mina se encuentra en la provincia Parinacochas y corresponde a un epitermal de baja sulfuración que pertenece a la Franja Metalogenética XXI: Epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas cenozoicas. La roca caja corresponde a volcánicos (Mioceno) que han sufrido fuerte alteración argílica y propilitica. Según la publicación de Hochschild (2021), sus reservas probadas y probables son de 0.92 Mt @ 231 g/t Ag, 1.1 g/t Au y sus recursos medidos e indicados de 2.12 Mt @ 1.38 g/t Au, 297 g/t Ag, mientras que sus recursos inferidos 1.85 Mt @ 230 g/t Ag, 0.98 g/t Au.

Ccarhuaraso.- Se encuentra ubicado en el distrito de Chipao, provincia Lucanas. El yacimiento corresponde a un epitermal de alta sulfuración de Au, Ag y Cu dentro de la Franja Metalogenética XXIII: Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno. La mineralización corresponde a cuerpos elongados, vetas y brechas, con presencia de telururos, cobres grises y oro. La alteración hidrotermal está representada por sílice, argílica avanzada, gradando lateralmente a alteración argílica y a veces propilitica en la periferia.

Cellaccasa.- El proyecto se ubica en la provincia Lucanas; es un yacimiento epitermal de alta sulfuración de Au, Ag, Pb y Zn que pertenece a la Franja Metalogenética XIV: Depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Eoceno. La mineralización se presenta en venillas con minerales de bauxitas, calcopirita y pirita. Las alteraciones hidrotermales que predominan en el área son argílica, propilitica, argílica intermedia, argílica avanzada, silicificación, sílice lixiviada. Al 2010, sus reservas son de 27.83 Mt @ 0.26 g/t Au, 65.6 g/t Ag.

Patacancha.- Se encuentra ubicado en la provincia de Sucre; el proyecto corresponde a un yacimiento epitermal de alta sulfuración en donde el elemento principal es el Au. Pertenecen a la Franja Metalogenética XXIII: Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno. El cuerpo mineralizado se presenta en forma de vetas y brechas, cuya mineralización corresponde a calcopirita, calcosita y covelita. La alteración hidrotermal corresponde a propilitización, argilización, silicificación masiva.

La Zanja.- Se ubica en el distrito de Pulan, provincia de Santa Cruz. Corresponde a un yacimiento de tipo epitermal de alta sulfuración de Au-Ag, siendo la geometría del depósito tabular debido al fuerte control estructural; las alteraciones que predominan son la silicificación (cuarzo, calcedonia, ópalo) y argílica avanzada. Los minerales de mena que presentan son enargita, pirita, bornita, cinabrio, calcopirita, covelita, galena, esfalerita y entre los óxidos: limonitas (goethita), hematita; y baritina como mineral de ganga. Pertenecen a la Franja Metalogenética XXI-A: Epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas cenozoicas. Según la memoria anual de Buenaventura (2021), se tiene como reservas 8.36 Mt @ 0.01 oz/t Au, 0.11 oz/t Ag; además los recursos medidos e indicados en óxidos suman 7.24 Mt @ 0.01 oz/t Au, 0.34 oz/t Ag.

Shahuindo.- Ubicado en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba. Es un depósito de tipo epitermal de alta sulfuración de acopio de Au-Ag, cuya mineralización se encuentra diseminada, y ha sido emplazada en rocas sedimentarias constituidas por secuencias de areniscas y limolitas lutáceas, donde las areniscas brechadas son la principal roca huésped de la mineralización. Corresponde a la Franja Metalogenética XXI-B: Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias. Según la información de reservas y recursos de Pan American Silver (2022), las reservas ascienden a 104.2 Mt @ 0.47 g/t Au, 7.13 g/t Ag; los recursos medidos e indicados de 21.5 Mt @ 0.25 g/t Au, 4.39 g/t Ag.

Anabi (Huisamarca).- Se localiza en la provincia de Chumbivilcas. Es un yacimiento epitermal de alta sulfuración de Au, Ag, Cu y Mo que se encuentra dentro de la Franja Metalogenética XV: Pórfidos Skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Fe-Au relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno. En el área, afloran andesitas y tobas dacíticas del Grupo Tacaza, la mineralización se encuentra diseminada. La alteración hidrotermal corresponde a una silicificación masiva y oqueroso, argílica avanzada. Al 2010 sus reservas son 37.2 Mt @ 0.39 g/t Au.

Morococho.- Está ubicada en el distrito de Morococho, provincia de Yauli. Se encuentra en la Franja Metalogenética XVII: Epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno. La mineralización se presenta en cuerpos, vetas, mantos y stockwork con calcopirita, cobres

grises, enargita, galena, bornita, tetraedrita, etc.; los elementos de explotación son Cu, Zn, Pb, Ag. Según la memoria anual de Pan American Silver (2021), las reservas probadas y las probables son 6.6 Mt @ 157 g/t Ag, 3.87% Zn, 1.37 % Pb, 0.38% Cu; los recursos medidos e indicados son 1.3 Mt @ 126 g/t Ag, 2.47 % Zn, 0.76 % Pb, 0.62% Cu; y recursos inferidos 4.8 Mt @ 143 g/t Ag, 3.29% Zn, 1.09% Pb, 0.39% Cu.

El Toro.- Está ubicado en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión. Constituye un yacimiento de tipo epitermal de Au hospedado en sedimentos clásticos, el cual se encuentra en la Franja Metalogenética XXI-B (Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias). La mineralización económica está hospedada en las cuarcitas, areniscas y brechas hidrotermales como relleno de fracturas, venillas, vetillas y cavidades de lixiviación ácida, mayormente ocurre como óxidos (goethita, jarosita) y reemplazan parcialmente el cemento de brechas de contacto y tectónicas (mixtos); abundante pirita diseminada, en venillas y vetillas a la que se asocian calcopirita, bornita, calcosina y covelita son comunes hacia los bordes de la dacita (sulfuros). De acuerdo a Corporación del centro SAC (2014), se tiene como recursos 24.7 Mt @ 0.43 g/t Au, 0.001 g/t Ag; y los recursos inferidos 25.46 Mt @ 0.49 g/t Au.

La Virgen.- Se ubica en el distrito de Cachicadan, provincia de Santiago de Chuco. Corresponde a un yacimiento de tipo epitermal de alta sulfuración de Au-Ag-Cu, el cual pertenece a la Franja Metalogenética XXI-B (Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias). La mineralización consiste de pirita, enargita y óxidos enriquecidos en oro, localizados en las brechas y fracturas de las cuarcitas. La alteración hipógena hidrotermal no está definida en la cuarcita por no ser favorable a la reacción; en los volcánicos adyacentes del lado este, se tiene sílice, sílice-alunita, y dickita- illita. Al 2010, se tiene como reservas 36.66 Mt @ 0.92 g/t Au, 1.78 g/t Ag (Resumen Ejecutivo MEM / Resumen Ejecutivo MEM).

Santa Rosa.- Se ubica en el distrito de Angamarca, provincia de Santiago de Chuco. Constituye un yacimiento de tipo epitermal de Au hospedado en sedimentos clásticos, el cual se encuentra en la Franja Metalogenética XXI-B (Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias). La mineralización se encuentra en sistemas de fracturas de poco espaciamiento, rellenas por brechas hidrotermales y tectónicas, con óxidos provenientes de pirita. Además, el tipo más común de mineralización ocurre en capas de areniscas friables, interestratificadas con capas de arcilla, con pirofilita, cuarzo y/o caolín, donde el oro está asociado con la pirita y arsenopirita. Se considera que tres tipos de soluciones hidrotermales han originado las asociaciones mineralógicas: tungsteno-oro, plata-oro, plomo-plata-zinc-oro. Se tiene como reservas 3.0 Mt @ 2.30 g/t Au, 14 g/t Ag.

Invicta.- El proyecto Invicta se encuentra en la provincia de Huaura, conformando la Franja Metalogenética XXI: Epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas cenozoicas. EL yacimiento es de tipo epitermal de baja sulfuración emplazado principalmente en vetas, además de diseminados y con elementos Au, Ag, Cu, Pb, Zn. Las menas están representadas por pirita, bornita y digenita. Según información de Lupaka Gold Corp (2018), se tiene recursos medidos e indicados 2.9 Mt @ 4.07 g/t Au, 24.81 g/t Ag, 0.60% Cu, 0.36% Pb, 0.42% Zn; recursos inferidos de 0.57 Mt @ 4.91 g/t Au, 5.49 g/t Ag, 0.10% Cu, 0.11% Pb, 0.15%.

San Gabriel (Chucapaca).- Se ubica en la provincia General Sánchez Cerro. El yacimiento corresponde a un epitermal de intermedia sulfuración de Au, Cu y Ag en la Franja Metalogenética XXI-b: Depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno. Según la Memoria Anual de Buenaventura (2021) se tiene reservas totales de 14.93 Mt @ 0.21 oz/t Ag, 0.13 oz/t Au; recursos medidos e indicados de 24.86 Mt @ 0.03 oz/t Ag, 0.07 oz/t Au; y recursos inferidos de 5.33 Mt @ 4.59 oz/t Au, 0.23 oz/t Ag, 0.006 % Cu. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto de San Gabriel (Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.), se encuentra en etapa de construcción y sería puesta en marcha para el 2025, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 470 millones.

Atacocha.- Está ubicada en la provincia de Pasco, corresponde a un yacimiento de tipo skarn perteneciente a la Franja Metalogenética XVII (Epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno). Su mineralización está presente en vetas, mantos y cuerpos irregulares asociados a rocas calizas del Grupo Pucará, caracterizada por minerales de Cu, Pb, Zn, Au y Ag; principalmente, marmatita, pirita, calcopirita, pirrotita, magnetita, molibdenita y fluorita. La alteración está asociada a la intrusión de una dacita, con una franja angosta de argilización y con un corredor estructural NO: Falla Atacocha-Milpo. De acuerdo a la memoria anual de Nexa Resources (2021), en su minería subterránea los recursos medidos e indicados son de 8.17 Mt @ 4.48% Zn, 87.4 g/t Ag, 1.66% Pb; los recursos inferidos 8.15 Mt @ 4.43 % Zn, 81.8 g/t Ag, 1.26 % Pb; mientras que en el tajo San Gerardo, las reservas probadas y probables son de 5.33 Mt @ 1.10% Zn, 0.03% Cu, 29.8 g/t Ag, 0.86% Pb, 0.25 g/t Ag, los recursos medidos e indicados 11.44 Mt @ 1.08 % Zn, 30.3 g/t Ag, 0.9% Pb, 30.3 g/t Ag; los recursos inferidos 2 Mt @ 0.93 % Zn, 32 g/t Ag, 0.92% Pb, 32 g/t Ag.

Huarón. - Se ubica en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco. Es un yacimiento de tipo mesotermal a epitermal, corresponde a la Franja Metalogenética XVII (Epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno). El zoneamiento mineral presenta una zona central: mineralizaciones de cobre, que serían las más antiguas, removilizaciónes como la enargita, pirita, cuarzo; zona

intermedia: mineralizaciones cuprosas, plomo, zinc, enargita, tetraedrita, esfalerita, galena, pirita; y zona exterior: minerales de plomo algunas veces tetraedrita, galena, esfalerita, pirita. Según el reporte de Pan American Silver (2022), las reservas probadas ascienden a 7 Mt @ 169 g/t Ag, 0.54% Cu, 1.51% Pb, 2.97% Zn y las probables de 3.9 Mt @ 167 g/t Ag, 0.3% Cu, 1.63% Pb, 2.97% Zn; los recursos medidos de 2.1 Mt @ 163 g/t Ag, 0.42% Cu, 1.58% Pb, 3.05% Zn; los recursos indicados 2.4 Mt @ 166 g/t Ag, 0.4% Cu, 1.71% Pb, 2.92% Zn; y como recursos inferidos 7.2 Mt @ 155 g/t Ag, 0.26% Cu, 1.47% Pb y 2.73% Zn.

Bolsa del Diablo.- Se encuentra ubicado a unos 34 km al norte de la ciudad de Las Lomas. Las vetas están emplazadas en las formaciones La Bocana y Lancones. Este depósito es de tipo epitermal de baja sulfuración con mineralización de Au - Ag. Se encuentra en la Franja Metalogenética XII: Epitermales de Au-Ag del Cretácico superior- Paleoceno; está asociada a cuarzo, con óxidos y baritina. Actualmente es explotada de manera artesanal. Se tienen registros de muestras con leyes de oro entre 45g/t y 300 g/t de Au. Según Valencia et al., (2018), se tienen registros de muestras con leyes de oro entre 45 g/t y 304 g/t de Au, 141 g/t de Ag y 1.1% de Cu.

Servilleta.- Se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Las Lomas, en la parte central de la cuenca Lancones. Las estructuras mineralizadas son numerosas vetas de cuarzo-oro con rumbo NE-SO. Estos depósitos son de tipo epitermales de baja sulfuración. Se encuentra en la Franja Metalogenética XII: Epitermales de Au-Ag del cretácico superior-Paleoceno en donde predominan las alteraciones de cloritización, oxidación, argilización, silicificación y sericitización. Actualmente en el sector Servilleta, se vienen desarrollando labores mineras artesanales agrupadas en asociaciones, así tenemos la Asociación de Mineros Artesanales Porfirio Díaz Nestares, conformado por más de 100 socios.

Suyo.- Se ubica a 5 km al norte del distrito de Suyo. Las estructuras mineralizadas están conformadas por vetas angostas de cuarzo y sulfuros diseminados; con orientación N 20° a 40° E, buzan con 60° a 75° al NO y potencias de 0.10 m a 0.30 m. Están emplazadas en intrusivos subvolcánicos dacíticos. Las alteraciones hidrotermales identificadas son filica (sílice-illita) y propilitica (halloysita-clorita). Esta área ha reportado valores de oro desde 6 g/t a 64 g/t Au (607250E, 9506915N).

Pucamarca.- Se ubica en el distrito de Palca y corresponde a un depósito epitermal de alta sulfuración de oro y plata dentro de la Franja Metalogenética XXIII: Depósitos epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno, la mineralización está conformada por calcosina, covelita, bornita, acantita y el rasgo estructural más importante lo conforma el Sistema de Fallas Incapuquio. Según el reporte de sostenibilidad de Minsur (2021), se tiene recursos medidos e indicados de 4104 Mt @ 0.33g/t Au; recursos inferidos de 2.4 Mt @ 0.25 g/t Au; y reservas probadas y probables 21.2 Mt @ 0.36 g/t Au.

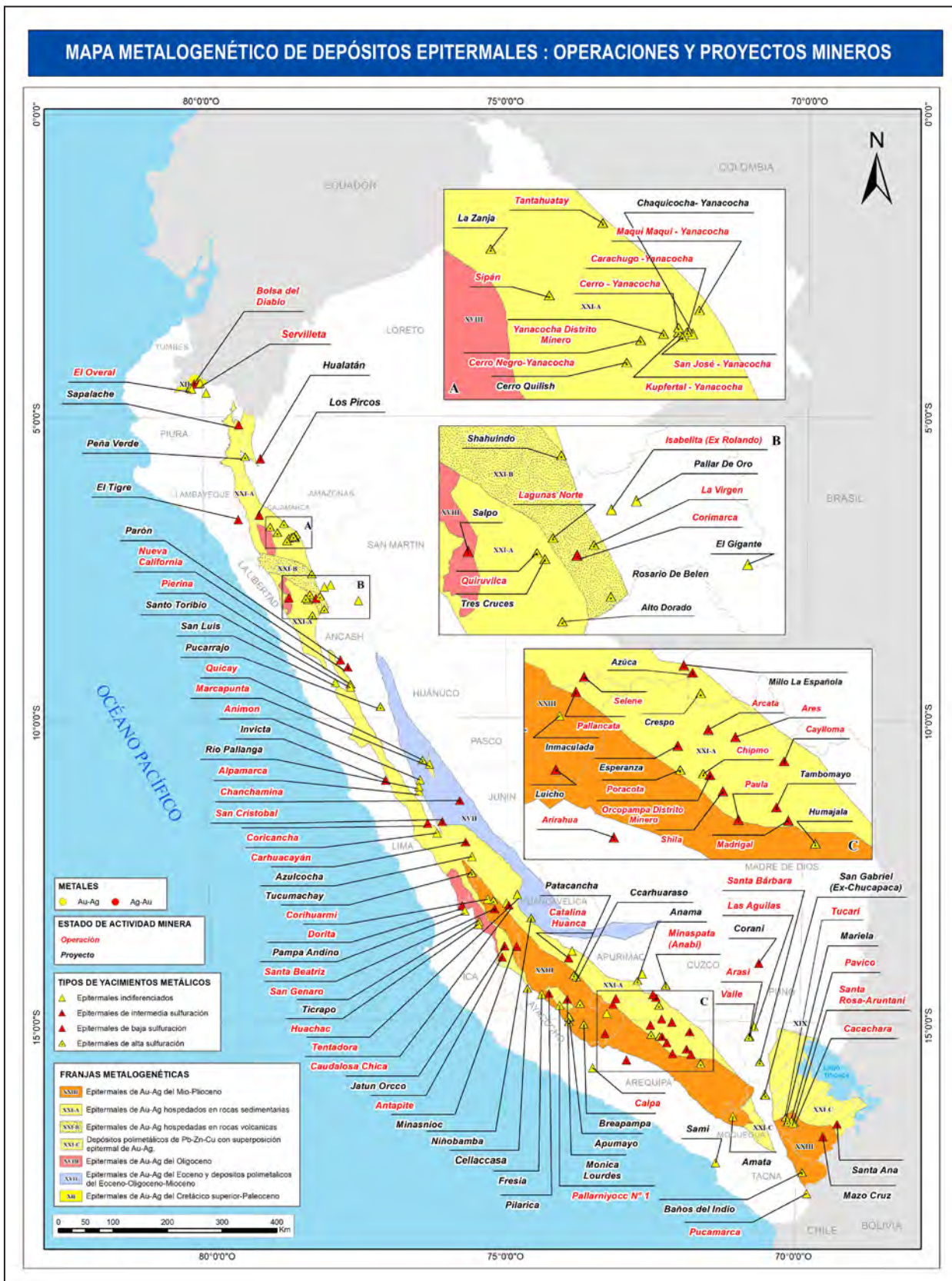


Figura 5.78 Mapa de los principales depósitos epitermales de oro y plata en el Perú.

5.4 DEPÓSITOS POLIMETÁLICOS Pb, Zn, Cu Y OTROS

Gerardo Trelles y Dina Huanacuni

5.4.1 Generalidades

Los depósitos consisten en lentes masivas y pipes, conocidas como mantos o cuerpos de mineral de reemplazo, y vetas de hierro, plomo, minerales de sulfuro de zinc y cobre, que son alojados por roca caliza, dolomita u otras rocas sedimentarias y las reemplazan. El mineral más masivo contiene más del 50 por ciento de minerales de sulfuro. El mineral alojado en sedimentos comúnmente está íntimamente asociado con intrusiones ígneas en las rocas sedimentarias. El emplazamiento de estas intrusiones provocó la formación de mineral y albergan vetas polimetálicas y diseminaciones que contienen minerales de sulfuro de hierro, plomo, zinc y cobre. Algunos los depósitos de reemplazo polimetálicos están asociados con depósitos de skarn en los que las rocas de carbonato del huésped se reemplazan con conjuntos minerales de calcosilicatos ± óxido de hierro. La mayoría de los depósitos de reemplazo y vetas polimetálicas se dividen en zonas de manera de mineral de cobre-oro es próximo a las intrusiones, mientras que el mineral de plomo-zinc-plata es lateral y verticalmente distal a las intrusiones.

Condiciones ambientales

Muchas vetas polimetálicas y depósitos de reemplazo están alojados en rocas sedimentarias ricas en carbonatos que consumen ácido e inhibe el transporte de metales. Sin embargo, el agua de la mina que drena depósitos no alojados por rocas que contienen carbonato tiende a ser de ácido a extremadamente ácido y contiene abundancias elevadas de hierro, aluminio, zinc y cobre y con abundancias moderadas de plomo, cadmio y arsénico.

El drenaje de aguas ricas en pirita, los desechos y los vertederos pueden ser ácidos o altamente ácidos, y

pueden contener abundancias extremas de hierro y aluminio, y cantidades muy altas de zinc y cobre.

El karst, donde está presente, puede imponer un control significativo sobre el régimen hidrológico local debido a su capacidad para canalizar el agua subterránea a largas distancias de las zonas mineras.

La escoria producida por la fundición puede contener cantidades elevadas de plomo, zinc y cobre, y cantidades menores de otros metales. La movilidad de los metales de la escoria varía en función de cómo se enfría.

Alteración y mineralización

Los depósitos son pequeños (10 000 toneladas) a muy grandes (hasta 30-40 millones de toneladas). Estos depósitos están alojados principalmente por rocas sedimentarias (dolomita, caliza, arenisca y lutita) que han sido intruidos por stocks ígneos, diques y soleras de composición intermedia a félsica.

Estos depósitos están en secuencias de rocas sedimentarias que albergan intrusiones ígneas locales.

Mineral de reemplazo alojado en carbonato: Las rocas de carbonato hospedante son comúnmente recristalizadas, dolomitizadas, blanqueadas y lijado (el proceso por el cual el cemento de carbonato se elimina de las rocas sedimentarias). Alteración de rocas carbonatadas a rocas jasperoide rico en sílice es común localmente en algunos distritos. En algunos distritos, los minerales de carbonato han sido reemplazados por minerales de skarn de silicato de calcio (epidota, anfíbol, granate, piroxeno y minerales de óxido de hierro) cerca de sus contactos con intrusiones ígneas.

Mineral alojado ígneo: En las partes centrales más calientes de los sistemas mineralizados, las rocas huésped ígneas se alteran a cuarzo-sericita, conjuntos de pirita y arcilla (argílico) y alteración propilitica distal de asociaciones epidota-clorita-pirita-carbonato (figura 5.79).

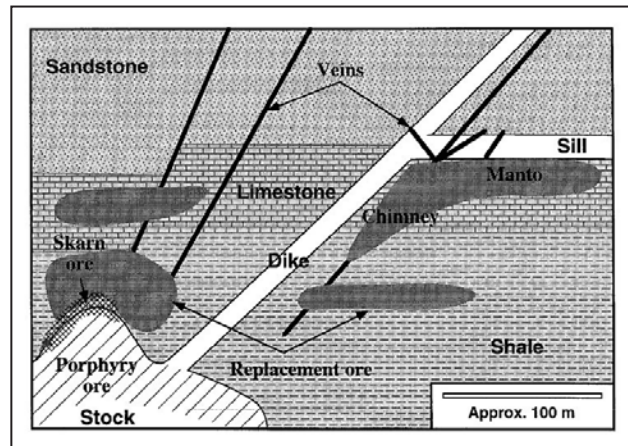


Figura 5.79 Sección esquemática a través de un depósito de reemplazo polimetálico que muestra la distribución de los tipos de mineral y las rocas huésped.

Fuente: Plumlee et al. (1995)

Naturaleza de mena

El mineral está presente en lentes masivos (mantos), tuberías (chimeneas) y vetas de minerales de sulfuro de hierro, plomo, zinc y cobre que son alojados y reemplazan la piedra caliza, la dolomita u otras rocas sedimentarias; el mineral más masivo contiene >50 por ciento de minerales sulfurados. Un distrito o mina dada puede contener un solo yacimiento masivo o una serie de yacimientos alineados a lo largo de características estructurales como fracturas, articulaciones, miembros plegados, características estratigráficas como aberturas kársticas, o discontinuidades litológicas que controlan el skarn está cerca del contacto de roca sedimentaria por intrusión.

Características mineralógicas

Texturas: Los granos minerales son típicamente de grano medio a grueso (0.5 a > 1 cm) y varían en textura desde euhédrico a granos masivos entrelazados.

Contenido de elementos trazas: En muchos depósitos, la esfalerita generalmente tiene contenidos de hierro muy altos (5-20 por ciento en moles) y cadmio (varias décimas a 1 mol por ciento) y pequeñas cantidades de otros elementos traza como la plata. Galena puede contener plata y bismuto (generalmente <1 por ciento en moles) (figura 5.80).

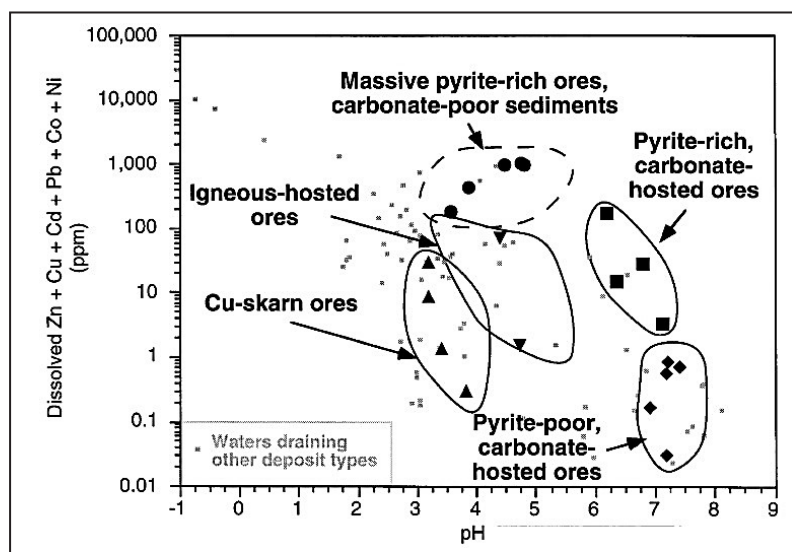


Figura 5.80 Gráfico de Ficklin que muestra el pH frente a la suma de los metales básicos disueltos Zn, Cu, Cd, Co, Ni y Pb en los tipos de mineral de reemplazo polimetálico de drenaje de agua natural y mineral.

Fuente: Plumlee et al. (1995)

5.4.2 Yacimientos polimetálicos en el Perú

Los depósitos polimetálicos y ocurrencias hidrotermales (8 804 000 N-8 856 000 N y 340 000 E-376 000 E), se encuentran en la región de Pasco-Huánuco; están relacionados a intrusiones magmáticas. Estos depósitos constituyen tres cinturones metalogénicos subparalelos entre sí, alineados siguiendo la dirección andina y paralelos a la fosa peruana.

Los cinturones metalogénicos se habrían generado en orden cronológico durante: a) el Eoceno superior, entre 39 y 35 Ma (cinturón Quicay-Pacoyán); b) el Oligoceno, entre 29-26 Ma (cinturón Milpo-Atacocha-Vinchos); y c) el Mioceno medio, entre 15 y 10 Ma (cinturón Cerro de Pasco-Colquijirca). Todos los tipos de depósitos hidrotermales reconocidos en estos tres cinturones mineralizados pertenecen a la familia general de los yacimientos relacionados a los pórfidos de Cu (Porphyry-related deposits), los cuales son comunes en márgenes activos de subducción o zonas de arco, e incluye principalmente: a) mineralización epitermal de alta sulfuración de Au-(Ag) (cinturón Quicay-Pacoyán y cinturón Cerro de Pasco-Colquijirca); b) mineralización epitermal de alta sulfuración de Zn-Pb-Cu-(Ag-Au) (cinturón Cerro de Pasco-Colquijirca); c) mineralización epitermal de baja sulfuración de Zn-Pb-Cu-(Ag-Au) (cinturón Milpo-Atacocha-Vinchos); y d) depósitos de Zn-Pb-Cu-(Ag-Au) relacionados a skarn además de ocurrencias de pórfidos de $Cu \pm Mo \pm Au \pm W$ (cinturón Milpo-Atacocha-Vinchos).

Cinturón Quicay-Pacoyán (38-34 Ma)

De acuerdo con la información de la página web de Chancadora Centauro en Quicay ocurrieron tres eventos principales de mineralización aurífera. Un primer evento mineralizante tuvo un bajo contenido de oro y pirita diseminada en sílice masiva. Siguió una fase principal de mineralización, en la cual el oro se depositó en pirita a manera de partículas submicroscópicas en finas diseminaciones, rellenando fracturas y tapizando pequeñas cavidades. También, aunque más raramente, el oro se habría depositado asociado a enargita y covelita. Un pulso más tardío y menos importante en términos de interés económico consistió en precipitación de oro asociado a alunita.

La alteración hidrotermal en la mina Quicay es típica de un sistema hidrotermal de alta sulfuración con un claro zoneamiento desde "vuggy silica" y alteración argílica avanzada en las partes centrales a alteración argílica y alteración propilitica hacia la periferia. Al igual que en otros depósitos epitermales de alta sulfuración la mineralización de oro con leyes de hasta 20 g/t Au ocurre principalmente en las zonas internas de "vuggy silica".

Un estilo de mineralización similar a Quicay se ha observado en Pacoyán (figura 5.81). Allí se puede observar el ensamble

cuarzo-alunita en zonas de "vuggy silica" asociado a valores significativos de $Au \pm (Ag)$. Además, se ha observado durante el reconocimiento de campo que algunos afloramientos del stock de Cauquish (figura 5.81) muestran efectos de alteración hidrotermal del tipo propilitico a incluso filica en parte relacionados a óxidos de hierro en finas vetillas.

Cinturón Milpo-Atacocha-Vinchos (29-26 Ma)

Metalogénicamente, el cinturón Milpo-Atacocha-Vinchos se caracteriza por la presencia de numerosos sistemas polimetálicos principalmente de Zn-Pb-Ag y Cu relacionados a skarn. También, son importantes una serie de cuerpos epitermales polimetálicos (Zn-Pb-Ag-Cu) sin relación a calcosilicatos, además de algunos pórfidos aparentemente subeconómicos de Cu-Au-Mo-W (Bendezú, comunicación personal).

Según los datos radiométricos disponibles, el cinturón de Milpo-Atacocha-Vinchos se habría desarrollado durante el Oligoceno entre 29 Ma y 26 Ma (Soler, 1988). De sur a norte, los depósitos de este cinturón descritos y/o mencionados, y en buena parte reconocidos in situ, en este trabajo son La Quinoa-Chuquitambo, Milpo, Atacocha, Vinchos, Jogochuccho y Mal Paso.

Cinturón Cerro de Pasco-Colquijirca (15-10 Ma)

El cinturón Cerro de Pasco-Colquijirca se caracteriza por sus grandes yacimientos de Zn-Pb-Cu-(Ag-Au) considerablemente más voluminosos que aquellos pertenecientes al cinturón Milpo-Atacocha-Vinchos. Estos yacimientos por sus características pueden, en el sentido de Sawkins (1972) y Einaudi (1977, 1982), ser clasificados como yacimientos Cordilleranos (Cordilleran vein deposits o Cordilleran base metal lodes).

De acuerdo con estos autores las características más prominentes de los yacimientos Cordilleranos incluyen:

- I.- Un ensamble mineral característico de alta sulfuración y típicamente asociado a alteración argílica avanzada a sericitica.
- II.- Zoneamiento marcado desde núcleos de Cu a minerales externos de Zn-Pb-(Ag).
- III.- Textura rica en sulfuros a localmente masiva con contenidos de sulfuros de entre 30-50 % en volumen.
- IV.- Una asociación común de metales económicamente interesantes: $Cu-Zn-Pb \pm (Ag-Au)$.

Colquijirca

En Colquijirca, en el centro peruano, el complejo Domo-Diatrema del Mioceno está asociado en espacio y tiempo con varios grandes depósitos epitermales polimetálicos (Cu, Zn, Pb, Au, Ag) de la clase Cordillerana. De estos depósitos, Smelter y

Colquijirca, localizados en el sector norte del distrito, son la parte de una mineralización continua norte-sur que se extiende casi 4 km hacia los extremos del complejo Domo-Diatrema y a 1 km de profundidad bajo la superficie. Esta mineralización continua está dividida en zonas de menas Cu-(Au) en sus partes interiores (Depósito Smelter) a menas Zn-Pb-(Ag) en la periferia (Depósito Colquijirca). El corredor de Smelter-Colquijirca se ha sometido a erosión menor, proporcionando un buen ejemplo del sistema intacto temprano paleo-epitermal de la clase Cordillerana (Bendezú & Fontboté, 2009).

Geología

La característica principal del distrito de Colquijirca es el complejo Domo-Diatrema del Mioceno Marcapunta situado en el centro del distrito. El complejo de Marcapunta invade una gruesa secuencia de rocas sedimentarias, que desde abajo hacia arriba incluyen pizarras del Grupo Excelsior Devónico, capas rojas del Grupo Mitu Pérmico, calizas y dolomitas de El Grupo Pucará Triásico Temprano-Jurásico Temprano y las rocas continentales principalmente detríticas y carbonatadas de las formaciones Pocobamba y Calera del Cenozoico Temprano (figura 5.81).

El control estructural en el distrito minero de Colquijirca jugó un papel predominante. A escala regional, la falla longitudinal de dirección N-S controló el emplazamiento del Complejo Volcánico Marcapunta, al igual que el de Cerro de Pasco, y localmente se completó con el acomodo gravitacional mediante bloques transversales como lo evidencia la Falla Smelter, Marcapunta Norte y otros (Diatrema Marcapunta). La falla longitudinal controló la sedimentación terciaria; atribuímos la deposición del Grupo Pocobamba a los movimientos tectónicos a lo largo de la falla longitudinal (FL) y la Falla Río San Juan Venenococha (FRSJV) que son los sistemas más importantes de la región.

La edad de Marcapunta fue fechada en 11.5 ± 0.4 Ma por K/Ar sobre biotita y la actividad hidrotermal en 10.8 ± 0.3 Ma por K/Ar en alunita (Vidal et al., 1984); Bendezú & Fontboté (2002) aportan edades Ar/Ar de 12.9 a 12.4 ± 0.1 Ma sobre biotita para el complejo volcánico; 11.6 a 11.3 ± 0.1 Ma para la actividad hidrotermal asociada a los metales preciosos y 10.8 a 10.6 ± 0.1 Ma para los metales base. Estas edades K/Ar y Ar/Ar son más o menos consistentes entre sí.

Mineralización y alteración

La descripción de los patrones hipógenos mineralógicos del corredor Smelter-Colquijirca nos conduce a proponer que son el resultado de la superposición en el tiempo y el espacio de tres etapas principales. Durante una etapa temprana de cuarzo-pirita, básicamente no se produjo depósitos de mineral económico, las rocas carbonatadas que rodean el complejo de Domo-Diatrema fueron reemplazados por cuarzo y pirita. Esto es seguido por la

etapa principal del mineral, que se superpuso en gran medida a los reemplazos de cuarzo-pirita y produjo una zonación de minerales y metales a lo largo del corredor Smelter-Colquijirca. La zonificación de minerales de Cu a Zn-Pb es compleja y comprende una serie de distintas y bien definidas zonas que muestran interfaces abruptas o graduales entre estas.

De las partes internas a las externas, estas zonas consisten principalmente en las siguientes asociaciones y ensambles minerales: 1) enargita \pm (luzonita, pirita, colusita, tennantita, goldfieldita, ferberita, telururos oro-plata, bismutinita, oro, alunita, zunyita, caolinita, dickita, esmectita, illita, sericita, cuarzo); 2) enargita \pm (pirita, cuarzo, bismutinita, alunita, dickita, caolinita, esmectita, illita, sericita); 3) bornita \pm (pirita, cuarzo, alunita, dickita, caolinita, barita); 4) tennantita, barita \pm (dickita, caolinita, calcopirita, minerales Bi- y / o Ag-portadores); 5) calcopirita, esfalerita, galena \pm (pirita, cuarzo, dickita, caolinita, barita); 6) esfalerita, galena, pirita \pm (hematita, caolinita, siderita, magnetita, marcasita); 7) zona de carbonato que contiene Zn; y 8) una zona exterior estéril que consiste principalmente en calcita. Las relaciones transversales y los patrones de zonificación indican que, durante la etapa principal de mineralización, las zonas interiores de Cu se superpusieron progresivamente las zonas de Zn-Pb. También, se reconoce la evidencia de la contracción posterior del frente de mineralización. Una fase de mineralización tardía controlada por fallas fueron el último episodio reconocido de mineralización en el corredor Smelter-Colquijirca, relacionado con la deposición de calcosita, digenita y covelita como vetas que cortan y reemplazan las diferentes zonas de Cu de la etapa principal del mineral, no siendo esto económicamente importante.

Las diferentes asociaciones y ensambles de minerales nos dan una idea de la química de los fluidos hidrotermales, particularmente la de la etapa principal del mineral. La acidez y el estado oxidación de los principales fluidos de la etapa de mineralización variaron considerablemente antes de una interacción significativa con la roca huésped. Esto se observa mejor en las zonas portadoras de enargita en las que la mayoría de los fluidos ácidos formaban grupos de alunita-zunyita-enargita y fluidos menos ácidos formaban conjuntos de esmectita-illita-enargita y de moscovita-enargita. El conjunto de ensamble caolinita-dickita-enargita estaba relacionado con fluidos de carácter intermedio entre los dos estilos de miembros finales. Las fluctuaciones significativas de acidez de los fluidos de mineral en las partes centrales del sistema de mineralización se interpretan para reflejar la mezcla entre cantidades variables de fluidos ácidos y oxidada magmática derivada de vapor y fluidos menos ácidos de baja a moderada formación de mineral salino de origen magmático (Bendezú & Fontboté, 2009) (figura 5.82).

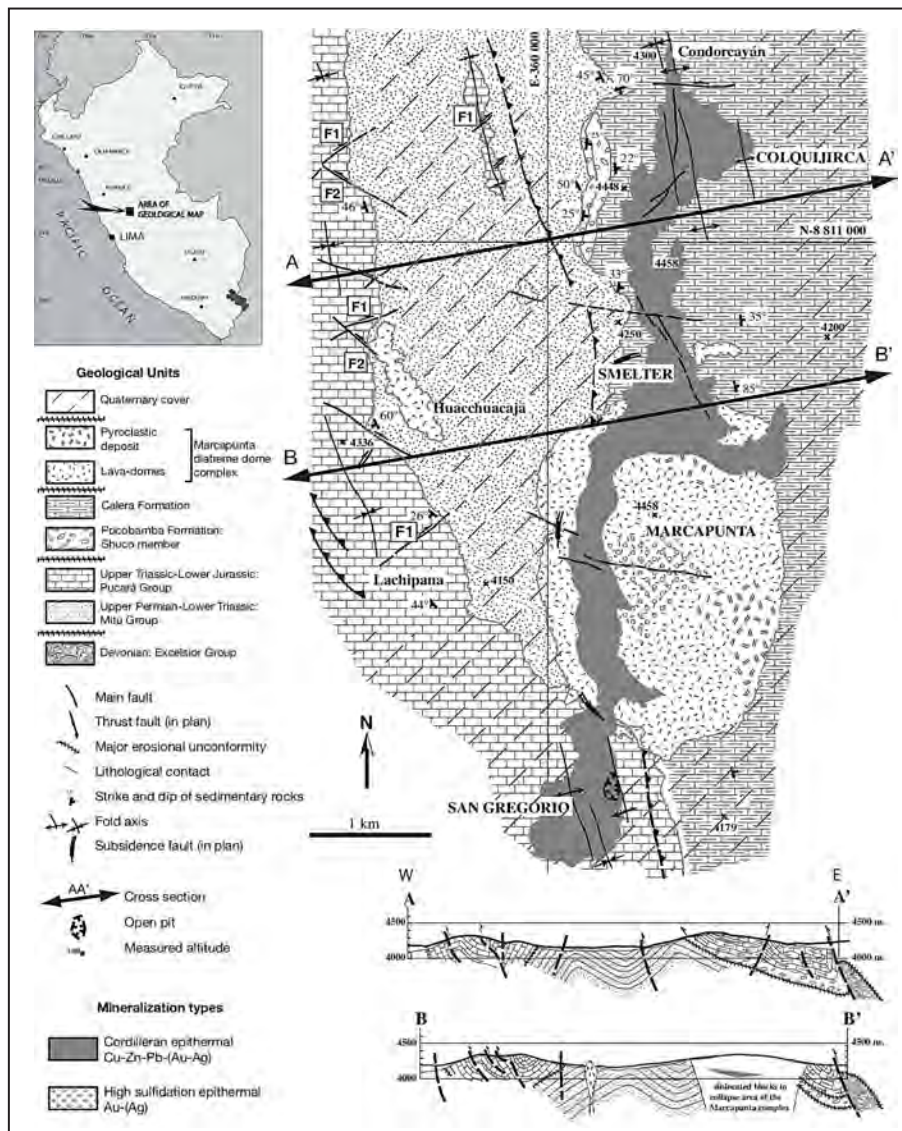


Figura 5.81 Localización y geología del distrito de Colquijirca.

Fuente: Bendezú & Fontboté (2009)

Alteración argílica avanzada, que se ha distribuido en las lavas ubicadas en las cumbres norte y sur del cono volcánico Marcapunta y la mayor parte de las lavas que se caracteriza porque los feldespatos han sido reemplazados por la alunita y la matriz por sílice.

Alteración argílica, se inicia con la invasión de alunita y sílice en los fracturamientos y produce el incremento paulatino de los metales preciosos.

Alteración sericitica ha sido observada entre las lavas situadas entre las cumbres norte y sur del cono volcánico Marcapunta y en los 236 m finales del SD-11. Este tipo de alteración se relaciona con la mineralización de Cu de las brechas mineralizadas. Se observa en el domo occidental que esta alteración parece no relacionada con la mineralización diseminada de metales preciosos, probablemente representa el halo más externo y estéril del ambiente porfírico reconocido en las "Brechas mineralizadas" (Caballero, 2012).

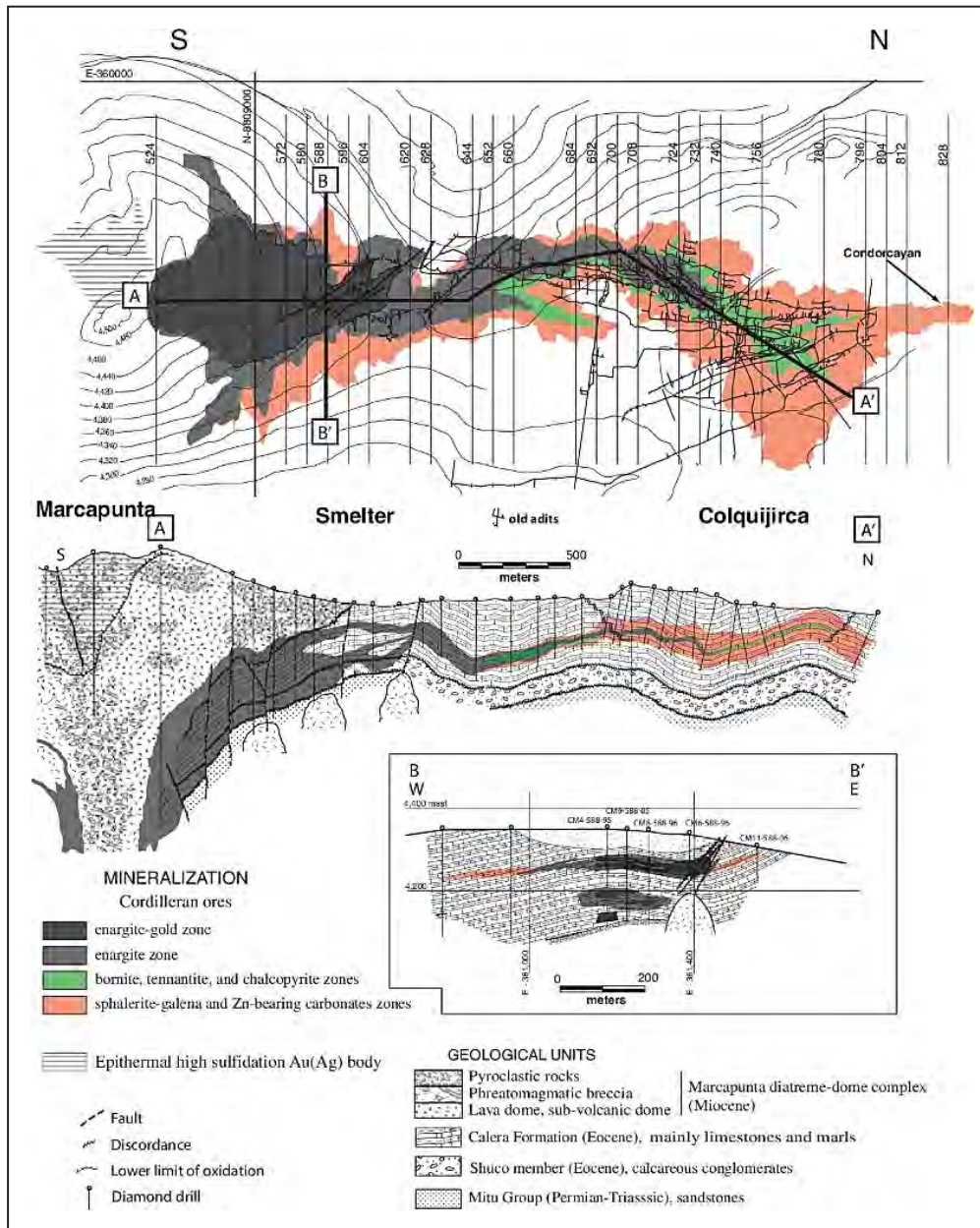


Figura 5.82 Mineralización sobreimpuesta en el distrito de Colquijirca

Fuente: Bendezú & Fontboté (2009)

Paragénesis

La configuración espacial de los cuerpos minerales, relaciones transversales a diferentes escalas, y el estudio de más de 150 secciones delgadas del bloque norte del distrito han permitido discriminar tres etapas minerales (figura 5.83). Las etapas son: 1) una etapa temprana de cuarzo-pirita que produjo el gran

reemplazo de cuarzo-pirita, básicamente árido, cuerpos de Smelter a Colquijirca; 2) el mineral principal etapa de minerales arsenicales de Cu- (Au), ubicados alrededor de la volcánica complejo en Smelter, y ricos minerales de Zn-Pb- (Ag) en la zona distal porción de Colquijirca; y 3) una etapa de mineral tardía que generó minerales de cobre sin oro, económicamente menos importantes, en Smelter (Bendezú & Fontboté, 2009).

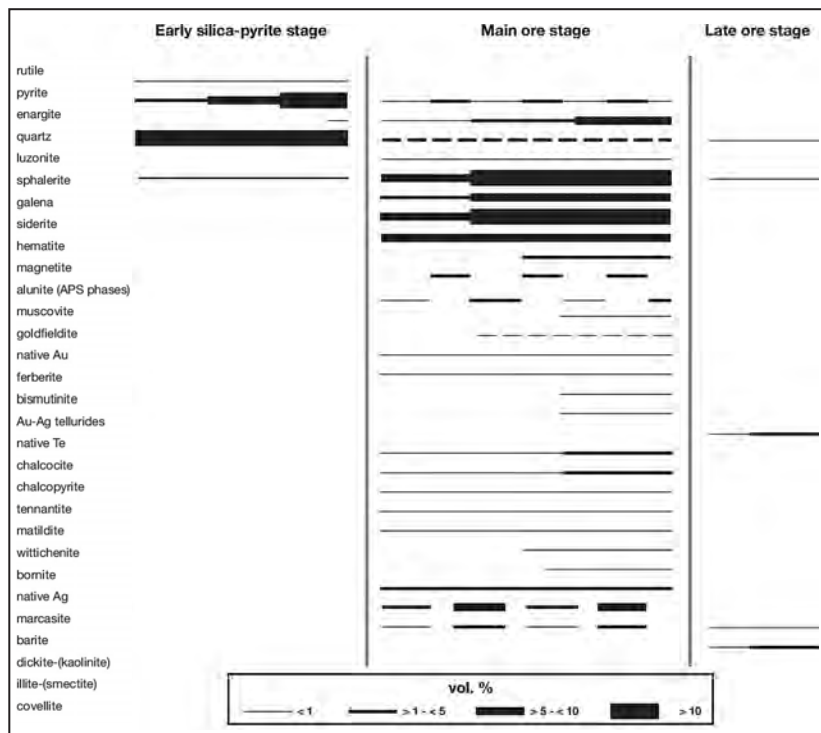


Figura 5.83 Paragénesis del distrito de Colquijirca.

Fuente: Bendezú & Fontboté (2009)

Distrito minero Cerro de Pasco

Geología

El gran depósito de metal base de Cerro de Pasco se encuentra en el margen este de un complejo de diatrema en el Mioceno medio (15.36 ± 0.03 Ma, Baumgartner et al., 2009) que forma parte del cinturón metalogénico Mioceno del centro y norte de Perú. Estudios previos (Lacy 1949, Ward, 1961, Einaudi 1968, 1977, Baumgartner et al., 2007 y 2008) definieron dos etapas principales de mineralización. De acuerdo con esta interpretación, durante la primera etapa, una característica es la tendencia NS del cuerpo masivo en forma de embudo, aproximadamente 1.5 km de longitud y 250 m de ancho, y se formó más de 550 m de profundidad con contenido de pirita-cuarzo en reemplazo del mineral que contiene pirrotita hacia el exterior en los cuerpos galena-esfalerita a lo largo del contacto oriental de la diatrema. Nuevos estudios, que han sido posibles gracias al acceso a nuevas áreas mineras y núcleos de perforación, permiten una interpretación alternativa. Los nuevos datos sugieren que los conductos de pirrotita están asociados a los cuerpos de reemplazamiento de plomo y zinc anteriores a la formación del cuerpo cuarzo-pirita.

Las zonas interiores de los conductos contienen cantidades menores de arsenopirita y hierro, esfalerita y trazas de calcopirita, galena y estannita en una secuencia de carbonatos del Grupo Pucará.

Alteración y mineralización

Un halo de alteración de cuarzo-sericita se observa en las rocas diatrema a lo largo del cuerpo pirita-cuarzo. Los conductos de pirrotita son reconocidos en la secuencia carbonatada. La segunda etapa de mineralización tuvo lugar en la parte occidental del depósito con una tendencia este-oeste del cuerpo mineralizado de Cu-Ag (Au-Zn-Pb) y vetas de enargita-pirita localizados en la diatrema. En la parte oriental, en la zona de Zn-Pb (Bi-Ag-Cu), se localizan cuerpos de reemplazamiento de carbonatos (figura 5.84).

El depósito del distrito minero de Cerro de Pasco (Cu-Zn-Pb-Ag), en el centro de Perú, se ha vinculado genéticamente durante mucho tiempo al adyacente centro volcánico e intrusivo del Mioceno conocido como "El Vent" (Graton & Bowditch, 1936; Cerro de Pasco Copper Corp., Geological Staff, 1950 –en adelante abreviado CdP–; Petersen, 1965; Einaudi, 1977 y 1982; Silberman & Noble, 1977; Rodgers, 1983). En Cerro de

Pasco, los tres principales sulfuros hipógenos están asociados en cuerpos de enargita-luzonita, esfalerita-galena-pirita masiva (pirrotita) y pirita-enargita volumétricamente en pequeña vetas que cortan la pirita masiva. Lacy (1949), Petersen (1965) y Einaudi (1977) describieron la mineralogía detallada de estos ensamblajes.

Los estudios de Baumgartner (2007), y Baumgartner y Fontboté (2008) caracterizan bien la segunda etapa de mineralización. Sin embargo, no se tiene conocimiento de nuevas investigaciones en la primera etapa de mineralización desde el informe de Einaudi (1968, 1977).

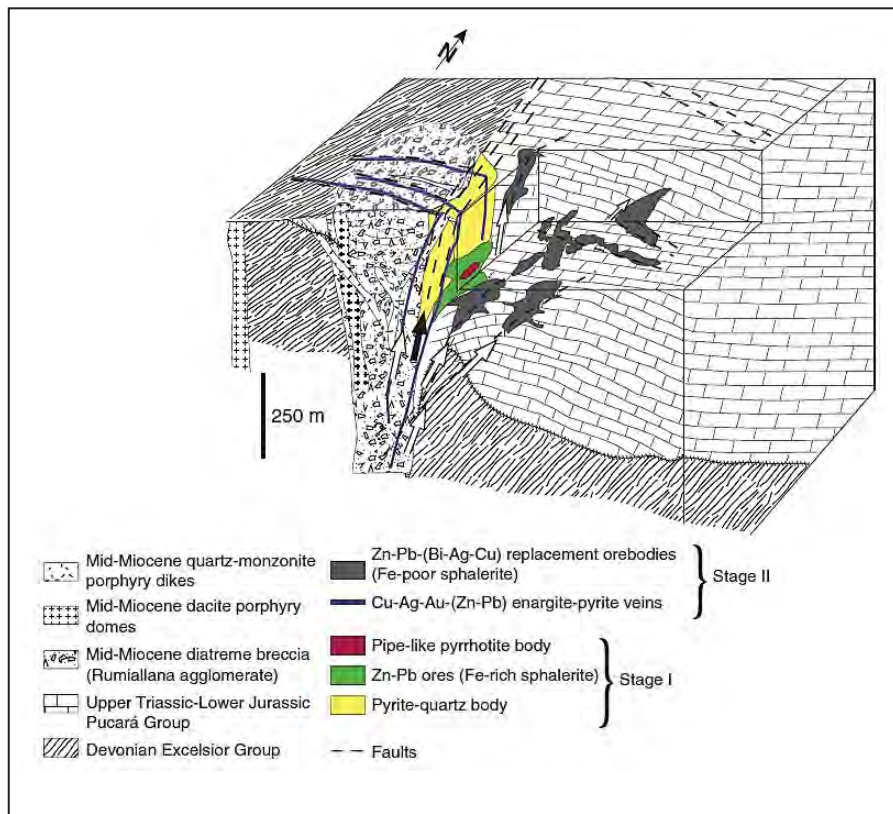


Figura 5.84 Diagrama en bloque del depósito de Cerro de Pasco.

Fuente: Baumgartner & Fontboté (2008)

Morococha

Marco geológico y estructural

El distrito de Morococha está localizado a 150 km al este de Lima, en la terminación noroeste del Domo de Yauli. El Domo de Yauli es un domo tectónico con una longitud de 30 km que en el distrito de Morococha está estructurado como un anticlinal de rumbo NNO. Las unidades más antiguas que ocupan el núcleo del anticlinal son rocas volcano-sedimentarias del Grupo Mitu, cuya atribución al Triásico (Rosas et al., 2007) ha sido recientemente confirmada (Spikings et al., 2016), conocidas localmente como "Volcánicos Catalina" (Terrones, 1949; Rivera y Kobe, 1983). Siguen rocas carbonatadas de edad Triásico-Jurásico del Grupo Pucará, con sus formaciones Chambará, Aramachay

y Condorsinga, areniscas y calizas del Grupo Goyllarisquizga (Cretácico inferior) y rocas carbonatadas de las formaciones Chúlec, Pariatambo y Jumasha (Cretácico superior). Las capas rojas de Casapalca (Terciario) descansan en discordancia sobre calizas del Cretácico superior en la parte suroeste del distrito (figura 5.85).

En el distrito de Morococha, vetas y cuerpos de reemplazamiento de Zn-Pb-Ag-Cu se hospedan en skarns y rocas carbonatadas que son parte de sistemas magmático-hidrotermales de tipo pórfido de edad Miocena desarrollados en pulsos sucesivos (figura 5.86), Cerro de Pasco Copper Corporation, 1948; Catchpole, 2011, Catchpole et al., 2015a y b; Petersen, 1965; Bartos, 1989), siendo las vetas polimetálicas los eventos de mineralización más jóvenes de cada pulso.

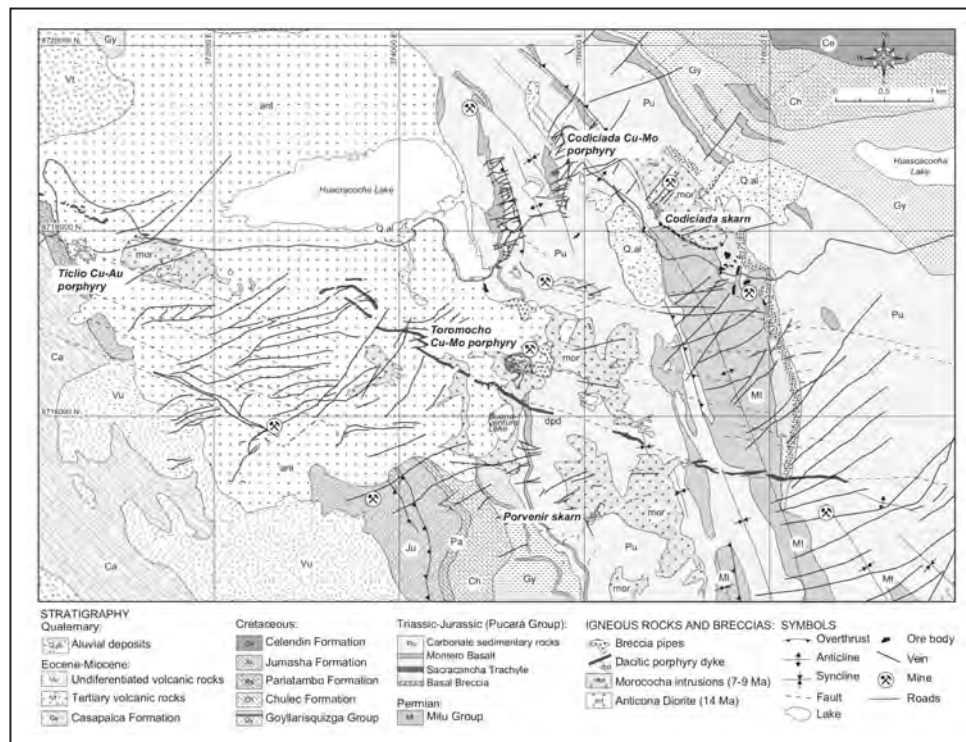


Figura 5.85 Mapa geológico del distrito de Morococha

Fuente: Kouzmanov et al. (2008)

Alteración y mineralización

La mayor parte de la mineralización polimetálica en skarn y en cuerpos de reemplazamiento en rocas carbonatadas se hospeda en la Formación Chambará, constituida principalmente por dolomías, y en menor grado por calizas, cuya potencia varía de 200 a 400 m dentro del distrito. La base es frecuentemente reemplazada por cuerpos de pirita y cuerpos polimetálicos. En la base de Chambará, se encuentran también cuerpos lenticulares de anhidrita de origen evaporítico; los cuerpos de anhidrita han sido en parte afectados por hidrotermalismo mioceno (Kouzmanov et al., 2011). La Formación Aramachay, de 70 a 140 m de potencia en el distrito, está formada por dolomías ricas en chert, y menor medida por limolitas y calizas. El origen del chert de las dolomías son espículas de esponjas silíceas; debido a su poca reactividad, las dolomías ricas en chert y en general la Formación Aramachay presentan pocos cuerpos polimetálicos de reemplazamiento (Rosas et al., 2014, Ritterbush et al., 2015). En la base de la Formación Condorsinga afloran coladas de basalto andesíticos y andesitas alcalinas del "Basalto Montero", con 15 m de potencia en promedio.

El distrito fue afectado por una importante actividad magmática postectónica. Los intrusivos más antiguos son la microdiorita Codiciada y la diorita Anticona, emplazados a 14.3 - 14.1 Ma (U-Pb, Bendezú et al., 2012, Beuchat 2003, Kouzmanov et al.,

2008), y que no presentan mineralización asociada (pudo ser erosionada, véase más adelante). La mineralización del distrito está relacionada a tres centros magmático-hidrotermales, siendo el más antiguo el de Codiciada (9.5 - 9.3 Ma, U-Pb y Re-Os, Bendezú et al., 2012, Catchpole et al., 2015b, Kouzmanov et al., 2008) y comprende intrusiones porfiríticas, skarn de contacto y un sistema de venillas de cuarzo y molibdenita. El centro magmático-hidrotermal de Ticlio incluye un stock de pórfido (8.3 Ma, U-Pb, Bendezú et al., 2012) con mineralización subeconómica de Cu-Au y una zona de stockwork de cuarzo, magnetita y escasa calcopirita con intensa alteración potásica. Muscovita de alteración filica está datada a 8.0 Ma (40Ar/39Ar, Catchpole et al., 2015b). Toromocho es el centro magmático-hidrotermal más joven y comprende un mínimo de cinco intrusiones emplazadas durante un periodo de 1.3 Ma (de 8.5 a 7.3 Ma, U-Pb, Kouzmanov et al., 2008), y por lo menos una fase de mineralización de tipo pórfido a 8.0-7.8 Ma (Re-Os; Beuchat, 2003) y otra de skarn a 7.2-6.9 Ma, que en su conjunto conforman el pórfido gigante de Cu-Mo de Toromocho (Catchpole et al., 2015b). Las vetas cordilleranas y cuerpos de reemplazamiento más importantes se han datado en 6.0-5.7 Ma (Catchpole et al., 2015b). Concomitantemente se registra levantamiento y exhumación de los centros magmáticos hidrotermales resultando en un importante telescoping y la preservación de solo los niveles profundos de los centros magmáticos más antiguos.

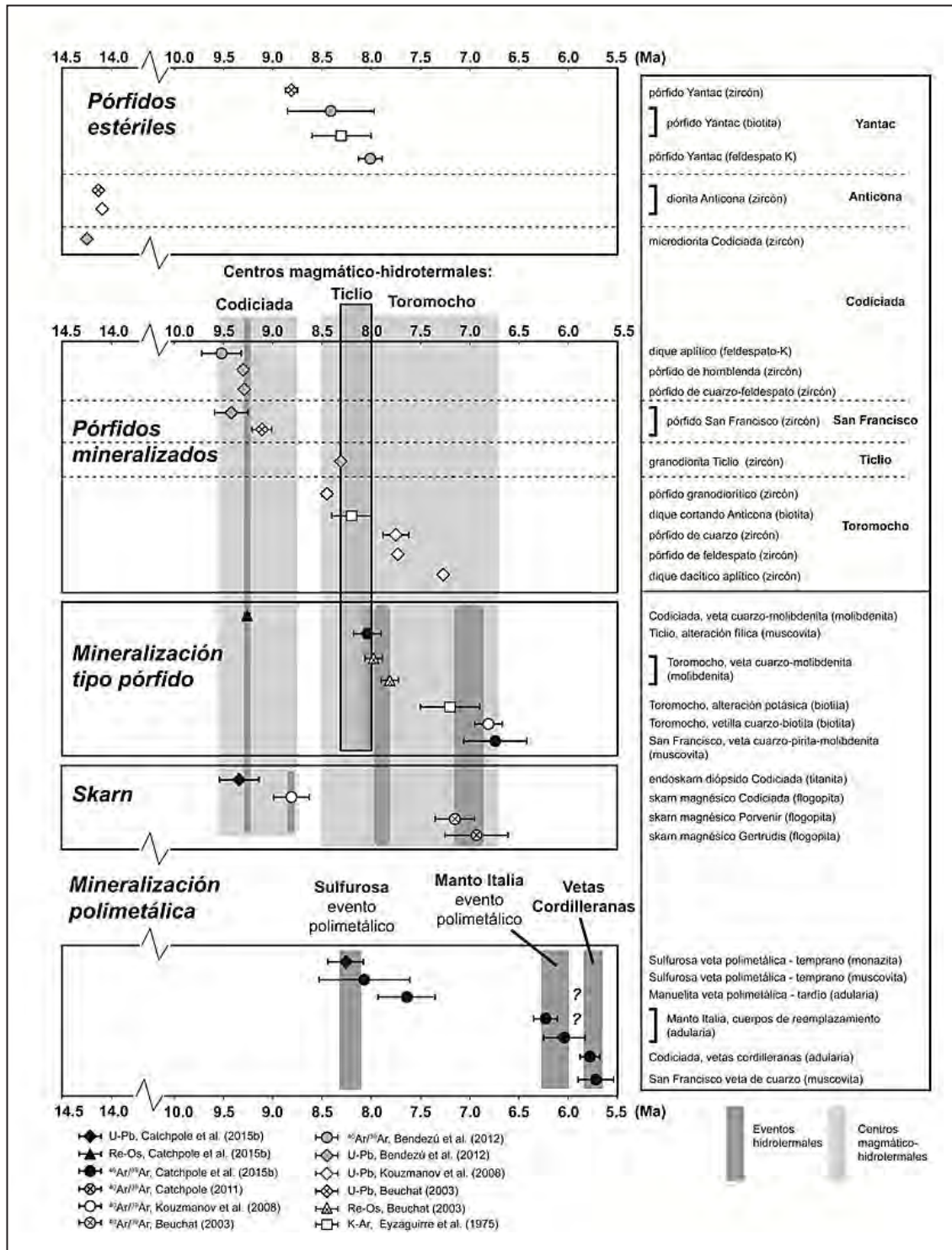


Figura 5.86 Diagrama de eventos magmáticos e hidrotermales en el distrito de Morococha.

Fuente: Catchpole et al. (2015)

La mayoría de los cuerpos polimetálicos hospedados en skarn y en rocas carbonatadas se desarrollan en dolomías, menos frecuentemente en calizas de la Formación Chambará. El Manto Italia es uno de los cuerpos polimetálicos económicamente más importantes del distrito de Morococha y fue escogido para un estudio de detalle. Este cuerpo tiene un espesor total de ~250 m y muestra una zonación constituida por: a) pirrotina y magnetita debajo del nivel 4400; b) esfalerita, galena y calcopirita en el nivel 4400, ensamble que constituye la parte del cuerpo Manto Italia más rico en mineralización polimetálica (cuerpos económicos de 20 m de potencia); c) mantos polimetálicos tardíos encima del nivel 4400. Las dos primeras zonas son mineralizaciones en skarn y la tercera es de tipo cordillerana hospedada en rocas carbonatadas. La pirrotina de la zona profunda (a), localmente masiva, se depositó al mismo tiempo que tremolita y talco; está reemplazada en parte por pirita, marcasita, magnetita y, en menor cantidad, por calcopirita. En la zona intermedia (b), los sulfuros de metales base reemplazan a pirrotina y a pirita. La esfalerita es rica en hierro (16-19 mol % FeS; Catchpole, 2011). Galena contiene inclusiones de minerales de Ag, Bi y Sb. En la zona (c), el ensamble mineralógico comprende pirita, esfalerita pobre en hierro, calcopirita, galena, tetraedrita-tennantita y hubnerita en una ganga de cuarzo, rodocrosita, calcita, y adularia; este ensamble es similar al encontrado en las vetas cordilleranas que cruzan todo el distrito de Morococha. Mineralizaciones polimetálicas cordilleranas económicas son también abundantes en otras partes del distrito, en particular en la base de la Formación Chambará cerca del contacto con los volcánicos Catalina; ejemplos son el Manto Ombla y el Manto Katty. Edades de 6.23 ± 0.12 y 6.0 ± 0.2 Ma ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Catchpole et al., 2015b) han sido obtenidas de adularia asociada a la mineralización polimetálica de los mantos tardíos en Manto Italia, es decir, edades cercanas a la edad de 5.78 ± 0.10 Ma obtenida sobre granos de adularia de una veta polimetálica en Codiciada ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Catchpole et al., 2015b).

Características de los estilos de mineralización del distrito de Morococha

Alteración tipo pórfido y la mineralización se reconocen en tres áreas: 1) Toromocho pórfido Cu (-Mo), de depósito en la parte central de la zona (marcado por la línea roja punteada); 2) la acción Potosí en el noreste; y 3) el Ticlio stock porfirítica recientemente descubierto en la zona más occidental. Solo los dos últimos se incluyeron en este estudio. Otros estilos de mineralización conocida en el distrito de Morococha incluyen los siguientes: a) endo- y exoskarns asociados con las intrusiones; b) cuerpos epitermal pirita-cuarzo encuentran en las zonas marginales de ciertos ataques y / o como sustitución de zonas de brecha previamente formados en el contacto entre las calizas Pucará y las rocas volcánicas del Grupo Mitu; c) los cuerpos polimetálicos epitermales ("mantos") con fuerte control litológica, organizada por las calizas Pucará como el reemplazo de zonas

de brecha y / u horizontes específicos; d) venas polimetálicos epitermales.

El sistema de pórfido Codiciada Cu-Mo comprende un conjunto ígneo de microdiorita, microdiorita porfídica, pórfido de cuarzo-feldespato e intrusiones de pórfido de anfíbol-biotita. Los análisis combinados de elementos trazan, realizados con herramientas como XRF y LA-ICP-MS, en el área de Codiciada, permiten definir las firmas petroquímicas de estas unidades de roca. Las anomalías negativas de Nb, Ta y Ti mostradas son indicativas de la configuración del arco magmático. Los patrones de REE normalizados con condrita muestran anomalías negativas en Eu que sugieren un fraccionamiento menor de plagioclasa, probablemente a niveles corticales poco profundos. El fraccionamiento intra-HREE (por ejemplo, Dy / Yb) sugiere una combinación de fraccionamiento de hornblenda y granate en la fuente de magma. Las rocas muestran constantemente contenidos de Sr > 600-700 ppm y contenidos de Y < 18 ppm permitiendo su clasificación como tipo adakita. Esto es consistente con la evolución inicial del magma en la base de una corteza continental engrosada (por ejemplo, Chiaradia et al., 2004). Los estilos de alteración en este sistema consisten en Na-Ca omnipresente, alteraciones selectivas potásica y fílica, así como silicificación. Las vetillas de estilo pórfido tienen composición de cuarzo-pirita-calcopirita \pm pirrotita, cuarzo-molibdenita y cuarzo-pirita-sericita. La molibdenita, la calcopirita y la pirita se producen en cantidades mucho más bajas, diseminadas en la roca alterada (figura 5.87).

El prospecto de pórfido Ticlio Cu-Au es una intrusión de granodiorita única que muestra un patrón de zonificación pronunciado con respecto a la mineralización y la alteración. Su parte central se caracteriza por la presencia de stockwork de cuarzo-magnetita de alta densidad \pm K-feldespato (figura 5.83). La zona que rodea el núcleo muestra una fuerte alteración del feldespato K con vetas de magnetita de baja densidad y de cuarzo-magnetita. Esta zona alberga pequeñas cantidades de calcopirita y bornita como diseminaciones y en vetillas. Au nativo se observa como pequeñas inclusiones en calcopirita. Las partes periféricas del sistema muestran alteración débil de biotita, feldespato K y actinolita, así como mineralización débil de calcopirita y pirita. La parte más distal del sistema de pórfido se caracteriza por una alteración propilítica débil.

Control estructural del área de Codiciada

Se analizó una gran cantidad de vetas, venas y fracturas en el campo. Las venas de pórfido de cuarzo-molibdeno y cuarzo se sumergen abruptamente, con un rumbo de N 110 °E a N 150 °E. Su orientación sugiere que estas venas posiblemente estén relacionadas estructuralmente con el emplazamiento de diques de pórfido de cuarzo-feldespato que se encuentran en el área de Codiciada y muestran la misma tendencia.

Las venas tardías de pórfido-cuarzo-sericita en etapa de pórfido, que tienen un grosor hasta 1 cm, cortan las venas de cuarzo-molibdenita. Estas venas muestran una orientación de N 70 °E no bien definida y una inmersión de 80 ° a 90 ° NO-SE. Este estilo de veteado está bien desarrollado dentro de las intrusiones.

Las vetas polimetálicas epitermales son el tipo de mineral económicamente más importante en el distrito de Morococha. Están controlados por fallas y pertenecen a dos sistemas principales: (a) fallas dextrales o sinistralas normales que afectan a N60-80; y (b) fallas dextrales normales que afectan a N20-30. Las evidencias de campo sugieren que el sistema N60-80 es anterior al N20-30. Ambos sistemas están enriquecidos en metales básicos, mientras que el N60-80 tiene mayores contenidos en cuarzo y pirita.

Las vetas polimetálicas que cortan todos los tipos de cuerpos de mineral descritos anteriormente son el último evento de mineralización en el distrito. Las venas individuales pueden alcanzar hasta 2 km de longitud. La asociación de minerales polimetálicos (p. Ej., Galena, esfalerita, calcopirita ± cuarzo y carbonatos) también se puede encontrar en algunas vetas de pórfido de pirita-cuarzo-sericita con tendencia al N 70 °E.

Inclusiones fluidas

Una inclusión fluida combinada y estable estudio de isótopos (C, O, S) en venas epitermales alojadas en carbonato en la parte distal del suroeste del distrito de Morococha revela temperaturas de formación de mineral en el rango de 240 a 270 °C de baja a moderada salinidad de fluidos de origen magmático-meteórico mixto. En

contraste, inclusión preliminar de fluidos datos sobre vetas polimetálicas epitermales alojadas por un stock porfírico en el área de Codiciada en el NE parte del distrito indica la formación de mineral a temperaturas tan altas como 370 °C, desde fluidos de salinidad intermedia y mezcla progresiva con fluidos más fríos y de baja salinidad, muy probablemente de origen meteórico. Los isótopos de azufre indican el origen magmático del azufre (-3 a + 5 ‰) en los diferentes tipos de yacimientos, de acuerdo con los datos reportados previamente para el distrito de Morococha (Petersen, 1972; Moritz et al., 2001).

Carhuacayan

Marco geológico y estructural

El yacimiento cordillerano polimetálico de Carhuacayán está ubicado a 4 km al NO de la localidad de Santa Bárbara de

Carhuacayán, departamento de Junín, a 180 km al NE de Lima, a una altitud de 4162 a 4585 m s. n. m.

En el proyecto, afloran carbonatos de la Formación Jumasha (Cretáceo superior) y hacia el tope, en discordancia angular, sedimentos continentales de la Formación Casapalca (Cretáceo superior-Paleógeno). Mediante perforación diamantina se ha identificado una unidad de transición a sedimentos silicoclásticos por debajo de la Formación Jumasha, en parte afectados por metamorfismo de contacto (hornfels) y cuarcitas que no han sido atribuidos a una unidad litoestratigráfica formal.

Una de las estructuras principales del área es el anticlinal Carhuacayán, de dirección NO-SE. Las fracturas, fallas y lineamientos más importantes en superficie son ONO-ESE, O-E y NE-SO; las vetas coinciden con las estructuras NE-SO, y en menor cuantía con las estructuras O-E (figura 5.87).

Alteración y mineralización

Se han distinguido las siguientes fases intrusivas (figura 5.90 y 5.91): a) Pórfido dacítico (PD) con un diámetro aproximado de 1.5 km; b) Brecha intrusiva con fragmentos de PD y en los bordes como brecha polimíctica incluyendo fragmentos de las rocas sedimentarias; c) Pórfido cuarzo feldespático (PQF) con un diámetro de unos 230 m que intruye la brecha intrusiva. En el PD se reconoce alteración filica y remanentes de potásica. El PQF desarrolla alteración potásica y filica, además de mineralización de Cu-Au con ocurrencia de calcopirita y pirita probablemente aurífera que en parte afecta a la brecha intrusiva, en la cual existen brechas subverticales hidrotermales. Localmente, algunos diques de diorita cortan a los intrusivos, y brechas freáticas subverticales cortan la brecha intrusiva.

Esta contribución se enfoca en la mineralización polimetálica (Zn-Pb-Ag) de La Tapada de tipo cordillerano en cuerpos y vetas que cortan toda la secuencia sedimentaria y fases intrusivas anterior y que es interpretada como el último evento del sistema magmático-hidrotermal de tipo pórfido que formó al PD y PQF con sus alteraciones y mineralizaciones asociadas. Bissig et al. (2008) reportan una edad de 8.2 ± 0.18 Ma (Ar-Ar en biotita) para un domo de dacita del yacimiento de Carhuacayán (probablemente el PD), y Noble y McKee (1999) una edad de 7.8 ± 0.2 Ma (K-Ar) en alunite de vapor magmático probablemente de un lithocap en Candelaria. La mineralización polimetálica sería, por lo tanto, ligeramente posterior a esta última edad. A 2 km al este se encuentra el pórfido de Santa Bárbara (7.9 ± 0.1 Ma, U-Pb en zircón; Zulliger, en Figueroa et al., 2019).

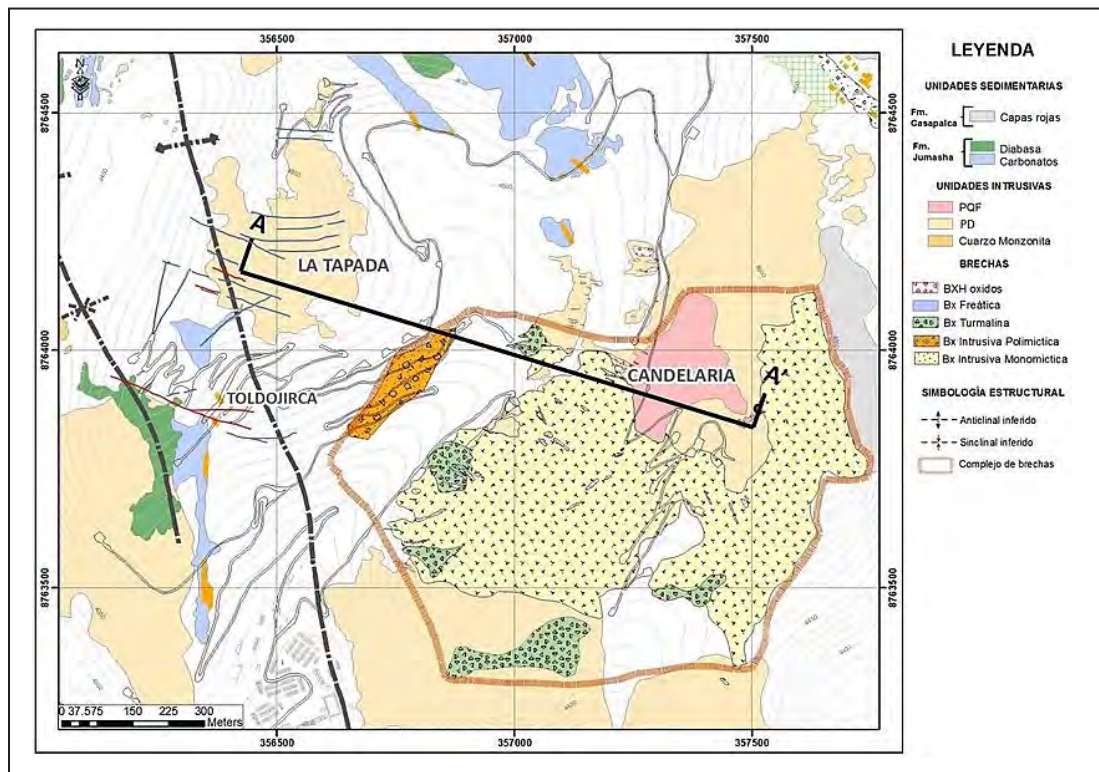


Figura 5.87 Mapa geológico del proyecto Carhuacayán.

Fuente: Bernaola et al. (2019)

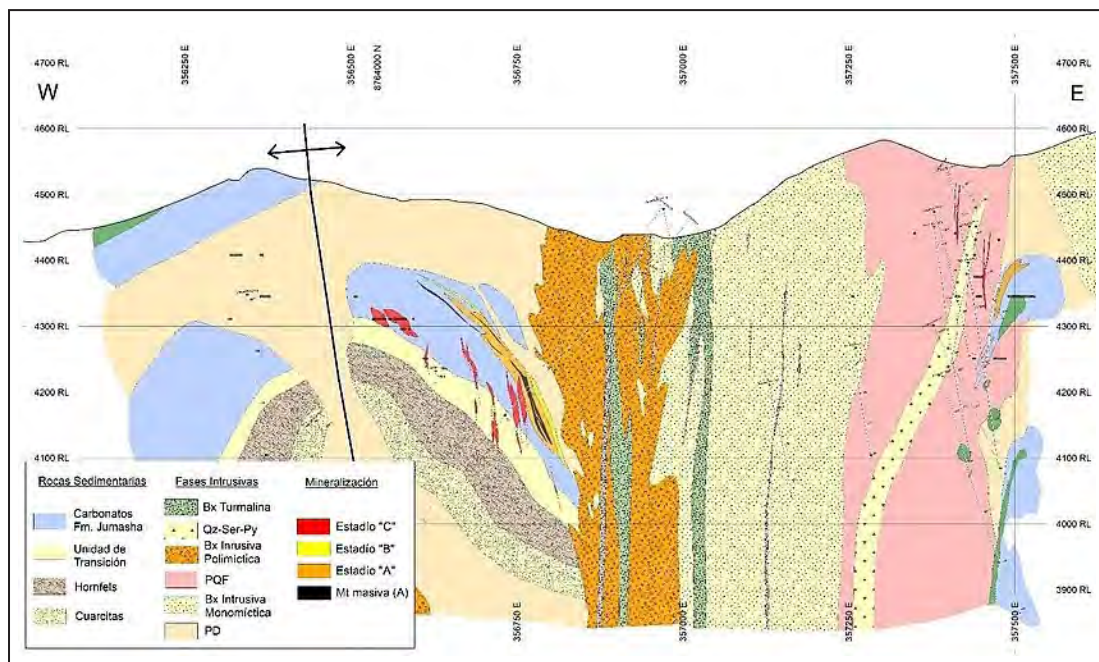


Figura 5.88 Sección geológica del proyecto Carhuacayán.

Fuente: Bernaola et al. (2019)

Se han identificado tres estadios de mineralización, que en analogía a los estadios reconocidos en el yacimiento de Cerro de Pasco (Rottier et al., 2018), se han denominados A, B y C. La mineralogía y alteración presentes en cada uno de ellos en La Tapada evidencian una transición de baja sulfuración a sulfuración intermedia en el fluido hidrotermal.

Estadio A

La mineralización de estadio A son mantos de reemplazamiento subparalelos a la estratificación, emplazados principalmente en la secuencia carbonatada y en menor medida en la unidad de transición a sedimentos silicoclásticos. En general, magnetita es el mineral más abundante seguido por pirrotita intercrecida con esfalerita rica en Fe de color marrón oscura y más clara en las partes más distales, dentro de un skarn de Mg conformado por serpentina, talco, brucita, tremolita fibrosa, fengita, flogopita, calcita y cloritas. Es posible que el Mg de este skarn provenga de una alteración hidrotermal previa y no de horizontes dolomíticos que no se aprecian en el área. Mucho menos abundante ocurre el skarn de granate andradítico y en el que no se encuentra mineralización del estadio A.

Este primer evento representa aproximadamente 2/3 de la esfalerita de La Tapada con una ley promedio de 3.57 % Zn sobre un recurso mayor a 5 Mt estimados a la fecha. En este estadio no se observa la ocurrencia de minerales de Pb, Ag y Cu. La mineralogía refleja condiciones reductoras y pH cercano a neutro (baja sulfuración).

Estadio B

El estadio B consiste en reemplazamientos de pirita típicamente idiomórfica y con macla polisintética que en algunas partes contienen Au (hasta 9.36 g/t en tramos de 1.1 m a lo largo del sondaje de pirita masiva). La alteración es cuarzo-sericita ± arcillas. Pirita B se presenta en mantos subparalelos a la estratificación y en parte como cuerpos subverticales; en este caso, también, en espacios abiertos. Las evidencias de corte de este evento permiten determinar que su emplazamiento fue posterior al estadio A. Este estadio, a pesar de sus contenidos en Au, por sí solo carece de importancia económica.

Estadio C

El estadio C está formado por sets de vetillas, vetas y brechas, todas subverticales de orientación NE-SO y algunas NO-SE.

Cortan los estadios anteriores y se emplazan principalmente en las unidades carbonatadas y de transición, en ocasiones también en hornfels, cuarcitas, PD y brechas intrusivas. En intersecciones con skarn de Mg y de granate, la roca de caja está frecuentemente mineralizada en diseminaciones y parches del estadio C. Las estructuras, con rangos que varían entre 5 cm y 1 m, están rellenas por cuarzo, carbonatos de Ca-Mg-Fe-Mn, pirita, esfalerita pobre en Fe, galena, cobres grises con alta razón As/Sb y contenidos de plata, además de trazas de calcopirita. Dentro de estas estructuras se pueden observar texturas tipo peine y crustiformes, evidenciando la sucesión de deposición de los minerales. Este tercer estadio de mineralización tiene gran importancia económica debido a la ocurrencia de leyes promedio de 4.18 % Zn, 3.00 % Pb, 3.27 oz/t Ag y puntualmente de Cu. En muchas de las estructuras de relleno ocurre caolinita e illita, lo que sumado a los minerales presentes reflejarían condiciones oxidantes y pH ácido (sulfuración intermedia).

Estadio post C

Es un conjunto de vetillas y vetas de calcita con contenidos menores de esfalerita, galena, calcopirita y trazas de arsenopirita que cortan y/o reabren todo lo antes descrito.

Recursos y reservas

De acuerdo con la Memoria Anual de Volcan (2020) se tiene recursos medidos e indicados de 3.6 Mt @ 3.6% Zn, 1.5% Pb, 1.5 oz/t Ag, y recursos inferidos de 6.5 Mt @ 3.4% Zn, 1.3% Pb, 1.3 oz/t Ag.

Quiruvilca

El yacimiento de Quiruvilca es una mina subterránea de metal base Ag, se ubica a 9 km de Lagunas Norte (figura 5.89). El depósito ha sido clasificado como una "zonación de Cu-Zn-Pb-Ag" o depósito "tipo Cordillerano" (Bendezú et al., 2008) en una base química polimetálica (Cu-Zn-Pb-Ag-Au), la zonación es de alta sulfuración en el centro a intermedia sulfuración en las márgenes, dominado por vetas ricas en sulfuros. Las temperaturas de formación de 300 °C - 350 °C (Bartos, 1987), exceden las temperaturas límites de un ambiente epitermal. Están más asociadas a depósitos tipo Cordillerano (Bendezú & Fontboté, 2009). Las vetas están asociadas principalmente a andesitas porfíricas masivas y rocas volcánicas andesíticas alteradas por alteración argílica a propilítica (figura 5.89).

pirita, arsenopirita y óxidos de hierro; los resultados de las muestras presentan anomalías de Au, Ag, Mo, Cu, Pb, Zn, As y Hg. La mejor zona mineralizada son los 200 primeros metros de la brecha comenzando desde el límite este; contiene enargita conspicua.

Vetas subvolcánicas

Se encuentran en los alrededores del campamento; son más de 24 vetas subvolcánicas accesibles hospedadas en el intrusivo granodiorítico (intrusivo Marcococha). Las vetas Gradas, Lagartija, Bonanza, Generosa y 22 de mayo son las que podrían aportar cierto potencial aurífero (arsenopirita, pirita, calcopirita, covelita, galena, estibina, cuarzo y óxidos de hierro); además del Au y la Ag, estas vetas presentan importantes anomalías de Cu-As-Sb y Pb-Zn-Hg.

Geología regional

Los rasgos estructurales mayores del substrato pre Terciario de la región de Cerro de Pasco son la falla longitudinal (FL) y la Falla del Río San Juan Venenococha (FRSJV). Por lo menos, la primera de estas fallas es probable que se trate de una estructura antigua. Su control sobre la sedimentación del Triásico carbonatado fue demostrado por Jenks (1951), atribuibles a la Formación Chambará, tal como es descrita por Megard (1968) depositados al E de la falla, contra los no más de 350 m de dolomías y calizas subordinadas de la misma edad, depositados al oeste de la FL. Estas últimas son las western facies de Jenks (1951) y aquí las denominaremos bajo el apelativo informal de Pucará occidental. La FRSJV fue postulada por Jenks (1951) y es en efecto necesaria para explicar el notable contraste entre el estado altiplanicie sudoccidental, abierto y simple de los anticlinales con núcleo Pucará, situados al oeste del Río San Juan. La notable participación del volumen situado entre la FRSJV y la FL (antiforma andina de Cerro de Pasco), como relieve tectónico alimentador de parte de los clastos de la Formación Shuco.

Geología local

El Grupo Excelsior comprende de filitas y pizarras gris parduscas de edad Devónico inferior y afloran al NE del Distrito de Colquijirca. Sobreyace en discordancia angular las rocas del Grupo Mitu (Pérmico superior - Triásico inferior) y están conformadas por conglomerados polimícticos con una matriz areniscosa que se intercala con delgados estratos de areniscas limolíticas.

Durante el mesozoico, el Grupo Pucará está compuesto por calizas de edad del Triásico – Jurásico inferior. Estas secuencias calcáreas presentan dos conjuntos de facies diferentes,

separadas por la falla longitudinal de Cerro de Pasco: Pucará Occidental (Noriano-Retiano) y Pucará Oriental (Formación Chambará: Noriano-Retiano). En el primero, la parte inferior la constituye una brecha tectónica de color gris verdosa que es conocido como “Brecha Basal”; esta se constituye por elementos subangulosos a subredondeados de cuarzo, dolomía y filita, el tamaño promedio es de 1 cm. En el segundo, está representado por la Formación Chambará, cuyos afloramientos se encuentran hacia el este de la Falla Longitudinal de Cerro de Pasco, se caracteriza por presentar calizas de textura mudstone de color gris oscuro en estratos de espesores delgados con presencia de nódulos de sílex (Caballero, 2012). En el Cenozoico se presencia únicamente el Grupo Pocobamba. Esta unidad litoestratigráfica está subdividida en tres formaciones: Formación Cacuán (capas rojas de Sacra Familia), Formación Shuco (conglomerado calcáreo Shuco) y Formación Calera.

Marcapunta

El control estructural en el distrito minero de Colquijirca jugó un papel predominante: A escala regional, la falla longitudinal de dirección N-S controló el emplazamiento del Complejo Volcánico Marcapunta, al igual que el de Cerro de Pasco, y localmente se completó con el acomodo gravitacional mediante bloques transversales como lo evidencia la Falla Smelter, Marcapunta Norte y otros (Diatrema Marcapunta). La falla longitudinal controló la sedimentación Terciaria, atribuimos la deposición del Grupo Pocobamba a los movimientos tectónicos a lo largo de la falla longitudinal (FL) y la Falla Río San Juan Venenococha (FRSJV) son los sistemas más importantes de la región.

La edad de Marcapunta fue fechada en 11.5 ± 0.4 Ma por K/Ar sobre biotita y la actividad hidrotermal en 10.8 ± 0.3 Ma por K/Ar en alunita (Vidal et al., 1984); Bendezú & Fontboté (2002) aportan edades Ar/Ar de 12.9 a 12.4 ± 0.1 Ma sobre biotita para el complejo volcánico; 11.6 a 11.3 ± 0.1 Ma para la actividad hidrotermal asociada a los metales preciosos y 10.8 a 10.6 ± 0.1 Ma para los metales base. Estas edades K/Ar y Ar/Ar son más o menos consistentes entre sí.

Mineralización y alteración

El cono volcánico Marcapunta ocurre a manera de flujo de lavas ácidas, domos, piroclásticos y brechas volcánicas asociadas al basamento subvolcánico de la Formación Calera con estratos permeables que han facilitado la circulación de fluidos mineralizantes, formando en conjunto un modelo de reemplazamiento hidrotermal de Cu con trazas de Au – (Ag) en la zona subvolcánica de metales preciosos de baja ley, diseminada en brechas, lavas y piroclásticos.

La mineralización de Marcapunta presenta tres fases:

- La primera es una fase profunda, que ocurre al parecer en todo el cono volcánico Marcapunta, formando los cuerpos tabulares de pirita-enargita emplazados en los conglomerados Shuco y en los carbonatos del Calera, ocurriendo como mantos y brechas mineralizadas.
- La segunda fase es superficial que ocurre dentro del diatrema y consiste en la mineralización de metales preciosos de baja ley diseminada en las brechas hidrotermales.
- Una fase final que conserva los valores auríferos en 7 vetas estrechas en franjas de cizallamiento que enriquecen las 2 fases iniciales.

Como un típico depósito, el halo de alteración es amplio en torno a las facies intrusivas. En general, los ensambles de alteración forman distintas zonas alrededor de las intrusiones mineralizadas, pero las condiciones de presión, temperatura y permeabilidad cambian durante el curso de la deposición mineral.

Alteración argílica avanzada, que se ha distribuido en las lavas ubicadas en las cumbres norte y sur del cono volcánico Marcapunta y la mayor parte de las lavas que se caracteriza, porque los feldespatos han sido reemplazados por la alunita y la matriz por sílice.

Alteración argílica se inicia con la invasión de alunita y sílice en los fracturamientos y produce el incremento paulatino de los metales preciosos.

Alteración sericitica ha sido observada entre las lavas situadas entre las cumbres norte y sur del cono volcánico Marcapunta y en los 236 m finales del SD – 11. Este tipo de alteración se relaciona con la mineralización de Cu de las brechas mineralizadas que se observan en el domo occidental; esta alteración parece no relacionada con la mineralización diseminada de metales preciosos, probablemente representa el halo más externo y estéril del ambiente porfirítico reconocido en las “Brechas mineralizadas”.

Zoneamiento

El cono volcánico Marcapunta ha sido la fuente principal de las alteraciones hidrotermales y la posterior mineralización cuya geometría horizontal forma una franja en dirección N-S de 4 km de longitud y 700 m de ancho; las observaciones in situ presentan cuatro zonas con sulfuración decreciente desde el centro hacia el norte y estas son:

Zona de Marcapunta Norte. Se caracteriza por los minerales de Cu cuya ocurrencia es la enargita y trazas de Au que reemplazan hidrotermalmente a las capas de Calera inferior y medio lugares de alta temperatura que se encuentran adyacentes al cono volcánico Marcapunta. El ensamble mineralógico en esta zona consta de enargita – luzonita, pirita principalmente, calcopirita y covelita.

Zona de Smelter. Entre la zona de Smelter y el lado sur del Tajo Mercedes – Chocayoc se tiene una gradación de la zona anterior (enargita – pirita) como una súper imposición al ensamble de Zn y Pb- Ag que ocurre en el tajo abierto.

Zona de Tajo Abierto. Aquí predomina la mineralización polimetálica de Zn, Pb, y Ag, cuya alteración en esta zona es la silicificación, caolinización y alteración a siderita, y al lado sur del Tajo en operación la ocurrencia de enargita y cobres grises en traza. Según la memoria anual de Buenaventura (2020), las reservas de Marcapuntason de 30.53 Mt @ 0.021 oz/t Au, 1.29% Cu y 1.04 oz/t Ag.

Huarón

Marco geológico y estructural

La unidad minera Huarón se encuentra ubicada en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, departamento de Pasco, que pertenece al flanco oriental de la Cordillera Occidental. La altitud de la mina se encuentra en 4530 m s. n. m., dentro de la hoja 23-K - Ondores.

La geología de la unidad minera Huarón es algo compleja por la presencia de numerosas fallas que cortaron principalmente a formaciones sedimentarias y/o volcánicas; se observa la Formación Casapalca, compuesta en su mayoría por marga de color verde, que pueden llegar a alcanzar diferentes tonalidades en su textura, grisáceo, parduzca, etc.; esto por las alteraciones que sufrieron al interaccionar con los fluidos hidrotermales del intrusivo monzonítico, típico de esta zona (figura 5.90).

Producto de la reactivación tectónica postintrusiva, originó un sistema de fracturamiento premineral transversal y paralelo al eje de pliegue, con el ascenso de los fluidos mineralizantes, que por presión estas reactivaron las fallas y se depositaron los metales en estas. Estos filones están limitados por dos grandes fallas de cizalla (Falla Llacsacochoa – Falla Huaychao/Cometa) que forman una “X” dividiendo al anticlinal de Huarón en cuatro sectores (figura 5.91).

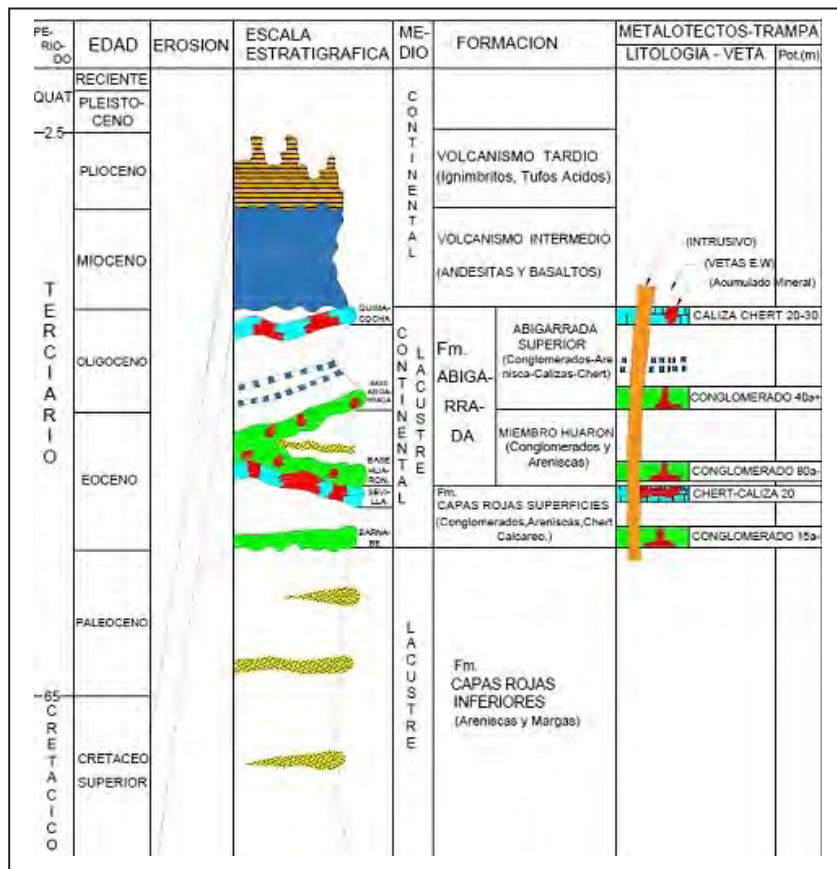


Figura 5.90 Columna estratigráfica de la unidad minera Huarón.

Fuente: Cruz (2017)

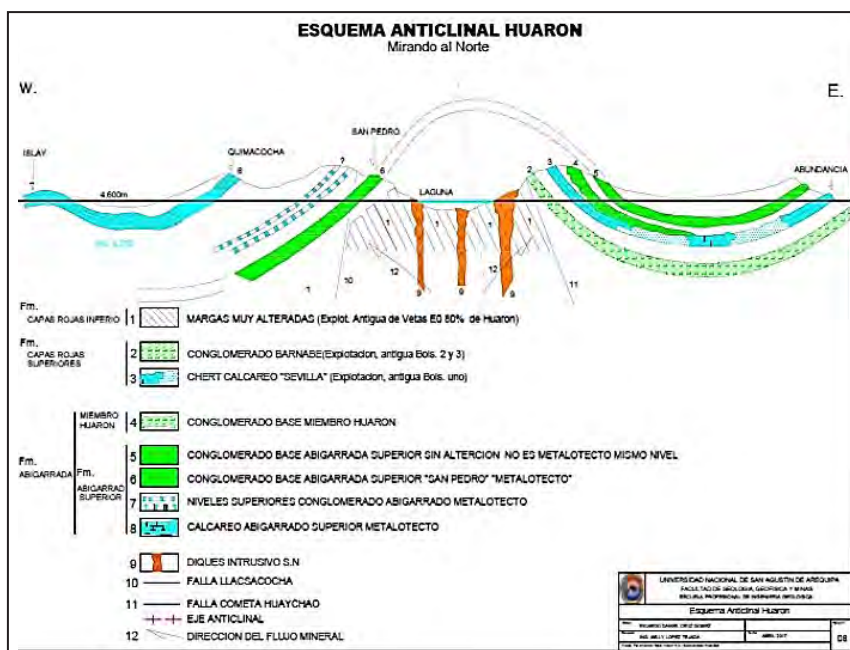


Figura 5.91 Sección geológica antidual Huarón.

Fuente: Cruz (2017)

Alteración y mineralización

El yacimiento polimetálico (Ag, Zn, Pb, Cu) de Huarón está formado por un sistema de estructuras mineralizadas, que tienen tanto en su forma como en su origen rasgos de un yacimiento sumamente complejo.

La mineralización está relacionada a diques monzoníticos del Mioceno (15 M.A.) y junto a las estructuras de tipo filoniano se distinguen mantos y cuerpos irregulares que ocurren en niveles estratigráficos favorables.

La observación detallada en estos últimos años de los diferentes tipos de mineral, de alteración hidrotermal y la distribución de estos dentro del yacimiento indican una paragénesis en extremo variada (ordenamiento de la mineralización de acuerdo con su origen), que conducen a distinguir tres etapas principales de mineralización asociados a diferentes tipos de alteración hidrotermal y a la apertura y reapertura de las estructuras. La presencia de muchos minerales dentro de una misma estructura tipo veta se interpreta como resultante de nuevos aportes, de removilización y así como procesos especiales de reemplazamientos.

La primera etapa o etapa de Fe-Zn-As (Sn)-(W) tiene lugar seguidamente de la ocurrencia del intrusivo y es contemporánea a la apertura de las estructuras. Está asociada a una alteración zonada de las rocas de caja: alteración silícica-potásica muy cerca de las vetas y una alteración de tipo propilitica en la periferia.

La segunda etapa o etapa de Cu-Pb-(Ag) -(Bi)-Mn-(Te) -(V) ocurre con una reapertura de las vetas de bajo efecto de una compresión horizontal N70° y muestra el desarrollo conjunto de la mineralización de enargita y de alteraciones tipo argílica, recortando el conjunto de zonas formadas en la primera etapa.

La tercera etapa o etapa de Sb-Ag se establece dentro de una fase de distensión y está caracterizada por la abundancia de cuarzo y una importante transformación de los minerales formados en las etapas precedentes.

Paragénesis y zoneamiento

La paragénesis del distrito de Huarón se especifica en cuatro flujos mineralizantes principales de mayor a menor

temperatura; sin embargo, se han identificado hasta ocho flujos mineralizantes, muchos de ellos no están bien estudiados; en el terreno se han realizado las siguientes observaciones que pueden variar en el futuro (figura 5.90).

- Las primeras vetas de Huarón fueron de cuarzo-pirita básicamente.
- La segunda mineralización fue de galena, esfalerita y plata con ganga de cuarzo-pirita.
- La tercera mineralización con blenda, galena y ganga de rodocrosita con alta ley de plata.
- Una cuarta mineralización con cuarzo, pirita y minerales, de cobre básicamente sulfosales (estos últimos pueden tener origen secundario).

Las estructuras de veta pueden tener dos o todas las fases de mineralización, pues han sufrido reaperturas. Se presenta un zoneamiento con respecto al buzamiento y tipo de mineral que contienen.

Mineralogía del mineral marmatita: Este mineral está constituido por las bolsonadas (Sevilla, Lourdes, Impactos y las vetas transversales al conglomerado San Pedro). Los minerales reconocidos son: pirita, marmatita, blenda, galena, mispiquel, carbonato de calcio, cuarzo, fluorita, y en proporción secundaria pirrotina, calcopirita, estannita, casiterita, scheelita, bismutinita, cobre gris, enargita, covelita, marmatita, bournonita, boulangerita, pirargirita, polibasita. Minerales de ganga son sericita, baritina, anatasa, cerusita, anglesita y plumbogummita.

Mineralogía del mineral de enargita: Principalmente, se halla en vetas, siendo las más representativas Travieso, Fastidiosa y Alianza. Los minerales constituyentes del mineral de enargita son: cobre gris, cantidades menores de wolframita, scheelita, casiterita, blenda, galena, bismutinita, hessita, marcasita, estannita.

Mineralogía del mineral de rodocrosita: Este tipo corresponde a vetas con rodocrosita como mineral de ganga, –por ejemplo, la veta San Narciso–, los minerales metálicos principales son pirita, blenda, galena, calcopiritas asociadas a cantidades menores de cobre gris, bournonita, pirargirita, polibasita, argentita, miargirita, estefanita.

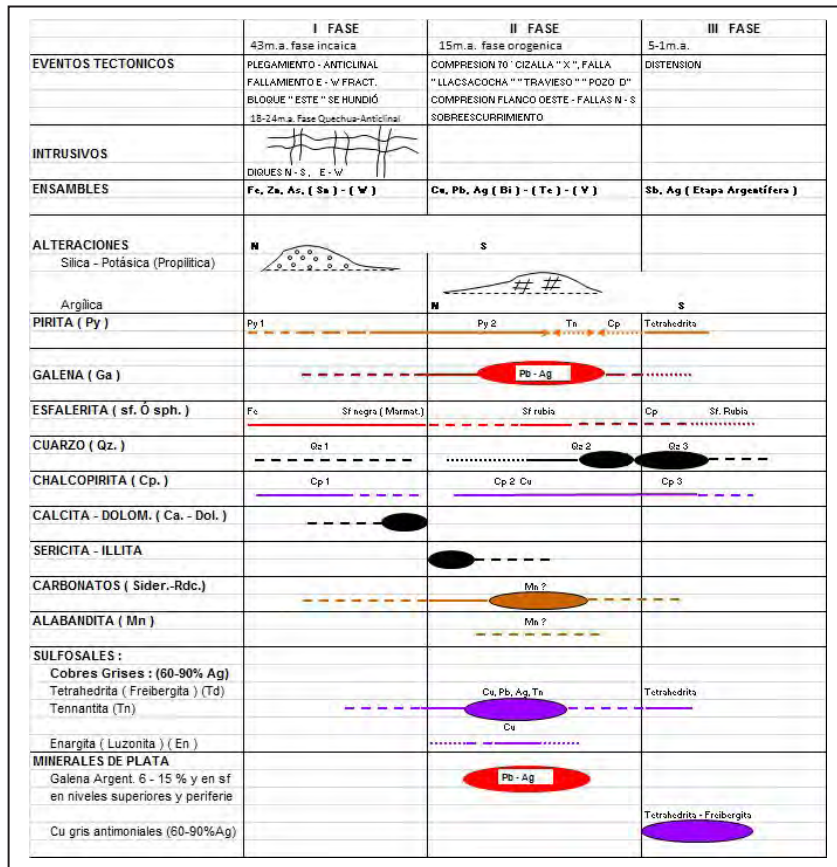


Figura 5.92 Paragénesis de la mina Huarón.

Fuente: Cruz (2017)

Huampar

Marco geológico y estructural

El proyecto Huampar se ubica aproximadamente a 80 kilómetros al noreste de Lima, en la parte sur del Cinturón Polimetálico Central del Perú, en el distrito de Huanza, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

La región está dominada por secuencias volcánicas andesíticas. Estos incluyen predominantemente tobas y flujos masivos intercalados que son variables en color, textura y grosor. También, algunas bandas dacíticas se encuentran en este lugar. Las capas intermedias sedimentarias silíceas y calcáreas menores se encuentran debajo de esta secuencia volcánica (figura 5.93).

La propiedad está atravesada por varias zonas de fracturas con tendencia ENE a gran escala (más de 5 km de largo). La mineralización controlada estructuralmente se aloja principalmente en sistemas de fallas venosas subverticales con tendencia ENE. Las vetas mineralizadas generalmente tienen longitudes de impacto significativas (más 1 km) y un potencial de profundidad considerable (más 800 m).

También, hay un grupo de diques porfíricos en etapas tardías que a menudo siguen fracturas con tendencia a ENE que son paralelas a las venas mineralizadas.

Grandes áreas de los fondos del valle están cubiertas de depósitos aluviales muy jóvenes.

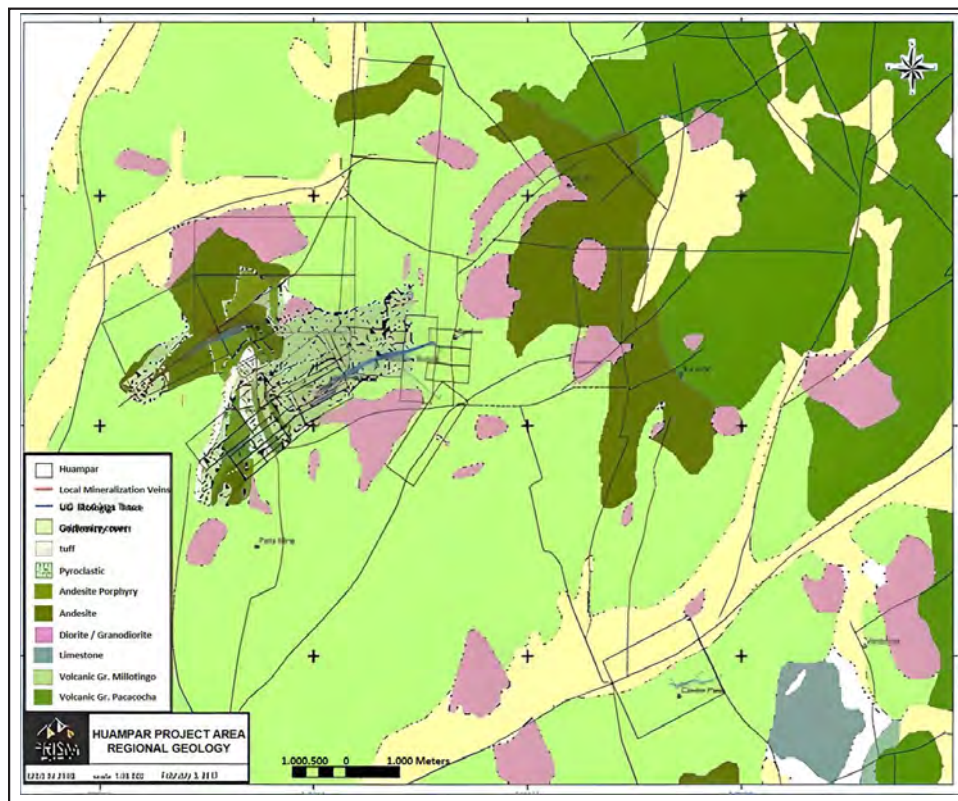


Figura 5.93 Mapa geológico del prospecto Huampar.

Fuente: Butler (2016)

Alteración y mineralización

El distrito contiene numerosos estilos de mineralización, muchos de los cuales se han extraído desde al menos la época colonial española. Estos incluyen sistemas de vetas polimetálicas (metales preciosos y básicos) de alta calidad (Huampar, Constancia-Coricancha, Casapalca y Morococha), reemplazo de carbonato polimetálico y depósitos de skarn (Poderosa, Felicidad, Casapalca y Morococha) y pórfidos de cobre (Toromocho).

La mineralización polimetálica de metales preciosos y básicos se aloja en sistemas de fallas epitermales-mesotérmicas laterales y verticalmente abruptas. Las vetas muestran múltiples (al menos cinco) etapas de mineralización con conjuntos minerales de sulfuro variables y texturas de ganga (cuarzo euhédrico colofome a grueso). Los minerales principales incluyen galena cristalina gruesa y esfalerita \pm calcopirita y tetraedrita. Los minerales de las pandillas son predominantemente cuarzo \pm pirita, siderita con menores cantidades de barita, moscovita y cinabrio. El oro ocurre como finas diseminaciones de oro libre tanto en sulfuros como en cuarzo.

La mineralización se explotó usando una combinación de métodos de extracción y relleno, y contracción de minería desde la superficie hasta profundidades que van desde 50 hasta 450 metros. Las minas polimetálicas similares en el distrito contienen mineralización económica verticalmente continua durante intervalos de 500 a 1000 metros, lo que sugiere un potencial de expansión adicional bueno a excelente en profundidad.

Los cuerpos de mineral son fallas polimetálicas llenas de vetas mineralizadas que varían de aproximadamente 0.4 a 2 metros de ancho alojadas predominantemente dentro de las volcánicas de Casapalca. Típicamente en Perú, estas estructuras pueden tener extensiones verticales muy grandes (aproximadamente un kilómetro) y horizontales (2 + km). Las estructuras de vetas en la propiedad son casi verticales con aproximadamente ataques E-O. Estas son estructuras venosas probablemente relacionadas con una llave inglesa (más probable) o una falla normal. Las estructuras pellizcan y se hinchan a lo largo de sus extensiones y tienen salpicaduras e intersecciones, junto con zonas de mineralización cada vez más débiles. Las zonas mineralizadas son vetas de cuarzo con aproximadamente 15 % de minerales de sulfuro; esfalerita, galena, pirita, calcopirita traza y algo de arsenopirita.

Yanque

Marco geológico y estructural

El prospecto Yanque Zn-Pb es un depósito no sulfuro ubicado a 20 km al norte de Santo Tomás y 1.5 km al oeste del depósito de

pórfido de cobre Dolores (figura 5.94). Otras dos ocurrencias de Zn-Pb, Yanque East y Puyani, ocurren a menos de un kilómetro al este y noreste del depósito Dolores. Estas perspectivas, así como el ya conocido depósito de zinc Accha (Boni et al., 2009), están siendo explorados actualmente por Zincore Metals Inc.

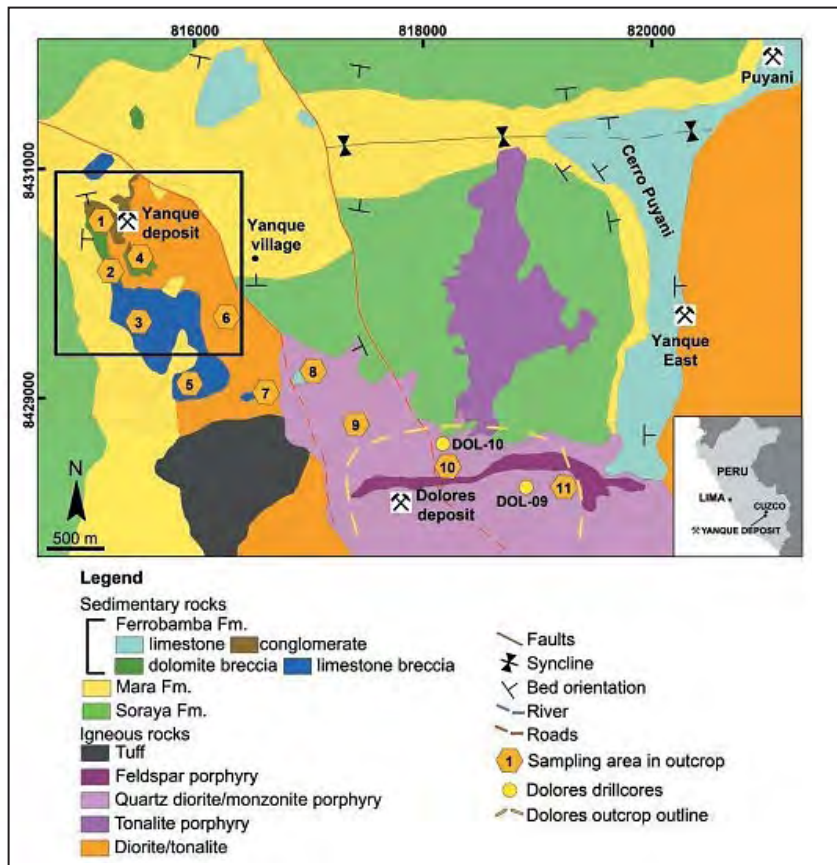


Figura 5.94 Mapa geológico del distrito Yanque-Dolores.

Fuente: Modillo (2014)

Los minerales no sulfurosos consisten en depósitos de Zn-Pb dominados por óxido formados después de la oxidación y la erosión de los minerales sulfurados primarios (Large, 2001; Hitzman et al., 2003; Boni, 2005). Los depósitos se caracterizan por una mineralogía compleja, que es muy variable dependiendo de los minerales de mineral de sulfuro primario.

La mineralogía puede ser simple (smithsonita, hemimorfita, hidrocincita), como en los productos de oxidación derivados de depósitos de sulfuro a baja temperatura (tipo Mississippi Valley, sulfatos masivos alojados en carbonato sedimentario), o complejos. Las mineralogías complejas se producen en minerales derivados de la meteorización de minerales a alta temperatura que contienen pirita alojados en roca de silicato

(sulfuros masivos alojados en volcanes, tipos de depósitos de reemplazo de carbonato; Hitzman et al., 2003).

En el área de Yanque Dolores, las rocas sedimentarias consisten en las formaciones Soraya, Mara y Ferrobamba. Al este, estas formaciones son truncadas por una apófisis del Batolito de Yauri, y al sur por rocas intrusivas que albergan la mineralización de Dolores.

La cuarzo-arenisca de la Formación Soraya se desarrolla en las partes norte y oeste del distrito y se gradúa de forma discontinua hacia la Formación Mara (Pecho y Blanco, 1983), que tiene un espesor variable. Tanto la Formación Mara como la Formación Ferrobamba suprayacente muestran variaciones de facies laterales en sucesiones estratigráficas correlacionadas en las secciones de Cerro Puyani y el depósito Yanque (figura 5.95).

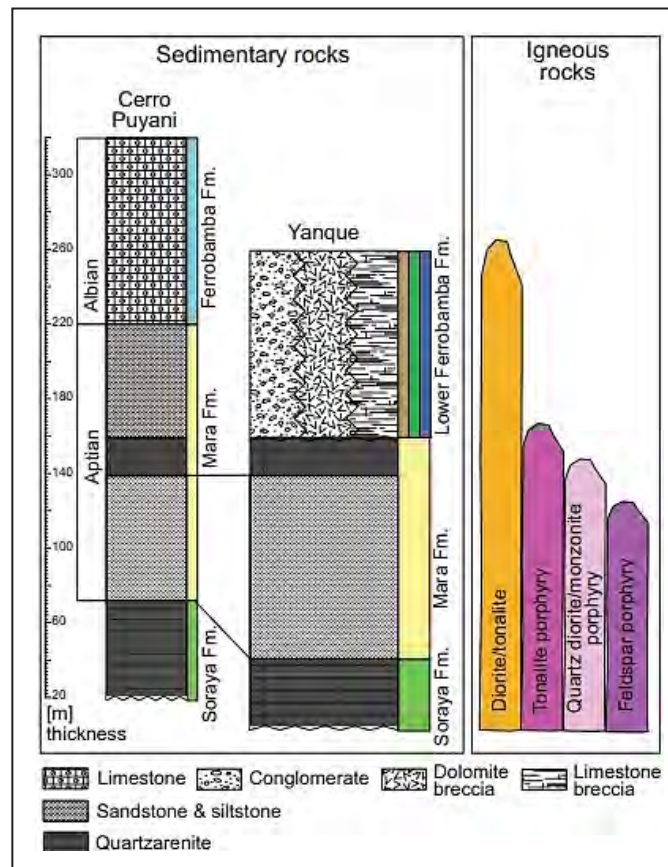


Figura 5.95 Columna estratigráfica del distrito de Yanque-Dolores.

Fuente: Modillo (2014)

Al este, en Cerro Puyani, la Formación Mara consiste en una secuencia de arenisca y limolita bien asentada, con un espesor total de 150 m. La secuencia se interrumpe en el medio por una cuarzoarenisca de 20 m de espesor, que subdivide la formación en una parte inferior y superior (figura 5.80). La Formación Ferrobamba en Cerro Puyani consiste en una sucesión monótona de lechos macizos y laminados de piedra caliza y dolomita, de color claro a gris oscuro, a menudo con grietas de barro y abundantes restos de minerales evaporíticos (figura 5.96b). En Cerro Puyani y Yanque, la piedra caliza laminada de la Formación Ferrobamba contiene gossans ferruginosos con restos de galena y barita.

Las rocas del área Yanque-Dolores fue sometida a deformación dúctil y frágil. Las rocas sedimentarias se ven afectadas por el plegamiento no cilíndrico y muestran un patrón complejo de deformación de interferencia de cúpula y cuenca, que indica la superposición de al menos dos conjuntos de eventos de deformación asociados con la orogenia incaica (Perelló et al., 2003). El centro del área de Dolores-Yanque es una gran estructura anticlinal en forma de cúpula, con cuarzoarenisca

de la Formación Soraya en su centro. La cuarzoarenisca fue introducida por el pórfido de tonalita, que fue en parte responsable de la estructura anticlinal en forma de cúpula. La estructura anticlinal se extiende hacia el norte hasta una línea de sincronización de tendencia E-O, con la Formación Mara en su núcleo. Al este, en Cerro Puyani, se producen carbonatos de la Formación Ferrobamba en el fango oriental del anticlinal. Las rocas ígneas también se deforman localmente: las zonas de corte frágil y las fallas a menudo ocurren en los límites entre las rocas ígneas y sedimentarias.

Alteración y mineralización

Mineralización primaria en Yanque

La mineralización de sulfuro primario del depósito de Yanque fue casi completamente erosionada y reemplazada por silicatos supergénicos (sauconita, hemimorfita), carbonatos (cerusita, smithsonita) e hidróxidos y óxidos de Fe y Mn. Solo se pueden encontrar algunos restos de galena, pirita y barita in situ; la esfalerita y la magnetita son extremadamente raras.

La asociación mineralógica y la alteración de la roca huésped (filo-argílica) sugieren una relación genética con el sistema hidrotermal magmático asociado con la formación del depósito de Dolores. Además, la mineralización en Yanque contiene una gran cantidad de manganeso (hasta 5 % en peso de MnO), como es comúnmente el caso en los minerales polimetálicos relacionados con el magma (Meinert et al., 2005). El manganeso se concentra en hidróxidos que eliminan metales en todo el yacimiento de Yanque. A diferencia de otros depósitos polimetálicos (Bendezú & Fontboté, 2009; Catchpole et al., 2011), donde el Mn ocurre principalmente en carbonatos (por ejemplo, rodocrosita), estos están ausentes en Yanque. La distribución estadística similar de elementos mayores (Zn, Pb) y menores (Ag, As, Cu, Sb) también indica el carácter polimetálico de la mineralización primaria de Yanque.

La fuerte alteración supergénica en Yanque y las discontinuidades estructurales entre Yanque y Dolores no permiten que se observen directamente las relaciones transversales entre los minerales Zn-Pb y la mineralización de pórfido Cu, como ocurre en Colquijirca (Bendezú y Fontboté, 2009) y Morococho (Catchpole et al., 2011) distritos. Sin embargo, el depósito de pórfido de cobre Dolores está rodeado de depósitos polimetálicos de Zn-Pb ± Ag ± Ba (Yanque, Yanque East y Puyani), un escenario típico de otros sistemas de cobre pórfido (Sillitoe, 2010).

Mineralización supergénea en Yanque

Las características geológicas de la mineralización primaria en el depósito de Yanque influyeron fuertemente en las características geoquímicas y mineralógicas del enriquecimiento secundario. Altas cantidades de pirita, que se encuentran en el halo del depósito de pórfido de cobre Dolores, tuvieron un papel importante en la génesis del depósito de no sulfuro. La oxidación de la pirita reduce el pH de los fluidos circulantes en la zona de oxidación y favorece la alta concentración de metales en las soluciones acuosas (Sangameswar & Barnes, 1983). El carácter polimetálico del depósito primario influyó directamente en la mineralogía de la mineralización secundaria en el depósito Yanque, que consiste principalmente en sauconita y cerusita con menos hemimorfita, con cantidades notables de óxidos e hidróxidos de Fe y Mn, y concentraciones apreciables de As, Ag, Ba, Sb y Sr (figura 5.96).

Recursos y reservas

Al 2012, el Proyecto Polimetálico Yanque (Zn, Pb y Ag), presenta recursos indicados de 26.5 Mt @ 2.37 % Zn, 2.18 % Pb, y recursos inferidos de 1.2 Mt @ 2.17 % Zn, 1.09 % Pb (Zincore Metals, 2013).

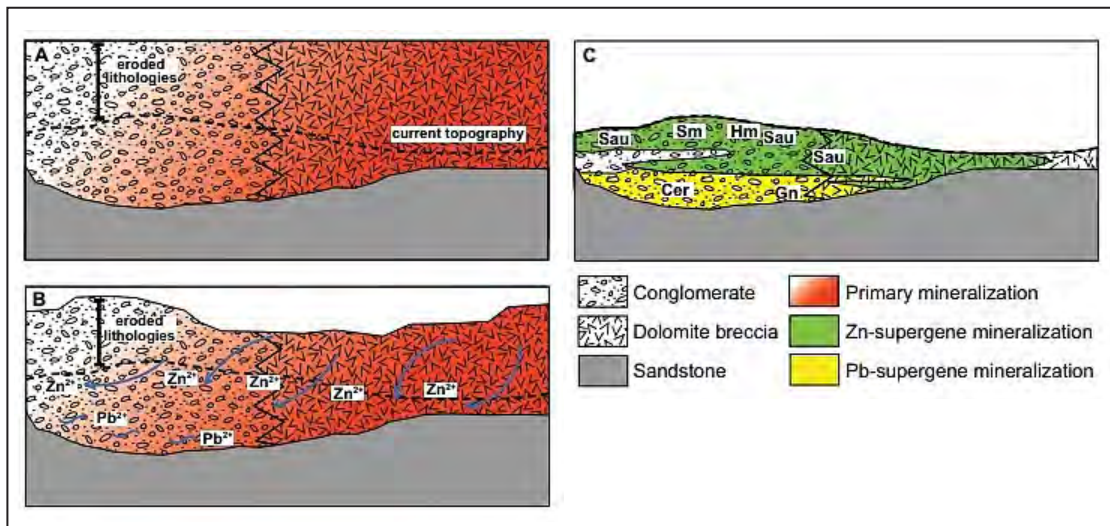


Figura 5.96 Modelo geológico de la alteración supergénica en Yanque.

Fuente: Modillo (2014)

San Cristóbal

Marco geológico y estructural

El Domo Yauli contiene dos de los mayores distritos mineros del Perú: Morococha y San Cristóbal. Ambos corresponden a clásicos yacimientos de metales base relacionados a intrusivos de alta temperatura hospedados en rocas carbonatadas, típicos de la franja metalogénica del Mioceno, en Perú Central.

El Domo Yauli está localizado a 100 km al este de Lima, en la Cordillera Occidental del Perú. El área está compuesta de filitas del Grupo Excelsior (Paleozoico), rocas volcano-sedimentarias del Grupo Mitu (Permo-Triásico), calizas del Grupo Pucará (Triásico-Jurásico) y rocas sedimentarias (Cretácico). La

compresión asociada a la fase Incaica, durante el Eoceno, produjo pliegues isoclinales y rampas de sobrescurrimiento en rocas de la cobertura sedimentaria y un sistema de fracturas NE-SO el cual afecta por completa al Domo Yauli. Lineamientos mayores de orientación 120° están presentes en el basamento y afectan toda el área. La posición de estos lineamientos coincide con el emplazamiento de los yacimientos mayores del distrito. En el distrito Morococha (sector norte del Domo Yauli), los afloramientos de rocas intrusivas son abundantes; aquí numerosos stocks monzograníticos intruyen a la diorita Anticona. Estos stocks monzograníticos están asociados a la formación de cuatro tipos diferentes de yacimientos: pórfidos cupríferos, skarn Zn-Pb, depósitos de reemplazo en rocas carbonatadas Zn-Pb± Ag y vetas (figura 5.97).

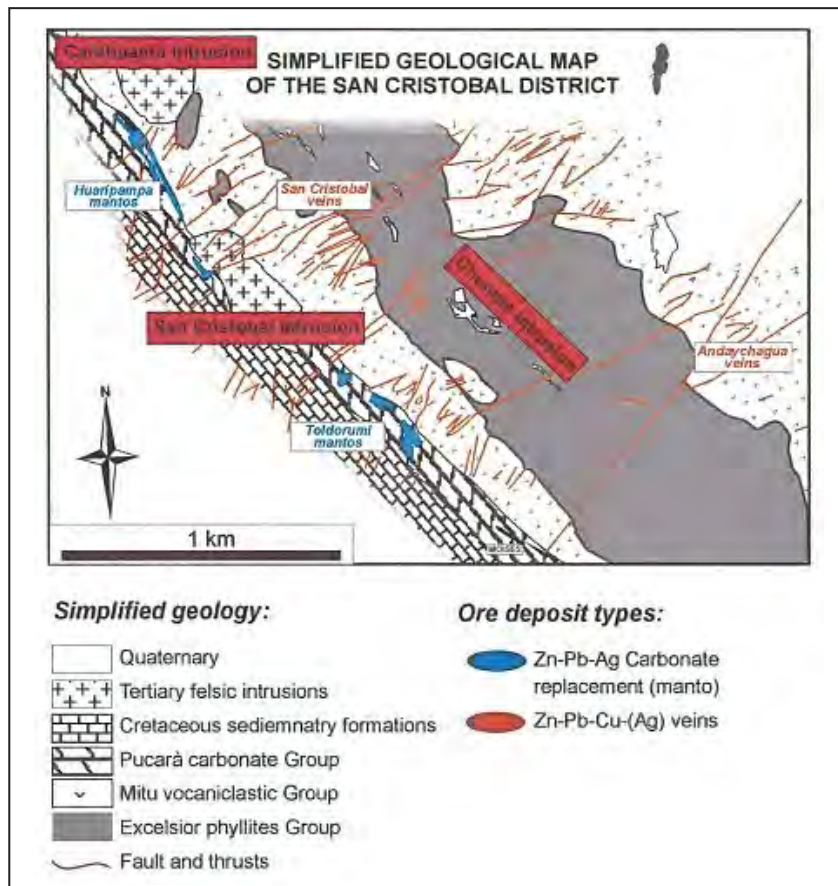


Figura 5.97 Mapa geológico del distrito de San Cristóbal.

Fuente: Beuchat (2003)

En el distrito San Cristóbal (sector sur del Domo Yauli), pequeñas apófisis del intrusivo Chumpe, intensamente alterado, son abundantes. En este distrito se reconocen solo depósitos polimetálicos de reemplazo en rocas carbonatadas y vetas, asociados al intrusivo Chumpe.

Alteración y mineralización

La alteración hidrotermal de las rocas volcánicas del Grupo Mitu y la intrusión del Mioceno adyacentes a las venas consisten principalmente en dos tipos de alteración: sericita-argílica y clorítica. La alteración sericita-argílica se reconoce en una zona de pocos metros y da como resultado la conversión de plagioclasa primaria, biotita y anfíbol en sericita, caolinita y dickita. Sericita ha sido fechada por Beuchat et al. (2001 b) a 4.78 ± 0.16 Ma. Esta zona también está correlacionada con el desarrollo generalizado de la pirita. Como ya señaló Pastor (1970), el volumen de la alteración sericita-argílica disminuye hacia el oeste. La alteración clorítica es de hasta decenas de metros de ancho y se caracteriza por el desarrollo de clorita y carbonato (figura 5.100).

Los depósitos de reemplazo de carbonato de alta temperatura de Zn-Pb-Ag son alojados por las rocas de carbonato del Grupo

Pucará y ocurren a lo largo del contacto con el Grupo Mitu subyacente; su posición coincide con la ubicación donde las venas se extienden desde las rocas de Mitu hacia las calizas de Pucará (Bartlett, 1984; Dalheimer, 1990). Incluso si el mineral de tungsteno temprano presente en las venas que cortan la intrusión de Chumpe está totalmente ausente en los cuerpos de mineral de reemplazo de carbonato, tienen una composición mineralógica muy cercana a las vetas con una etapa principal caracterizada por el depósito de pirita, esfalerita y galena. Esta etapa de metal base está precedida por la deposición de hematita especular y cristales de cuarzo automorfo de hasta 1 cm de largo. Los cuerpos de hematita ocurren preferiblemente cerca del contacto con las rocas volcánicas del Grupo Mitu. Esta etapa temprana está asociada a la alteración generalizada de las calizas dolomíticas del grupo Pucará convertidas en manganosiderita (Bartlett, 1984; Sallier, 2002). Esta alteración se desarrolla mejor cerca de los principales cuerpos minerales y disminuye hacia afuera produciendo una zonificación con un centro de hematita y una zona exterior de alteración de manganosiderita (figura 5.100).

Cuadro 5.3

Edades de mineralización del proyecto San Cristóbal

Intrusion, location	Magmatic mineral assemblage	Tentative of classification	Alteration	Ore deposit structurally related	Previous K/Ar age
Anticonadora diorite	Plagioclase, hornblende, biotite, quartz (apatite, zircon)	Quartz Diorite	Biotite and Hornblende => Chlorite, epidote, calcite, weak sericitation on plagioclase, pyrite dissemination	Uneconomic magnetite skarn type carbonate replacement close to Ticlio pass	8.0 +/- 0.2 Ma
San Pablo intrusion	Quartz, feldspar?, biotite?	Granite?	Very intense sericitation, chlorite	Victoria Cu, Zn, Pb carbonate replacement and Potosi skarn	
San Francisco intrusion	Plagioclase, quartz, K-feldspar,	Granite?	Potassic alteration in places with formation of K feldspar and shreddy biotite, overprint by strong quartz-sericite alteration	Cu-(Mo) Toromocho porphyry	
Gertrudis intrusion	Quartz, feldspar?, biotite?	Granite?	Very intense sericitation, chlorite	Gertrudis skarn and San Antonio Zn, Pb, Ag veins	
Yantac intrusion	Orthose, plagioclase, quartz, hornblende and biotite (sphene, zircon)	Granodiorite	Biotite and Hornblende => Chlorite, calcite, weak sericitation on feldspar, pyrite dissemination	Porvenir skarn and Zn, Pb, Ag veins	8.3 +/- 0.3 Ma
San Cristobal intrusion	Plagioclase, quartz, biotite (hornblende, apatite, zircon?)	Granodiorite	Illite, chlorite, pyrite and tremolite	Uneconomic skarnoids	
Chumpe intrusion	Quartz, K-feldspar, plagioclase, biotite (hornblende, apatite, zircon?)	Granite?	Intense pervasive alteration characterise by illite, kaolinite, pyrite, sericite and some alunite	San Cristobal and Andaychagua Zn, Pb, Ag, W veins system, Huaripampa and Tidorumi Zn, Pb, Ag carbonate replacement	

Fuente: Beuchat (2003)

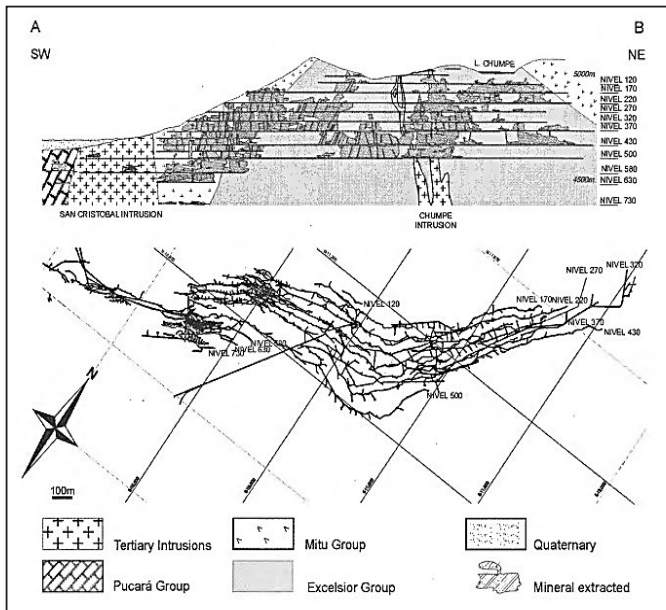


Figura 5.98 Sección y mapa de niveles de minado de la veta San Cristóbal. Fuente: Beuchat (2003)

Paragénesis y zoneamiento

El distrito de San Cristóbal se puede subdividir en dos zonas que muestran vetas con importancia económica, los sistemas de vetas Andaychagua y San Cristóbal. Las vetas de los sistemas Andaychagua y San Cristóbal tienen una secuencia mineralógica y paragenética similar. Sin embargo, los estudios en vetas específicas revelan pequeñas discrepancias en las fases accesorias, como la presencia de wolframita o sulfosales con contenido de Ag (Campbell et al., 1984; Stucky, 2001; Lisboa, 2002). La paragénesis consiste en tres etapas principales. La primera etapa, conocida como mineral de tungsteno, se caracteriza por cristales tabulares de wolframita y cristales automorfos de pirita, generalmente encerrados en cuarzo. El cuarzo es lechoso y muestra extinción ondulatoria en sección delgada. Algunos cristales en las sombras de presión de pirita y / o wolframita no muestran signos de deformación. Se pueden observar trazas de sericita y augelita en lugares (Campbell et al., 1984). La distribución de esta etapa temprana está directamente relacionada con la proximidad con la intrusión de Chumpe, como ya observó Pastor (1970). Por ejemplo, el mineral de tungsteno está totalmente ausente en las vetas que no cortan la intrusión de Chumpe. En los lugares raros donde se observan granos de wolframita muy pequeños, muestran texturas de brecha y están rodeados por la etapa de metal base. La etapa de metal

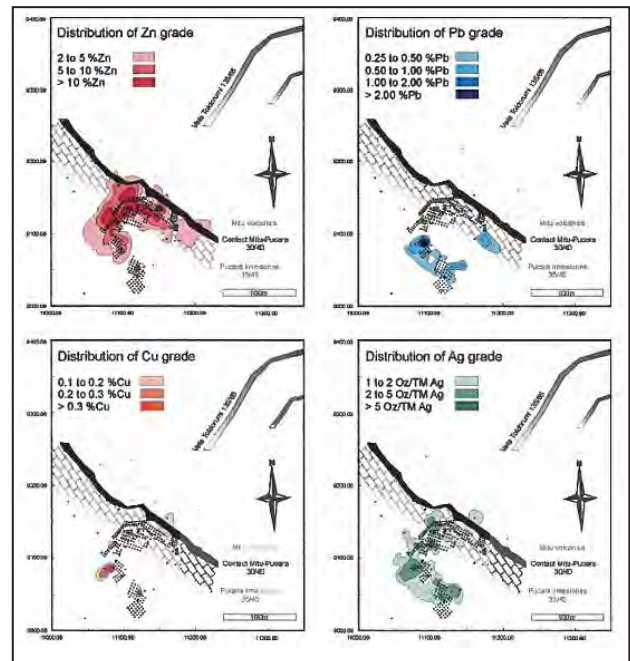


Figura 5.99 Mapa de distribución geoquímica de los elementos Zn, Pb, Cu y Ag de la veta Toldorumi, distrito San Cristóbal. Fuente: Beuchat (2003)

base es volumétricamente la más importante y está dominada por la precipitación de pirita, esfalerita, calcopirita, galena y cuarzo (figura 5.100).

Las texturas de brecha y concreción son comunes, y la secuencia de precipitación dentro de la etapa de metal base es parcialmente repetitiva. Durante el año 2000, las leyes de mineral fueron de alrededor de 6.1 % en peso de Zn, 1.1 % en peso de Pb, 0.24 % en peso de Cu y 3.5 oz / T de Ag (Compañía Minera Volcan, 2001). Estas leyes del mineral son muy variables, ya que los minerales del mineral no están distribuidos de manera equitativa. Por ejemplo, el mineral de Cu está altamente enriquecido en el contacto entre las rocas volcánicas del Grupo Mitu y las filitas Excelsior. Sin embargo, la zonificación de la ley del mineral, como lo señaló Pastor (1970), no fue confirmada por estudios detallados en las vetas 722 y Andaychagua (Stucky, 2001; Lisboa, 2002). Finalmente, la última etapa se compone principalmente de grandes cristales de cuarzo automorfo asociados a la deposición de carbonatos como la rodocrosita, la siderita rica en Mn y la ankerita. Cerca del contacto entre rocas volcánicas y calizas, cristalizan en vugs y desarrollan cristales romboédricos agradables y pueden ser seguidos por la deposición de barita. En otros lugares forman texturas más bien de colofome y, en lugar de barita, están presentes pequeños bolsillos de dickita.

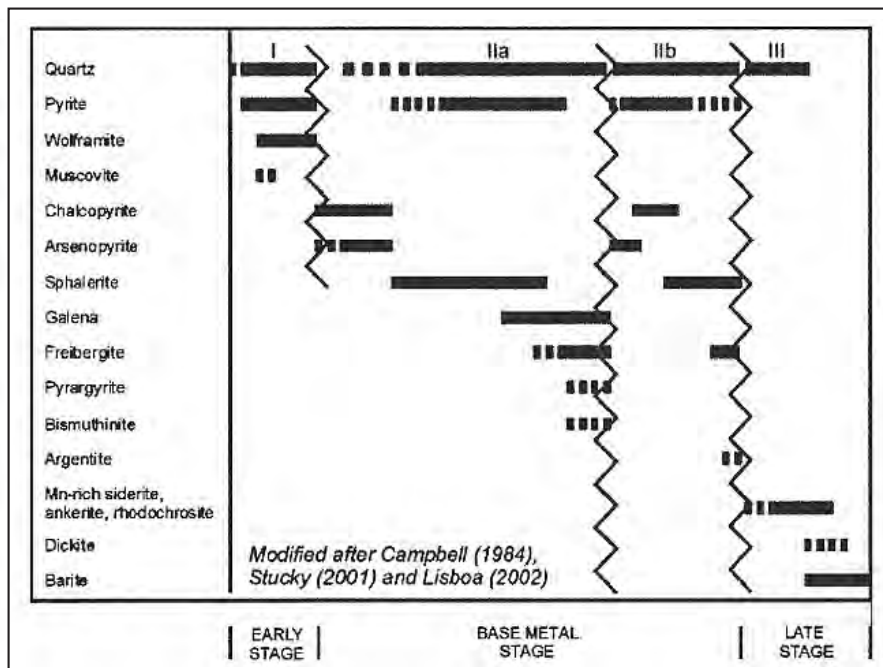


Figura 5.100 Secuencia paragenética de la veta San Cristóbal
Fuente: Beuchat (2003)

Inclusiones fluidas

En el distrito San Cristóbal, inclusiones fluidas en esfalerita y cuarzo se homogenizan en fase líquida entre 140 y 330 °C y son bifásicas (0.4 y 6.7 % peso NaCl) a temperatura ambiente; algunas de estas inclusiones de la etapa temprana, contienen un cristal adicional de halita (28- 50 % peso NaCl). Datos provenientes de las vetas, muestran un descenso en la temperatura de homogeneización junto a una disminución de la salinidad. A diferencia de las vetas, los datos provenientes de los depósitos de reemplazo en rocas carbonatadas muestran una amplia variación en la salinidad (3.3-14 % peso NaCl) a temperatura de homogeneización constante. Lo anterior puede explicarse ya sea por mezcla de un fluido relacionado al sistema de vetas y una salmuera caliente, o por ebullición del fluido que emigra de las vetas en las rocas carbonatadas. Wolframita, galena y esfalerita, provenientes de cada tipo de yacimiento, reportan similares composiciones isotópicas de plomo y son equivalentes a los valores reconocidos en los intrusivos del Mioceno. De acuerdo con la Memoria Anual de Volcan (2020), se tiene reservas de 9.3 Mt @ 5.1% Zn, 0.9% Pb, 0.2% Cu, 3.3 oz/t Ag.

Carahuacra

Es una mina de propiedad de Volcan Compañía Minera ubicada en el distrito y provincia de Yauli, sus coordenadas geográficas de referencia son 76° 04' 09 longitud O y 11° 42' 50" latitud S,

a una altitud de 4600 m s. n. m. Es accesible por la carretera central tomando un ramal de 18 km desde Pachachaca.

La mina está localizada en el lado occidental del anticlinal de Yauli, conformado por estratos del Grupo Excelsior, Mitu y Pucará. Las vetas y mantos se desarrollan en las rocas calcáreas de la parte inferior del Grupo Pucará; las vetas tienen direcciones N60°- 85°E y buzamiento subvertical. La alteración principal es por dolomitización de las calizas. La mineralización en mantos se da en dos horizontes conocidos como Viejecito y Principal, presentando minerales económicos de esfalerita ferrosa, pirita y trazas de calcopirita, y minerales ganga de cuarzo, hematita y magnetita. La mineralización epitermal presenta sulfuros como esfalerita, galena, pirita, marcasita y tetraedrita, y minerales ganga de cuarzo, dolomita, rodocrosita, siderita, yeso y barita.

Durante el 2013, en la mina Carahuacra se extrajeron y beneficiaron 346 mil toneladas de mineral con leyes promedio de 7.33 % Zn, 0.25 % Pb, 0.07 % Cu y 1.99 oz Ag/TM. La producción promedio de la mina se consolidó en 950 tpd.

En su Memoria Anual 2020, Volcan Compañía Minera indica las reservas estimadas de 2.0 MM Mt con 0.0% de Cu, 0.9% de Pb, 4.8% de Zn y 3.0 Oz/t de Ag. Además, Recursos (medidos + indicados) 7.7 MM TM con 3.3 Oz/TM de Ag, 0.1 % de Cu, 0.9 % de Pb, 6.1 % de Zn. Inferido 4.5 MM TM con 4.4 g/t de Ag, 0.1 % de Cu, 1.2% de Pb, 7 % de Zn.

Cercapuquio

Se trata de un yacimiento de plomo y zinc, con varias bocaminas como Cercapuquio y San Jorge que estuvieron activas hasta la década de 1950. El zinc se encuentra bajo la forma de brunckita asociada con galena, que contiene un elevado porcentaje de cadmio. La mineralización se da en vetas rellenando fisuras y poros; estas estructuras siguen niveles de arcilla interestratificadas en calizas de la Formación Sarayaquillo.

Chanchamina

Esta mina abandonada se ubica en el distrito de Leticia, provincia de Tarma, sus coordenadas UTM de referencia son 414 530 E y 8 741 510 N. La mineralización está relacionada a un intrusivo que corta a rocas de edad Paleozoico superior y Triásico. Los cuerpos mineralizados presentan leyes de 3 g/t de Au, 15 oz/t de Ag y 10 % de Pb. La compañía Cementos Andinos estuvo explotando sus óxidos de hierro como insumo en la fabricación de cemento.

Gran Bretaña

Se trata de una mina abandonada que se ubica en la provincia de Jauja, sus coordenadas UTM de referencia son 440150E y 8657070N, situada en la hoja de Yauyos (25-I). La geología del área está conformada por afloramientos de calizas del Grupo Pucará y areniscas del Grupo Goyllarisquizga.

La mineralización se da en cuerpos lenticulares, con minerales de esfalerita, y escasamente galena, pirita y calcopirita, como ganga se tiene baritina, rejalgar y oropimente, también se presenta minerales de Mn como franklinita, pirolusita y psilomelano rellenando fracturas. Las leyes promedio son 2.5 % de Zn y 35 % de Ni, encontrándose las mayores concentraciones de Mn en las zonas de fuerte fracturamiento. Este depósito se considera de reemplazamiento y concentración residual y supergénica.

Don Mario

Es una mina abandonada situada a 6 km de la localidad de Cercapuquio. Presenta estructuras mineralizadas con mena de galena y esfalerita con cadmio, desarrollado en las calizas de la Formación Condorsinga.

Manón

Estas labores abandonadas se ubican cerca de la laguna Azulcocha, en el cuadrante SO de la hoja de La Oroya. El marco geológico está conformado por estratos de la Formación Jumasha y granodioritas del stock de Tuyujuto, que produjo una fuerte marmolización y cuerpos de skarn con abundante granate,

asociada a calcita, diópsido y wollastonita, a lo que se añade mineralización de pirita-calcopirita.

Rosalía

Se trata de una mina abandonada que se ubica a 2.5 km al NE del área de Chanchamina, provincia de Tarma, sus coordenadas UTM de referencia son 436 270 E y 8 771 670 N. La mineralización se presenta en vetas de oro de más de 0.30 m de ancho, asociado a un dique lamprófidico, habiéndose obtenido leyes promedio de 1 oz/t de Au y 4 oz/t de Ag.

San Carlos

Estas labores se ubican en la esquina noroeste de la hoja de Satipo (23-n), a ambos márgenes de la quebrada Huaritanga. Se accede por una trocha carrozable de 5 km de longitud que sale de la carretera Acopalca-Huari. La mineralización se desarrolla en el contacto entre las calizas del Grupo Pucará y las coladas del Grupo Mitu, se tratan de vetas con mena de calcopirita y otros óxidos de cobre.

San Pablo

Esta pequeña mina se encuentra sobre estratos calcáreos del Grupo Pucará que presentan orientación de N40°/27°O. La estructura mineralizada presenta una dirección N36°E y buzamiento de 85° al SE, tiene un ancho de 1 m, y consiste principalmente de óxidos y sulfuros de Pb y Zn. Los minerales de mena son la galena, esfalerita y sericita, y los minerales ganga son limonita, calcita y poco cuarzo. La ley promedio es de 3.9 oz/TC de Ag, 13.67 % de Pb, y 24.22 % de Zn.

Santa Isidora

Esta labor se encuentra ubicada en el sector de Carnicero, a 19 km al NE del poblado de Masma Chicche, distrito de Apata y provincia de Jauja. En marco geológico, corresponde a pizarras y esquistos del Grupo Cabanillas, intruidas por riolitas subvolcánicas que afloran en el cerro Carnicero. La estructura mineralizada tiene una dirección N45°-85°E, presenta un ancho de 0.40 m, rellena fracturas con minerales de galena argentífera, pirita y cuarzo como ganga. Presenta una ley de Pb que alcanza el 9 %, y 3 oz/TC de Ag.

Santa Rosa

Es una mina abandonada ubicada en cerro Quinsashayhua, en la comunidad de Canchopalca, a una altitud de 4550 m s. n. m. Se desarrolla sobre calizas del Grupo Copacabana en las que se emplaza un pequeño cuerpo riolítico, la secuencia calcárea presenta una orientación N10°O/30°SO. La mineralización es polimetálica Cu-Pb-Ag, se localiza en un sistema de vetas de cuarzo, de 0.25 m de ancho, alineados N-S.

Siraychoca

Se trata de una pequeña mina abandonada ubicada en el distrito de Molinos, aproximadamente a 20 km en línea recta al noreste de la ciudad de Jauja, que en las coordenadas UTM es 459740.73 E y 8711968.31N. Afloran rocas sedimentarias paleozoicas de la Formación Concepción, grupos Tarma y Mitu, sobre las cuales yacen secuencias calcáreas del Triásico Jurásico constituidas por las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga. El cuaternario está conformado por los depósitos fluviales y morrénicos. Regionalmente se tiene al macizo Sacsacancha - Sucllamachay constituido por un complejo de rocas que van desde pequeños stocks de gabro-diorita a un cuerpo principal adamelítico (Paredes, 1994).

En el cuerpo la mineralización se presenta a manera de trazas de pirita, calcopirita, arsenopirita, calcantita, limonita, jarosita, hematita, goethita, molibdenita. En la brecha se presenta trazas de bornita, calcopirita, pirita, goethita, molibdenita, limonita, hematita, jarosita, carbonato de Cu y psilomelano. Además, tenemos bornita, pirita, calcopirita, arsenopirita, calcantita, limonita, jarosita, hematita, goethita, molibdenita, carbonato de Cu y psilomelano.

Alpamarca-Río Pallanga

Las labores se ubican a 7 km de Alpamarca, distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, provincia de Junín; sus coordenadas UTM de referencia son 342 188E y 8 766 499N, a una altitud de 4700 m s. n. m. Estructuralmente está controlada por una falla de dirección andina, emplazándose la mineralización en calizas de la Formación Jumasha y piroclásticos del Calipuy. La roca hospedante se encuentra alterada por caolinización, silicificación y oxidación. La mineralización es filoniana de origen hidrotermal, presentando minerales de mena como galena, esfalerita, marmatita y calcopirita, y minerales ganga de cuarzo, calcita y dolomita.

El depósito de Alpamarca será explotado inicialmente como un tajo abierto, cuyos trabajos preoperativos se terminaron en el 2013 y posteriormente sus zonas más profundas se explotarán mediante una mina subterránea.

A 10 kilómetros de Alpamarca se encuentra la antigua mina Río Pallanga, un yacimiento que muestra un importante potencial en profundidad y en las extensiones laterales de la veta en la zona explorada. Los recursos de Río Pallanga, los cuales contienen altas leyes de plata, permitirán mantener una operación en marcha en Alpamarca que proporcionaría un interesante soporte en el desarrollo de los proyectos de Colquihuarmi y Carhuacayán, ubicados a 14 y 25 kilómetros al suroeste, respectivamente.

En su Memoria Anual 2018, Volcan Compañía Minera indica las reservas estimadas son de 2.5 Mt con 0.10 % de Cu, 0.7 % de Pb, 0.9 % de Zn y 1.3 oz/t de Ag. Alpamarca puede la quebrada Paracochapampa, en la comunidad de Machaypata, a una altitud de 4150 m s. n. m. Los afloramientos rocosos son de la secuencia calcárea de Grupo Copacabana intruidas por una apófisis de granitoide. La mineralización es polimetálica Cu-Pb-Ag en vetas, habiendo explotado el depósito mediante galerías.

Tenorita

Es una mina explotada de forma artesanal desarrollada sobre estratos sedimentarios del Grupo Pucará que presentan orientación de S19°-25°E/20°SO. Este depósito es de origen mesotermal a epitermal, presentando calcopirita como mineral mena, en forma de lentes, venillas y diseminados, y abundante ganga de siderita, calcita y pirita. El muestreo sistemático ha resultado en una ley promedio de 0.19 % de Cu.

Tunsho

La mina Tunsho se localiza en el departamento de Junín, provincia de Jauja con una producción de 1.5 millones de oz Ag/TM por año y, con el aporte de Río Pallanga, se podrá alcanzar una producción de 3.5 millones de oz Ag/TM por año durante los primeros cuatro años de vida del proyecto.

Antares

Este proyecto de Minera Maraycasa S.A. se ubica en el distrito de Marcapomacocha, provincia de Yauli, sus coordenadas geográficas de referencia son 76°19'52" longitud O y 11°29'11" latitud S, a una altitud de 4800 m s. n. m. Se trata de un depósito tipo skarn con mineralización de Cu, Zn, Pb, Ag y Au, presenta un cuerpo tabular y elongado de dirección NNO-SSE, con una longitud de 1500 m y un ancho de 400 m.

La geología local corresponde a calizas masivas de la Formación Jumasha, y coladas y brechas volcánicas de composición andesítica del Grupo Calipuy. La región es dominada por fallas y pliegues de rumbo andino, que se encuentran conformado el frente sobrecorrido de la Cordillera Occidental.

Los cuerpos de skarn consisten en granate-piroxeno, con cantidades menores de wollastonita, calcita, cuarzo y hematita. Los sulfuros se encuentran rellenando espacios y vetillas con cuarzo. Los minerales de mena son calcopirita, pirita, pirrotita, esfalerita, galena y resalgas. Las reservas probadas se estiman en 6.5 Mt con 0.89 % de Cu, 4.96 % de Zn, 0.9 g/t de Au y 12 g/t de Ag.

Dorita

El proyecto Dorita se localiza en el departamento de Junín, provincia de Jauja, distrito de Apata, aproximadamente a 19.5

km en línea recta al noreste de la ciudad de Jauja. Corresponde a la hoja de Jauja 24-m de la carta topográfica 1/100 000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 464030 E y 8705173 N. Se encuentra alojado en rocas volcánicas del Grupo Mitu de naturaleza dacítica a dacítica porfírica. Regionalmente se tiene al macizo Sacsacancha-Sucllamachay constituido por un complejo de rocas que van desde pequeños stocks de gabro-diorita a un cuerpo principal adamelítico (Paredes, 1994).

La roca caja se encuentra fuertemente silicificada, con sericita y arcillas. Las vetas contienen trazas de galena, calcopirita, bornita, pirita, goethita, hematita, jarosita, sericita, arcillas, talco y cuarzo. Se ha determinado la presencia de galena, calcopirita, bornita, pirita, goethita, hematita, jarosita, sericita, arcillas, talco y cuarzo.

Huacravilca

Es un prospecto ubicado en el distrito de Chongos Altos, provincia de Huancayo, sus coordenadas UTM de referencia son 455 880 E y 8 620 520 N. Se trata de un skarn, que geológicamente se ubica en la zona de contacto entre un stock intrusivo, y las calizas de la Formación Condorsinga, originándose algunos cuerpos irregulares de magnetita, que presentan dimensiones y otras características poco económicas. Presenta un potencial de 15 Mt, y reservas probadas y probables de 5 Mt con una ley 55 % de Fe.

Puy Puy

Empresa Minera Volcan viene explorando el yacimiento Puy Puy ubicado en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, sus coordenadas UTM de referencia son 372 613E y 8 765 341N, a una altitud de 4950 m s. n. m. Este yacimiento es un pórfido y skarn de Cu-Au, que presenta una geometría oval con mineralización diseminada, venillas stockwork y cuerpos irregulares.

La roca hospedante corresponde a un stock de pórfido cuarífero y diorita de edad Miocena, que intruyen calizas intercaladas con lutitas carbonosas del Grupo Machay. Las calizas forman parte de un sinclinal N40°O en cuyo eje se emplazan estos intrusivos. Fallas de rumbo NO y NE atraviesan el yacimiento, poniendo en contacto las calizas con la diorita.

La alteración es potásica en la parte central, filica bordeando a la primera, en la parte externa se reconoce una fase propilítica, y silicificación en forma de venillas de cuarzo entre la interfase potásica y filica. Dentro del pórfido ocurren calcopirita, pirita, magnetita, bornita y novelita en forma diseminada y en venillas con cuarzo, mientras en el skarn es común pirita, calcopirita, y a veces galena y esfalerita. Cuenta con un potencial de 4 Mt con 0.43 g/t de Au, 5.5 g/t de Ag y 0.3 % de Cu. Según el Ingemmet (2001), las reservas probables son: 5.25 Mt@ 0.43 g/t Au, 5.54 g/t Ag, 0.25% Cu.

Mario

Es un proyecto de Minera Sulliden Perú ubicado en el distrito de Chongos Alto, provincia de Huancayo, sus coordenadas geográficas de referencia son 75°30'22" longitud O y 12°23'33" latitud S, a una altitud de 4000 m s. n. m. Se trata de un yacimiento por reemplazamiento de carbonatos, con contenido metálico de Zn, Pb y Ag, desarrollado en forma de mantos estratiformes y cuerpos irregulares.

La geología local está conformada por estratos de caliza del Grupo Pucará intruidas por un domo dacítico, mostrando brechas freatomagmáticas asociadas. Este marco ha condicionado el ensamble de minerales de endoskarn y metasedimentos, conformando un halo de mármol de 200 m de ancho con parches de skarn que rodean el domo dacítico.

La mineralización es masiva, en cuerpos lenticulares y está compuesto por esfalerita, galena, pirita y en menor cantidad sulfosales de Ag. Los análisis químicos dan leyes promedio de 12.1 % de Zn, 4.1 % de Pb, y 425 g/t de Ag.

Orquídeas

Está ubicado a 10 km al este de San Ramon, distrito de Ulcumayo, provincia de Junín. Presenta una estructura mineralizada lenticular de dirección N20°O/40°NE con minerales de Zn y Cu, como marmatita y en menor porcentaje pirita y calcopirita. La roca hospedante se trata de calizas recristalizadas y silicificada del Grupo Copacabana englobados en un sienogranito.

Puquiopata

En el caserío de Uyupan, a 10 km de la localidad de Ulcumayo, se ubica el prospecto de Puquiopata, sus coordenadas UTM de referencia son 399 530E y 8 794. 465N. Este depósito se desarrolla en la base de la Formación Chambará (Grupo Pucará), presentando mineralización de esfalerita, galena argentífera y pirita.

San Martín XI

Prospecto ubicado en el cerro Asto y la quebrada Cuña Vero, a 3.4 km al SO del poblado de Andamarca, a una altitud de 2800 m s. n. m. El marco geológico lo proveen las calizas del Grupo Copacabana orientadas N40°O/5°SO, intruidas por una granodiorita de textura granular de edad Paleozoico superior. La mineralización se presenta en vetas de relleno de fisuras, con orientaciones N40°O/51°NE, y anchos que varían de 0.35 a 0.80 m. La mena está constituida por galena y calcopirita, además malaquita, azurita, calcantita, novelita, y minerales de calcita y limonita como ganga. Estas vetas tienen leyes promedio de 0.5 oz/TC de Ag y 1.21 % de Cu.

San Miguel Norte

Este prospecto se ubica en cerro Jutraspaquis en la comunidad de Quishuarpata, a una altitud de 4000 m s. n. m. La geología de la zona corresponde a las secuencias calcáreas del Grupo Copacabana, que presentan orientaciones N30°O/70°SO. La mineralización es polimetálica, en estructuras tipo venillas, cuerpos lenticulares y diseminados, presenta minerales de galena, esfalerita, calcopirita, y minerales ganga de óxidos de cobre, marcasita, baritina, calcita, dolomita y cuarzo. Las leyes promedio son 1.8 % de Pb, 0.54 % de Cu y Ag en trazas.

Sion

Se ubica el sector de La Cuchillada, en el distrito de Pampa Hermosa, provincia de Satipo, sus coordenadas geográficas son 74°52'36" longitud O y 11°26'06" latitud S, a una altitud de 900 m s. n. m., situado en la hoja de Satipo (23-n). La roca caja son esquistos pizarrosos y lutitas micáceas gris oscura del Grupo Cabanillas.

La principal estructura presenta una orientación N10°E/50°O, desarrollando vetillas de cuarzo lechoso de 1 a 2 cm de ancho, con pirita diseminada y recubrimientos de malaquita. Los cateos realizados por el Banco Minero en 1979 registran leyes en estos afloramientos de 0.54 % de Cu y 0.06 oz/t de Au.

Tirol

El prospecto se ubica a 5 km al SE de San Ramon, distrito de Ulcumayo, provincia de Junín. Se trata de un depósito de reemplazamiento metasomático donde existe mineralización lenticular de marmatita y pirita, rellenando espacios en una roca hospedante calcárea perteneciente al Grupo Copacabana y que ha sido englobado en un sienogranito.

Yoyomina

Este prospecto se ubica a 2.3 km al noreste del pueblo de Mullaca, accesible por el camino carrozable Mullaca-Huaribamba que parte de la carretera Huancayo-Pampas. La mineralización consiste en impregnaciones de malaquita en planos de estratificación de areniscas del Grupo Mitu.

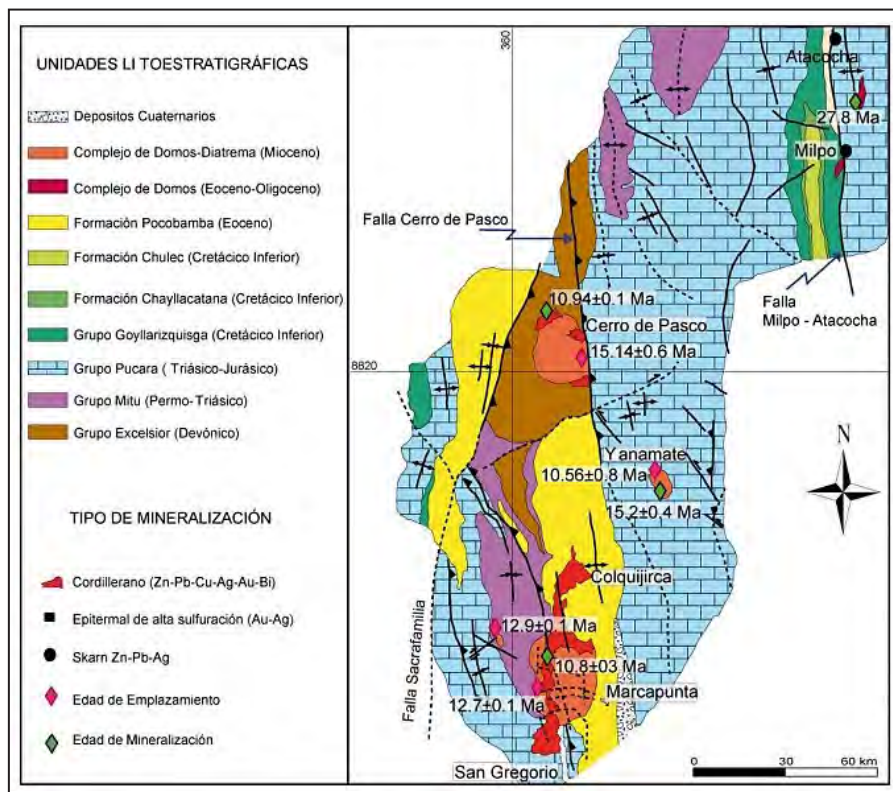


Figura 5.101 Mapa geológico de la región de Cerro de Pasco con edades de intrusivos y de mineralización de los principales yacimientos.

Fuente: Ángeles (1999); Vidal y Ligarda (2004), Cueva (2008), Bendezú et al. (2008) y Baumgartner et al. (2009). En Carlotto et al. (2009)

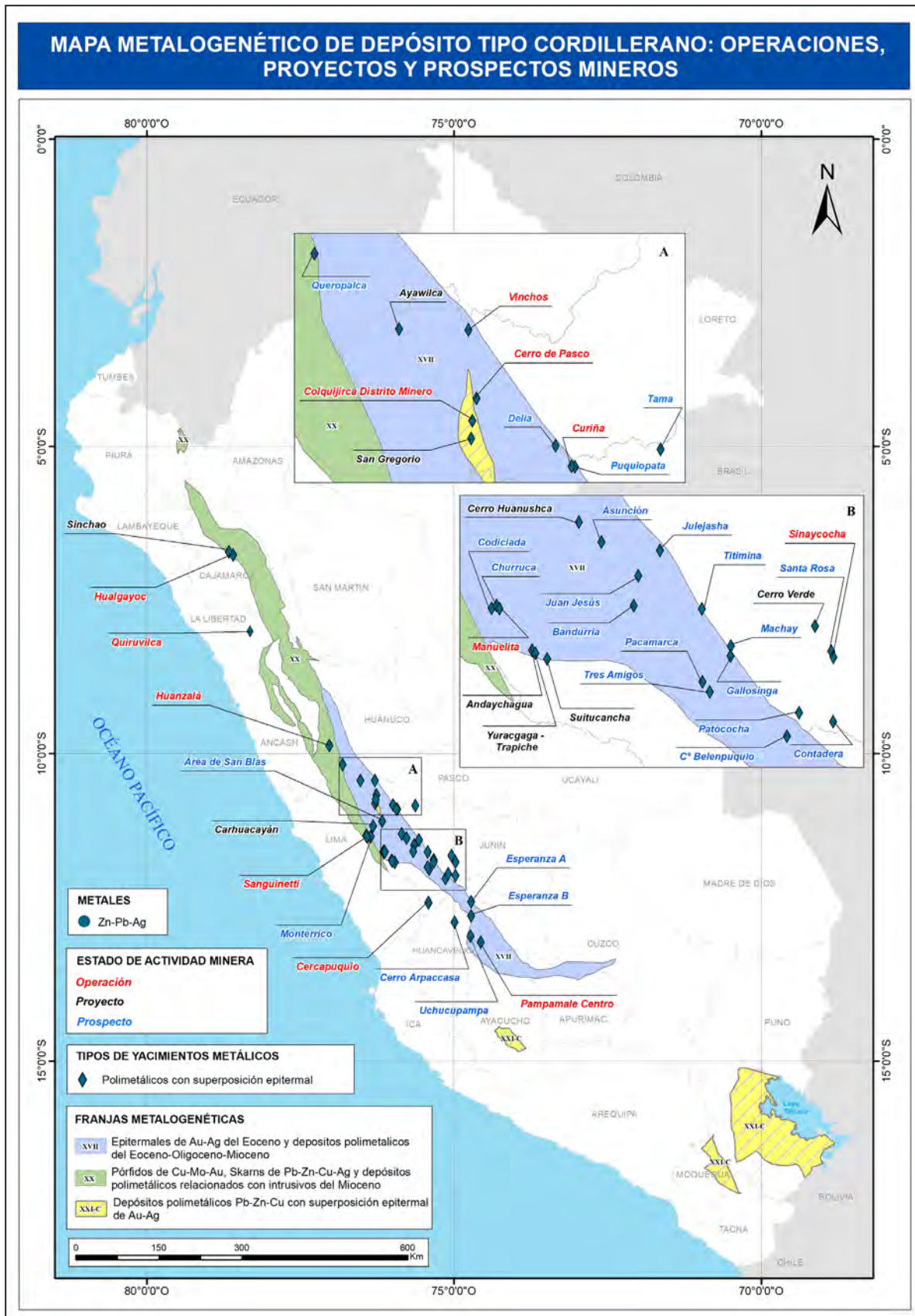


Figura 5.102 Mapa metalogénico de depósito tipo cordillerano: operaciones, proyectos y prospectos mineros.

Nuevos datos geocronológicos U/Pb y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Baumgartner et al., 2006; 2008) combinados con dataciones anteriores revelan al menos tres centros magmáticos de edad miocena media en el segmento que comprende los distritos mineros de Cerro de Pasco y Colquijirca. Cada centro produjo un complejo domo-diatrema: Yanama (15.92 Ma), Cerro de Pasco (15.4-15.1 Ma) y Colquijirca (12.4 - 12.12 Ma). Los sistemas de mineralización más grandes están relacionados con los dos últimos complejos (Baumgartner et al., 2008). Una edad U/Pb en zircones de tufos lapilli acrecionados de un bloque de colapso, en la diatrema de Cerro Pasco registra 15.36 ± 0.03 Ma y 15.40 ± 0.07 Ma para un domo de dacita porfírica, así como 15.35 ± 0.05 Ma y 15.16 ± 0.04 Ma para dos diques porfíricos de cuarzo-monzonitas (Baumgartner et al., 2009).

La mineralización de alunitas en los depósitos epitermales Au-Cu de alta sulfuración de Marcapunta da edades K/Ar de 11.6 ± 0.1 y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de 10.6 ± 0.1 (Vidal & Ligarda, 2004), registrando el último pulso de mineralización de esta franja.

5.5 YACIMIENTOS TIPO IOCG Y AFINES

Italo Rodríguez, Gerardo Trelles y Jhonny Torre

5.5.1 Generalidades

En las últimas dos décadas se ha reconocido a escala mundial un nuevo tipo de yacimiento que se podrían definir como depósitos de hematita-magnetita con calcopirita aurífera, a los que se les dio el nombre de IOCG por sus siglas en inglés Iron Oxides Copper-Gold deposits.

Los yacimientos tipo IOCG son depósitos magmático-hidrotermal caracterizados por la presencia de óxidos de hierro (hematitas y magnetita) como fase principal con fases ricas en Cu, Au y Fe.

Estos depósitos se encuentran en una variedad de rocas encajonantes, donde las principales son granitoides plutónicos, rocas (meta) volcánicas andesíticas y rocas metabásicas (meta) siliciclásticas. Las rocas encajonantes pueden ser ampliamente similares en edad que la mena (Olympic Dam, Candelaria-Punta del Cobre y Raúl Condestable), pero en otros casos mucho antes que la mineralización, tal que la formación de la mena se relaciona a un evento geológico posterior.

En resumen, los depósitos IOCG se originan a partir de magmas poco evolucionados relacionados con rocas de composición

gabroica a diorítica, que contienen altos elementos volátiles tales como el fósforo, flúor y cloro (P, F y Cl), los cuales ayudan a disminuir el punto de fusión y la densidad del magma, dándole una menor viscosidad lo cual facilita el ascenso y el emplazamiento de cuerpos intrusivos.

Los controles estructurales y/o estratigráficos son pronunciados, con depósitos localizados en fajas de fallas e intersecciones, zonas de cizalla, contactos de rocas o cuerpos de brecha, o como reemplazamientos de control litológico (Williams et al., 2005).

Tectonismo y petrogénesis

Los depósitos tipo IOCG típicamente están localizados a lo largo o en la intersección de las estructuras de la corteza mayor, que comúnmente es tensional o eventos de transtensión.

La mayoría de los yacimientos IOCG están ubicados en zonas de tectónica extensional y se relacionan íntimamente con rocas intrusivas. Sin embargo, los importantes (grandes) no presentan relación directa con rocas intrusivas (Tatsumi, 1986, 1989; Peacock, 1993; Schmidt & Poli, 1998; Bourdon et al., 2003; Grove et al., 2006, 2012).

La generación de los magmas se produce por los procesos de subducción y postsubducción, y estos se asocian a variedades de tipos de yacimientos minerales; conocidos tenemos: depósitos tipo pórfidos relacionados con skarn, reemplazamientos y depósitos epitermales, además de depósitos tipo IOCG (figura 5.105) (Tatsumi, 1986, 1989; Peacock, 1993; Schmidt & Poli, 1998; Bourdon et al., 2003; Grove et al., 2006, 2012).

El agua que genera los depósitos tipo IOCG es de origen magmático, comúnmente hay una interacción con los fluidos de la corteza (meteórico a salmuera). Para los depósitos IOCG se puede hacer una revisión del arco magmático y los procesos litosféricos. En los sistemas de arcos maduros, donde la litosfera oceánica es de una edad aproximada de 25 Ma y comienza a ser subducida; la corteza oceánica empieza a deshidratarse, dando un incremento al metasomatismo y una fusión parcial de la cuña del manto astenosférico; este domina el proceso de la génesis en un arco magmático (Tatsumi, 1986, 1989; Peacock, 1993; Schmidt & Poli, 1998; Bourdon et al., 2003; Grove et al., 2006, 2012).

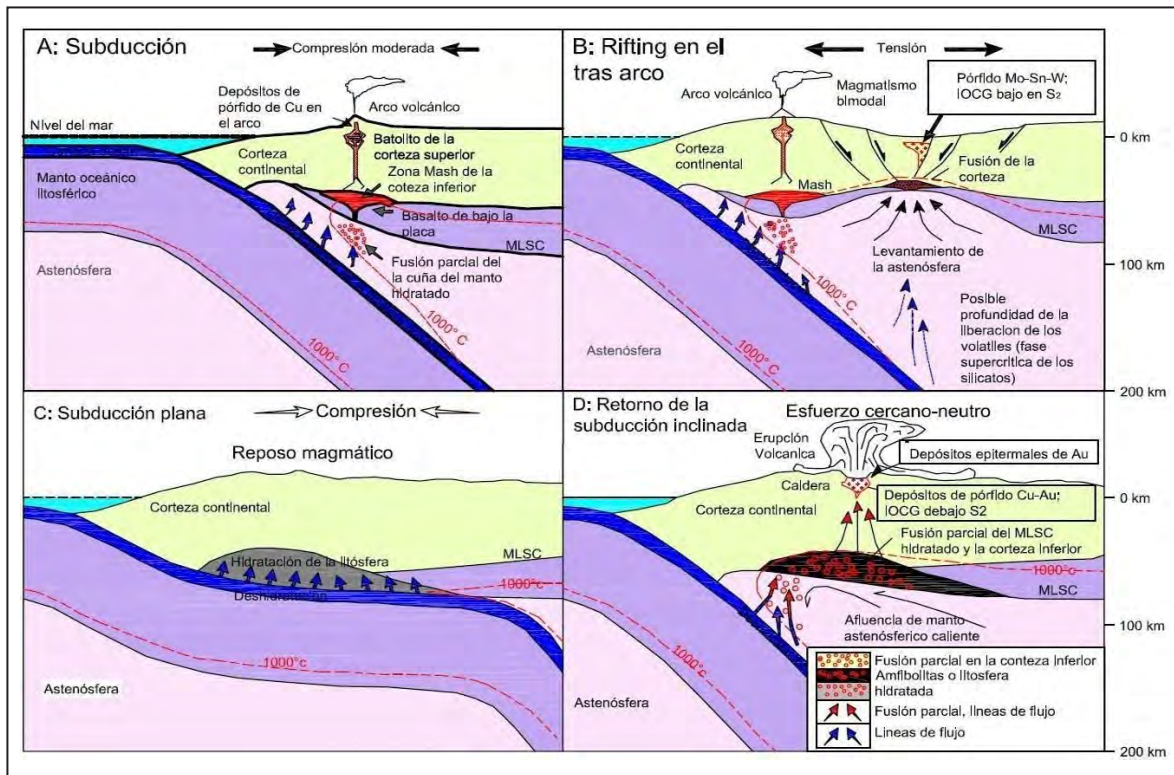


Figura 5.103 Escenarios de arcos tectónicos y magmáticos.

Fuente: Modificado de Richards & Mumin (2013). En Espinoza (2019)

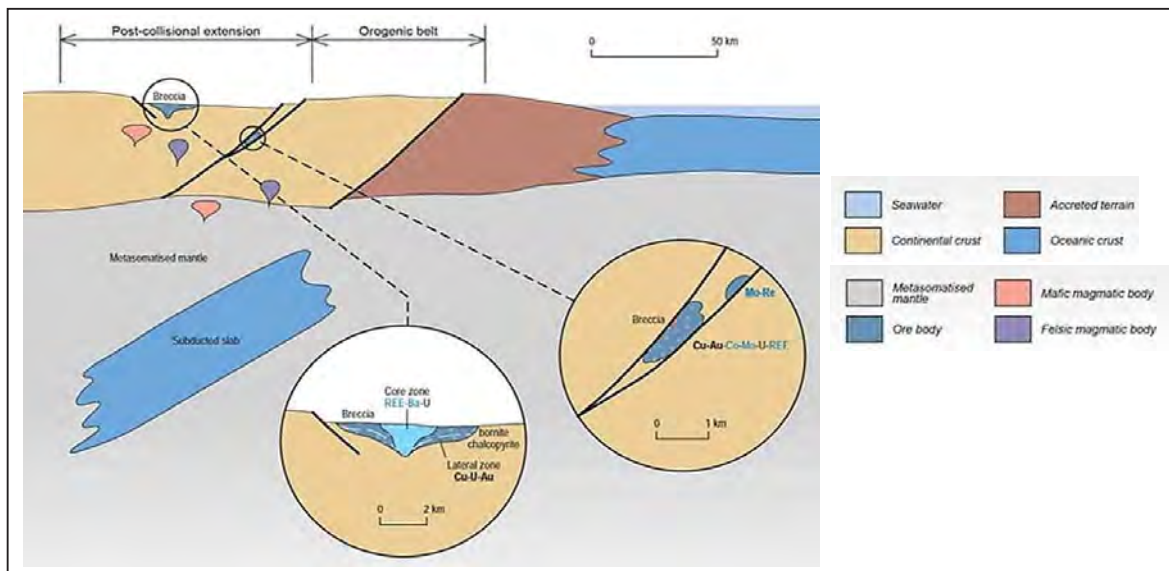


Figura 5.104 Ubicación relativa generalizada de los tipos de depósitos y la distribución idealizada de los commodities. En la lista de commodities, azul es crítico, negrita subrayado productos principales, negrita subrayado subproductos usualmente recuperados, subrayado con recuperación limitada y texto normal indica commodities que son anomalías geoquímicas, pero que no son recuperados.

Fuente: Tapia & Durán (2015) - Depósitos IOCG y estratoligados

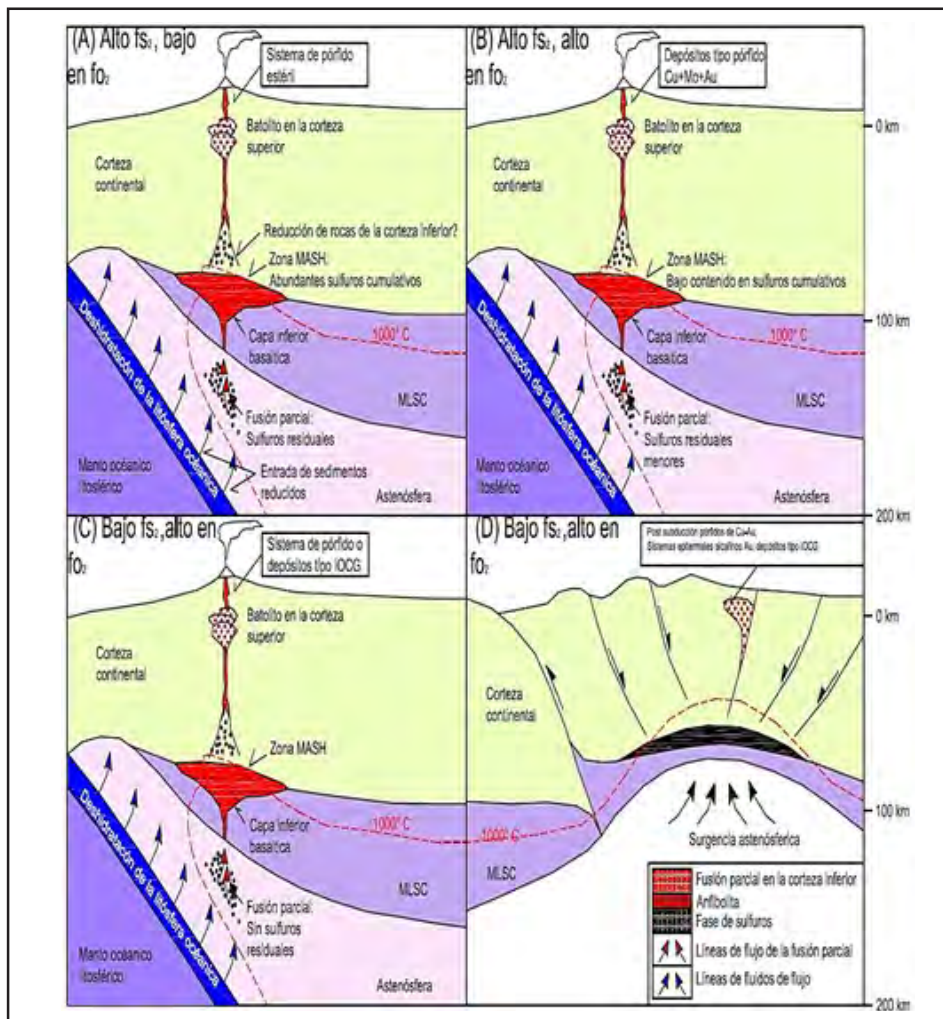


Figura 5.105 Cuatro posibles escenarios para las condiciones de fusión de la astenósfera y de la litosfera en arcos o configuraciones de post subducción. a) En condiciones de arco con alto en fs₂ y bajo en fo₂, posiblemente causadas por grandes entradas de sedimentos en la zona de subducción de la corteza o litologías en la zona MASH (zona de mezcla), conduce a sistemas de pórfido estériles y / o una formación profunda de depósito de sulfuro ortomagmáticos en la corteza. b) Condiciones de arcos con alto en fs₂ y alto en fo₂, se ha encontrado en muchas zonas de subducción de edades del Fanerozoico, potencialmente por depósitos de pórfidos de Cu + Mo + Au. c) Condiciones de arco en bajo fs₂ y alto en fo₂, se infieren que ocurren en zonas de subducción con edades del Precámbrico, potencialmente representados por pórfidos pobres en S o depósitos de IOCG. d) Condiciones de bajo en fs₂ y altos en fo₂, se infiere que ocurre durante la fusión de la post subducción o una subducción previa donde la litosfera es modificada, está representado por pórfidos alcalinos, sistemas epitermales de Au, o por depósitos de IOCG.

Fuente: Modificado de Richards & Mumin (2013). En Espinoza (2019)

5.5.2 Clasificación de los depósitos tipo IOCG

La clasificación es relativamente simple, en razón que es composicional; muchas veces no existe una zonificación metálica dentro de los depósitos IOCG, estos tienden a acumular su mineralización en fallas epigenéticas distales a la intrusión de origen (Espinoza Montreuil, 2019).

Yacimientos de magnetita-apatita-ilmenita

Son menas de hierro - titanio (Fe-Ti) asociados con rocas de composición anortosítica. El origen de este tipo de yacimientos es magmático, con un mecanismo de formación por inmiscibilidad de líquidos.

Yacimientos de magnetita-apatita sin Ti

Están asociados principalmente a rocas volcánicas y son llamados también yacimientos tipo Kiruna. El origen de este tipo de yacimiento es un poco controversial, ya que tiene origen de coladas de lava de magnetita, con edades desde el Proterozoico temprano hasta el Terciario tardío.

Estos yacimientos parecen haber sido formados de líquidos ricos en hierro y fósforo, que han sido inyectados a profundidad o expulsados sobre la superficie terrestre. En cuanto su mecanismo, podría generarse por magmas ignimbríticos, depósitos de ceniza de caída libre, lavas y dique estratos, depósitos sedimentarios exhalativos, lateríticos, detriticos y por reemplazamiento hidrotermal y formación en vetas (Espinoza Montreuil, 2019).

5.5.3 Yacimientos mineros tipo IOCG en el Perú

Producto del magmatismo de Cordillera de Costa, tenemos en la costa de Arequipa, los flujos basálticos de la base de la Formación Chala de ~177 Ma (Romeuf et al., 1993) que demuestran que los espesores mayores de 3000 m de esta unidad representan la prolongación hacia el sur de la Formación Río Grande del Jurásico medio localizada en Ica (Rüeg, 1976; Caldas, 1978). Ambas formaciones suprayacen en discordancia sobre el Precámbrico y Paleozoico superior. Estas formaciones, junto con la Formación Guaneros en la costa de Tacna, muestran características geoquímicas que sugieren que se acumularon en un ambiente de arco volcánico relacionado a subducción (Romeuf et al., 1993, 1995).

Sus espesores > 3000 m demuestran una tasa alta de subsidencia y además indican que estas rocas volcánicas y volcánicas-sedimentarias se acumularon en un marco tectónico de extensión de tras arco, cerca al mismo arco (Sempere et al., 2002).

Hacia el norte de la zona de estudio, la cuenca Cañete Huarmey se habría formado por la ruptura de la corteza continental a lo largo de un rift de margen continental, de estructura similar a una dorsal oceánica, donde su zona axial aportó al relleno de base con material volcánico debido a un proceso de extensión y subsidencia (Injoque & Aranda, 2005). Estos eventos de deposición y volcanismo en la cuenca se iniciaron en el Jurásico y continuaron hasta el Cretáceo (Cobbing, 1998).

De esta manera, la génesis de los depósitos de minerales del Jurásico y Cretáceo inferior (Marcona, Mina Justa, Monterrosa y Hierro Acarí) está relacionada a un marco tectónico de extensión de subducción de alto ángulo tal como sucedió más al sur del Perú y norte de Chile (Uyeda & Nakamori, 1979. En Camus 2003; Clark et al., 1990; Sillitoe & Perelló, 2005).

Es probable que así como en el sur del Perú en esta zona también haya ocurrido un origen bajo regímenes tectónicos de extensión y transtensión bajo un magmatismo de composición basáltica-intermedia durante el Mesozoico medio – superior (Sillitoe, 2003; Sillitoe & Perelló, 2005). Esto podría estar evidenciado en parte por la falla NO destral Treinta Libras (Injoque, 2002). En estos lugares, este periodo está caracterizado por una mineralización de tipo Fe-Cu-Au a lo largo de la Cordillera de la Costa, alojada principalmente como relleno de fracturas y en mantos.

Raúl Condestable

La mina Condestable se ubica en el distrito de Mala, provincia de Cañete, departamento de Lima. Corresponde a sus principales instalaciones las siguientes coordenadas geográficas: 76° 35' 30" de longitud O y 12° 42' 02" de latitud S.

El yacimiento Raúl-Condestable está emplazado en la Formación Chilca del Valanginiano superior- Barremiano, la cual es parte del volcánico Copara, que se extiende 500 km al sur de Lima.

La Formación volcánico-sedimentaria Chilca está formada alrededor de un centro efusivo fisural de orientación NE ubicado en la Quebrada Calicantro, inmediatamente al sur de la mina Raúl. Alrededor de este centro se ha depositado un paquete de 1000-2000 m de lavas basalto-andesíticas, tobas y piroclásticos, los que hacia el norte y sur dan paso a calizas, lutitas, areniscas y volcánico-clásticos depositados en mar somero. La secuencia estratigráfica en el depósito contiene además pirita exhalativa a manera de nódulos, chimeneas (smokers) y fósiles reemplazados. Esta pirita volcanosedimentaria desaparece al norte y sur dando lugar a coloraciones rojizas en los volcánicos circundantes, pero en ningún caso está directamente asociado a la mineralización de Cu.

La alteración en general es extensa, penetrativa, pero no destruye la textura original de la roca, lo cual sugiere procesos de larga duración no explosivos. Esta ocurrió primero a manera de un metamorfismo termal, caracterizado por la presencia de mármoles calcáreos, hornfels de calcosilicatos y sericita-biotita-talco, con núcleos de anfibolitas y rocas ricas en piroxeno y granate.

La mineralización ocurrió tardíamente como diseminaciones, rellenos y reemplazamientos, siguiendo la secuencia típica de los skarns. Existen dos asociaciones: la primera de estas es la asociación Fe-Cu y consiste básicamente de calcopirita, pirita, magnetita y contenidos menores de pirrotita, galena, esfalerita, ilmenita, molibdenita, bornita, mackinawita, valerita, marcasita, electrum y cobaltita, siendo la mena calcopirita con subproductos de Ag y Au. La asociación Pb-Zn es tardía e insignificante, y ocurre como vetas y venillas menores de galena y esfalerita con trazas de pirita, calcopirita, tetraedrita, melnicovita, Au y

calcita (De Haller et al., 2006). Según el informe anual Southern Peaks Mining (2021), sus reservas son de 27.92 Mt @ 0.19 Au g/t, 5.85 g/t Ag; y recursos medidos e indicado de 89.33 Mt @ 0.24 g/t Au, 6.14 g/t Ag.

Hierro Morrito

El yacimiento Hierro Morrito se encuentra dentro de la cadena costera del sur de Perú en el distrito de Sama, provincia y departamento de Tacna, suroeste de Perú. La propiedad se encuentra a 70 kilómetros al noroeste de la ciudad de Tacna.

La geología forma parte del Batolito de la Costa, donde se puede observar rocas intrusivas, las mismas cuya composición varían desde diorita hasta tonalita, predominando las dioritas. Las relaciones espaciales de estas rocas intrusivas son muy claras, pues sus contactos se distinguen rápidamente, sea por el tipo de coloración o de la composición modal de la roca.

La mina se desarrolla en un yacimiento IOCG de tipo Kiruna, donde se puede observar vetas de hierro, siendo el mineral principal la magnetita como mineral de mena y la hematita como mineral de ganga; la alteración en la roca caja se puede apreciar K-feldespatos (alteración potásica) y epidota y clorita (propilitica) más distal.

Las vetas tanto en la superficie como en profundidad están conformadas principalmente por magnetita masiva (55-67% de ley), y menos especularita-hematita asociado a limonitas, jarosita y vetas de cuarzo lechoso y hialino, calcita y yeso, y martita esporádicamente, actinolita en las fracturas, aparición de óxidos de cobre (malaquita) asociada a fracturas, fallas y brechas (Moreno Morán, 2018). Los recursos totales al 2016 son de 4 843 685 TMS con una ley de 52.63% Fe, mientras que las reservas probadas son de 1 700 655 TMS @ 60.73% Fe y las reservas probables de 1 687 280 @ 55.95% Fe.

Mina Marcona

El distrito minero de Marcona está localizado a unos 420 km al sur de Lima, en el departamento de Ica, provincia de Nazca, distrito de San Juan de Marcona a 800 m s. n. m. Unido al puerto de San Juan por una carretera de 27 km y a 13 km en línea recta del puerto de San Nicolás.

El ambiente geológico de las formaciones Río Grande y Jahuary fue el de un trasarco volcánico fisural alcalino a shoshonítico. Está caracterizado por enjambres de diques de orientación NO, que corren paralelos a la estructura principal Falla Treinta Libras de tipo transcurrente dextral y posteriormente normal, que controla el borde oriental de la Cordillera de la Costa donde se emplaza Marcona. Este sistema estructural-magmático ha estado activo desde el Jurásico en que se inició el vulcanismo en la zona hasta por lo menos el Aptiano (117 Ma) en que se emplazaron los diques félsicos más tardíos de dicho sistema. Este ríff marca el fracturamiento de la corteza continental y el inicio de la actividad volcánica en la región (Chen, 2008).

Dada la distribución estratigráfica de los minerales de alteración o metamórficos observados en la secuencia y su asociación a los eventos finales del vulcanismo Río Grande. Se considera que el yacimiento Marcona se formó en un campo geotermal (en el sentido descrito por Bird et al. (1984) y por Schiffman et al. (1984)) en coincidencia con movimientos dextrales a lo largo de la Falla Treinta Libras y movimientos complementarios en las fallas conjugadas; esto durante los estadios finales del vulcanismo Río Grande.

La mineralización en este yacimiento es reemplazada, observándose estructuras sedimentarias y volcánicas residuales en el mineral y rocas metamórficas circundantes. La mineralización se inicia con la formación, especialmente hacia los niveles estratigráficos profundos, de clinopiroxeno diopsídico, granate, cordierita, hornblenda, siendo estos ensamblajes reemplazados tardíamente y hacia los niveles más altos por actinolita, tremolita, y cantidades menores de escapolita-Na, flogopita, clorita-sericita, apatito epidota y finalmente por magnetita masiva formadora de los mantos de mena, con relleno intersticial y tardío de pirita (0.1 %), pirrotita, calcopirita (~0.01 %), bornita, pentlandita, esfalerita, galena, molibdenita, oro, rutilo, turmalina, esfena, prehnita, albita, cuarzo (Injoque, 2002). De acuerdo a la publicación de Huayong (2010), se tiene reservas de 1551 Mt @ 55.4 % Fe, 0.12 % Cu. La mina viene desarrollada por Shougang Hierro Perú S.A.A. La producción minera metálica en Marcona en el año 2019 destacó en 9 666 412 (TMF) de Fe.

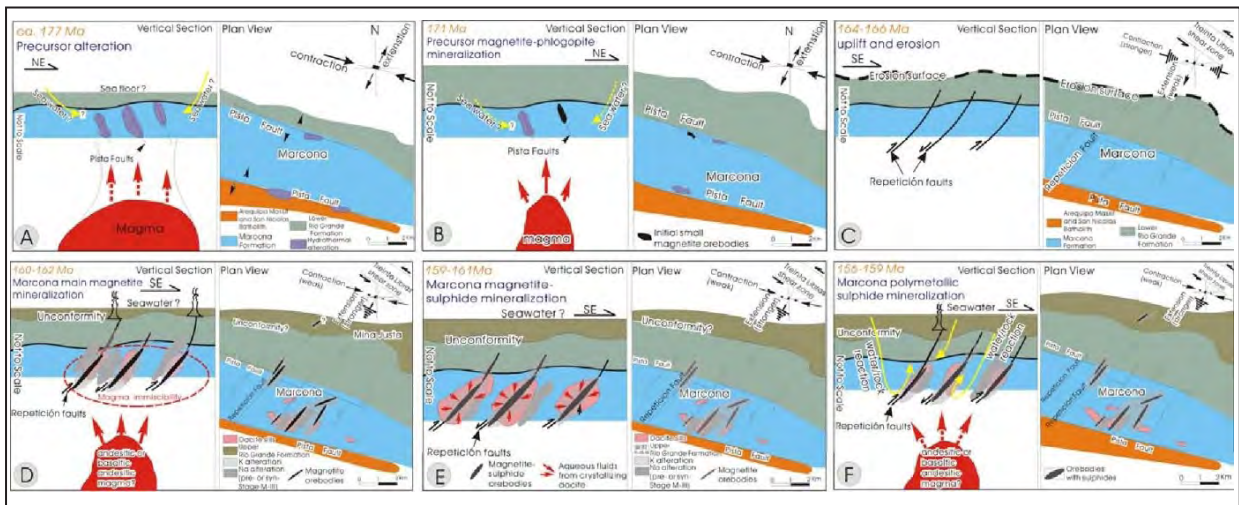


Figura 5.106 Evolución del Yacimiento minero Marcona.

Fuente: Chen (2008)

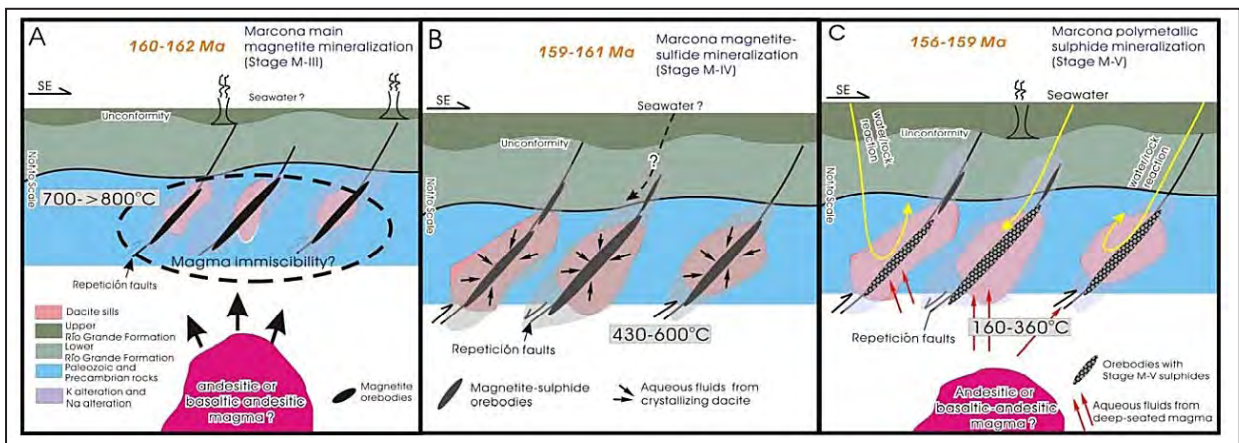


Figura 5.107 Evolución de la principal mineralización de magnetita y la etapa principal de sulfuros en Marcona.

Fuente: Chen (2008)



Figura 5.108 Vista panorámica de Marcona, donde se aprecia el cuerpo mantiforme de magnetita emplazados en la Formación Marcona.

Fuente: Valencia et al. (2018)

Mina Justa

El proyecto de exploración Mina Justa se encuentra ubicado en la región Ica, provincia de Nazca, distrito de Marcona, a 450 km al sur de Lima. Localmente se ubica a 23 km al noroeste de la ciudad de San Juan de Marcona y a 45 km al sur de la ciudad de Nasca, siendo estos los mayores centros poblado más próximos al área del proyecto. Geográficamente se encuentra ubicado en la franja costera del sur del Perú, en la unidad geomorfológica de la Cordillera de la Costa.

La mineralización de Mina Justa se hospeda en la Formación Río Grande; constituida por andesitas con texturas porfírica, amigaloide y afanítica (unidades volcánicas), tufo de cristales (unidades piroclásticas), areniscas feldespáticas (arcosas) y volcano-clásticas (unidades sedimentarias).

Se encuentra en cuerpos masivos, brechados y elongados de magnetita que hospedan los sulfuros de cobre, inicialmente en estructuras de rumbo NE y buzamiento hacia el SE (Sistema de Fallas Mina Justa). Los cuerpos mineralizados han sido

dislocados por estructuras NO con buzamiento al NE (Falla Huaca) y diques de ocoita asociados.

Se reconocen tres principales ensambles de alteración asociados a la mineralización en el proyecto de Mina Justa:

- **Feldespatos + K:** Feldespato-K-albita-especularita-clorita-calcita; es más predominante en reemplazamientos y menor en venillas.
- **Actinolita:** Actinolita-Magnetita-Apatito, en reemplazamiento y actinolita-apatito en relleno de vetas.
- **Magnetita:** Magnetita semimasiva a masiva de grano fino en reemplazamientos. Vetas de epidota y calcita se superponen al ensamble de alteración previo (Chen, 2008).

De acuerdo a Minsur (2021), el proyecto estimó sus recursos medidos e indicados 428.3 Mt @ 0.68% Cu; Indicado: 149.5 Mt @ 0.64% Cu; Inferido: 58.1 Mt @ 0.78% Cu; y sus reservas: 266.3 Mt @ 0.7 % Cu. En el 2020, se registra 171.5 Mt de óxidos de Cu y 93.9 Mt de sulfuros de Cu.

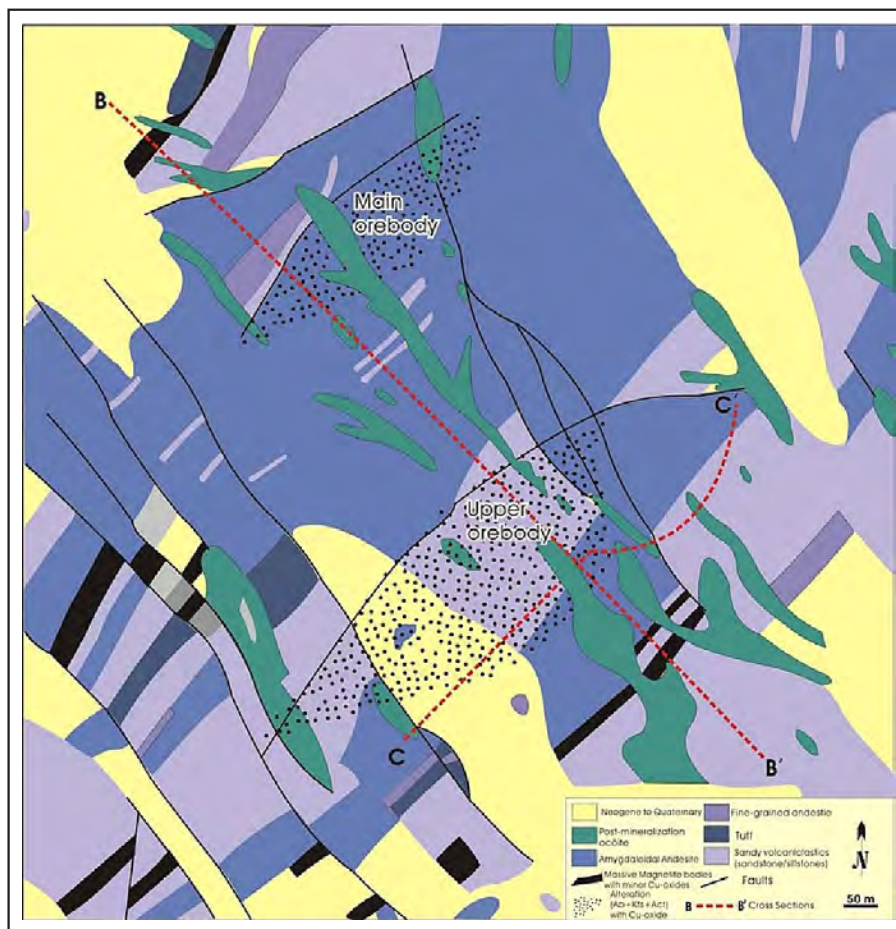


Figura 5.109 Mapa geológico del yacimiento Mina Justa Cu, alojado en la parte superior de la Formación Río Grande.

Fuente: Chen (2008)

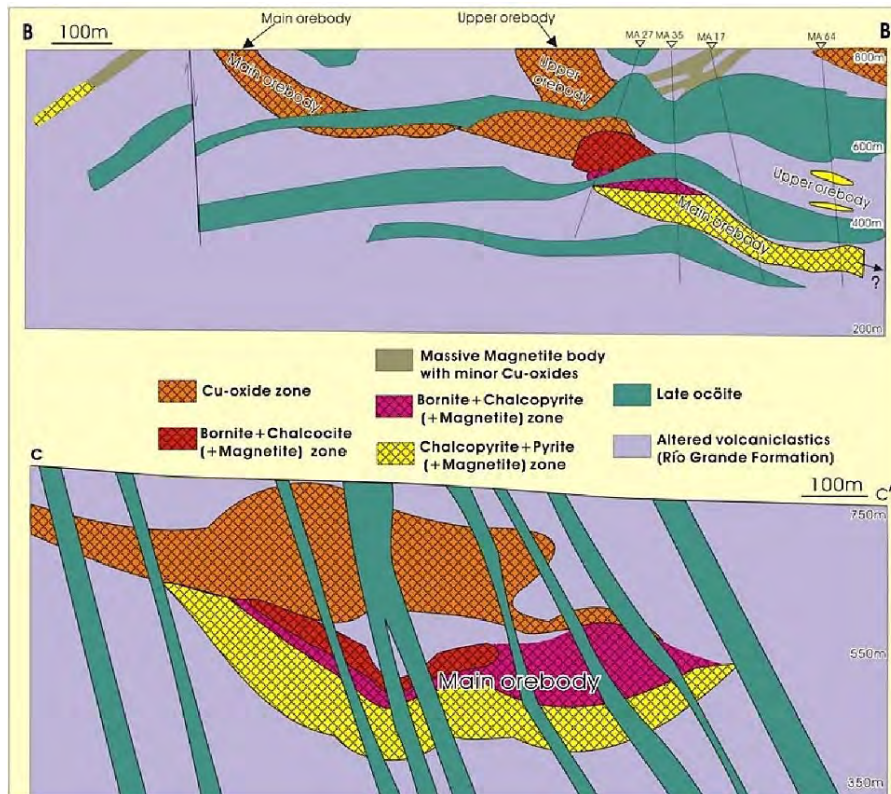


Figura 5.110 Secciones transversales de los principales cuerpos mineralizados de Mina Justa. Fuente: Chen (2008)

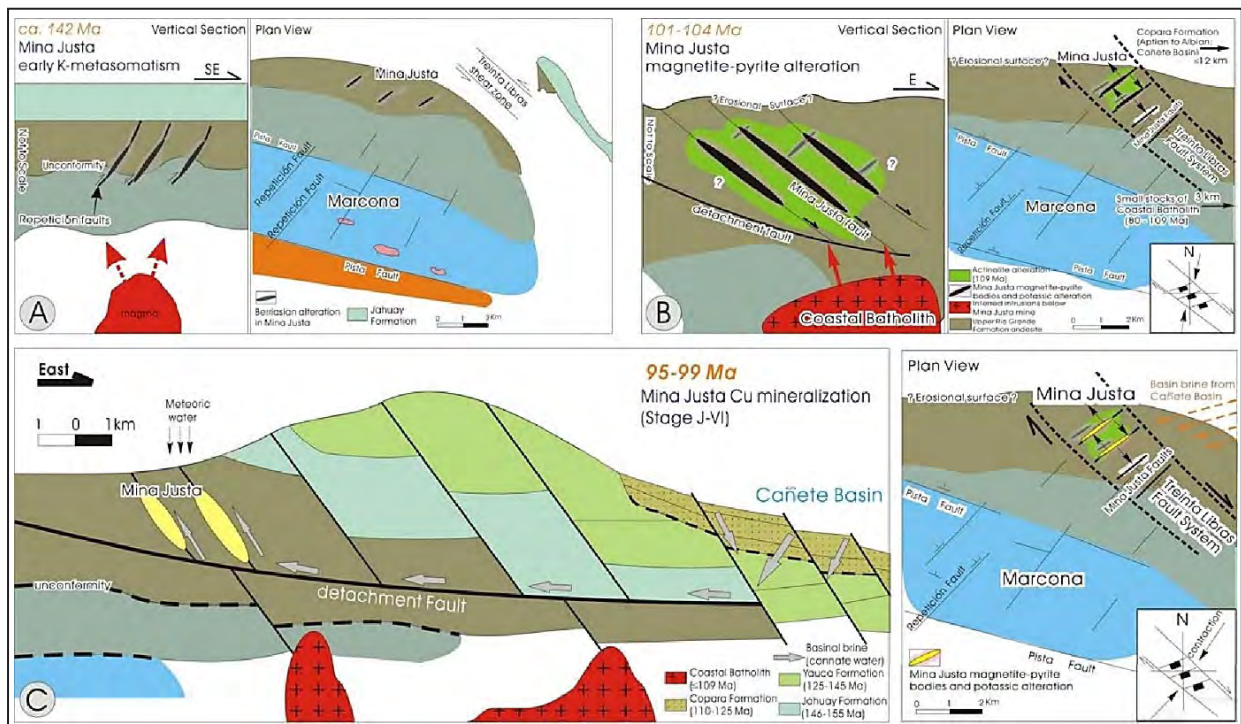


Figura 5.111 Evolución del depósito Mina Justa. Fuente: Chen (2008)

Hierro Acarí

Localizada en el distrito de Bella Unión, provincia de Caravelí, región Arequipa. Sus coordenadas UTM son 528026 E y 8303990 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 31-n (Acarí).

El yacimiento se emplaza en la Superunidad Linga y un stock de composición diorita, sobreyaciendo a las unidades afloran secuencias volcánicas del Grupo Casma y tobas más recientes de la Formación Nasca. Predomina una moderada propilitización con calcita, cuarzo, epidota y clorita; una silicificación de débil intensidad y la alteración potásica.

Las vetas de magnetita se presentan en muchos casos claramente bandeadas, debido al crecimiento ocasional de apatito, cuarzo y calcita entre las bandas de magnetita. En las vetas de piroxeno-magnetita, el piroxeno ha cristalizado claramente primero, desde las paredes de la roca caja, estando la magnetita rellena el espacio entre los cristales de piroxeno. Muchas de estas vetas tienen bandeamiento crustiforme simétrico y marcando etapas poliascendentes, con piroxeno o anfíbol creciendo normalmente a la caja, indicando claramente que las vetas estuvieron abiertas durante la deposición (Injoque, 1985).

Las reservas y recursos totales del proyecto se estiman en 3 Mt de cobre con 1.5% Cu, y 10 Mt de hierro con 60 % Fe (Valencia, Lozada, León, Martínez & Marchena, 2018).

Monterrosas

Es una mina paralizada propiedad de Centromín Perú S.A, localizada en el distrito de La Tinguña, provincia de Ica, región Ica, con las coordenadas 434502 E y 8453058 N, Zona 18. Se accede por una carretera que sale del distrito de La Tinguña.

Se ha reconocido en el contexto geológico: diorita a diorita gabro y gabros de grano medio a grueso de la Superunidad Patap del Batolito de la Costa con abundante andesina-labradorita y diópsido-augita, con menor cantidad de magnetita, ilmenita, hornablenda, esfena, apatita y zircón (Vidal et al., 1990). Se presenta la Superunidad Linga de cuarzo monzonitas que corta a la Superunidad Patap datada en 92 Ma (Vidal et al., 1990).

Regionalmente, el yacimiento está controlado por fallas de rumbo siniestral de orientación N70°O, con venillas de extensión rellenas con cuarzo, calcita, epidota, y vetillas de calcopirita con actinolita (Vidal et al., 1990). Destaca la Falla Cansas con movimiento siniestral y fracturas verticales en "echelón" de orientación 290°.

Las vetas de Cu-Fe- (Co) tienen 430 m de longitud, con 3 a 20 m de grosor (Vidal et al., 1990). El cuerpo mineralizado tiene una orientación N015° con 70° de buzamiento. Los minerales de alteración incluyen anfíboles, magnetita, clorita, escapolita,

biotita, albita, feldespato potásico y cuarzo (Sidder, 1981). La estructura mineralizada tiene una extensión de al menos 3 km, con un cuerpo de 430 m de longitud y 150 m de profundidad (Vidal et al., 1990). La mineralización comprende magnetita, calcopirita, covelita, pirrotita, bornita y actinolita en charpas y también piritita en bandas, que a niveles más profundos presenta covelita. De acuerdo con la producción metálica en el 2019, se registran otras operaciones a pequeña escala tanto como pequeño productor y artesanal, tales como las unidades Ica N°1 De Clarita Fin (Cu en 12 TMF, Au en 1283 g/finos, Ag en 14 Kg/finos), Raquel (Cu en 179 MF, Au en 4456 g/finos, Ag en 49 Kg/finos), Sol Naciente Tercero (Cu en 95 TMF) y Jesús (Cu en 95 TMF).

Eliana

Es una mina cerrada propiedad de Centromín Perú, localizada en el distrito de Humay, provincia Pisco, región Ica, con las coordenadas 422992 E y 8479254 N, Zona 18. Se accede por un desvío a la quebrada Río Seco en la carretera Panamericana de Ica a Pisco.

Se ha determinado un intrusivo diorítico, cortado por cuerpos de magnetita y también en venillas de 1 a 2 cm, en partes de grano fino que intruye al Grupo Casma (Grupo Quilmaná). Los volcánicos del Albiano son intruido por las dioritas del Batolito de la Costa. El Grupo Casma, correlacionado anteriormente en el sector como Grupo Quilmaná, son lavas andesíticas y aglomerados con intercalaciones de tobas y sedimentos calcáreos, y toda la secuencia se encuentra levemente metamorfozada. El depósito se ubica dentro de un sinclinal con rumbo NO en el Grupo Casma, cortado por fallas E-O en su parte oeste; mientras por el este se tiene un sill de diorita y la monzonita de la Superunidad Linga.

La mineralización se encuentra en el sill. En la monzonita de la Superunidad Linga, la alteración es escasa y consiste en vetillas de cuarzo y feldespato potásico con incipiente sericitización, caolinización y propilitización; mientras la alteración hidrotermal en el sill de dioritas consiste en anfíboles, clorita, calcita y esfena en una red de venillas (Vidal et al., 1990).

La mineralización comprende cuerpos en forma de lentes de magnetita de 8 m de grosor diseminaciones de piritita y calcopirita, además venillas de piritita de 2 cm de grosor, con abundantes estructuras vetiformes de actinolita. En los contactos de la roca volcánica con el intrusivo monzogranítico se tiene una mineralización diseminada de calcopirita, pirrotita y molibdenita. Además, se ha descrito bornita y molibdenita con cuarzo, calcita, yeso, azurita y malaquita (Agar, 1981). La extensión del depósito estratiforme tiene 500 m de extensión y un grosor de 0.5 a 8 m (Ponzoni & Vidal, 1982). El manto San Martín de 0.5 a 12 m de grosor es el más rico en Cu y comprende concentraciones de los sulfuros son más abundantes al oeste, y la magnetita predomina

al este; mientras al sur predominan los cuerpos de actinolita y magnetita alojados en la diorita (Vidal et al., 1990). Inicialmente le asignaron un origen exhalativo (Agar, 1981) y otros un origen de magma residual rico en sodio con soluciones hidrotermales evolucionadas lixiviando trazas de Cu, Fe y Co desde su magma parental de gabro y diorita (Ponzoni & Vidal, 1982).

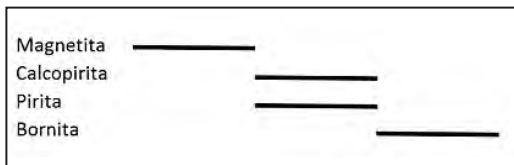


Figura 5.112 Paragénesis en estructuras mineralizadas de Monterrosas.

Fuente: Valencia, Lozada, León, Martínez & Marchena (2018)

Chala

Está ubicado a 620 km al sur de Lima, consiste en 10 mantos de magnetita de hasta 10 m de potencia y corridas de decenas de metros (Olchauski, 1980), los que se encuentran emplazados en medio de lavas y diques de ocoíta y materiales volcánico-sedimentarios, en el arco efusivo fisural de la Formación Chocolate.

Los Icas

Es una operación minera trabajada por la empresa Gota de Oro, localizada en el distrito de Ocucaje, provincia de Ica, región Ica, con las coordenadas 449112 E y 8413183 N, Zona 18. Se accede por un desvío por el tramo en la carretera Ica-Santa Cruz de Palpa.

En el área se describe: 1) Pórfido andesita con vetillas de calcita, las plagioclasas se encuentran argilizadas, las biotitas también cloritizadas masiva que correspondería al Grupo Casma; 2) Dique anfibolítico cortando al intrusivo. Las hornblendas se encuentran fuertemente epidotizadas y reemplazan la roca caja granular.

La mineralización comprende una zona de óxidos con vetas de cuarzo y óxido de hierro, hematita y jarosita de 1.5 m de grosor en una roca pórfido andesita; una zona de vetas con sulfuros (calcopirita, pirita zonada con bornita y una segunda generación de pirita) y magnetita. Los grosores de las vetas con sulfuros son de 20-25 cm de grosor y las vetas de 50 cm de grosor en las rocas pórfido andesitas. Además, presenta vetillas de calcita paralela a la veta falla de sulfuros con orientación N180° y buzando 70°. La veta de óxidos tiene orientación N170° buzando 75°. Se ha descrito leyes de 0.2 g/t de Au, 4-5 oz/t de Ag y 0.5 %-2 % de Cu, con una producción de 500-600 t/mes. Tenemos muestras con leyes de más de 3 % de Cu y 5.6 g/t de Au en la zona de óxidos; y una zona de sulfuros de 1 % de Cu. Los valores de Fe fueron de hasta 17.85 %.

Cobrepampa

Está localizada en el distrito de Acarí, provincia de Caravelí, región Arequipa. Sus coordenadas UTM son 533839E y 8317895 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 31-n (Acarí). Es accesible desde el poblado de Bella Unión a través de una carretera 27 kilómetros al norte de dicho poblado.

En el área, afloran rocas del Batolito de la Costa de la Superunidad Linga, que en este sector es conocido como Monzonita Cobrepampa, que describe más a un pórfido diorita. Hacia el este, tenemos las tobas y conglomerados del Grupo Nasca. La alteración predominante es la propilitización con calcita, clorita, epidota y pirita, seguida de una débil alteración potásica en venillas milimétricas.

El control estructural ha condicionado el emplazamiento de la mineralización con dos sistemas principales de fallamiento, NO-SE con mineralización y posteriormente E-O que produjo la dispersión de las vetas. La mineralización de Cu y Fe comprende una serie de vetas paralelas de azimut N310° y alto buzamiento, con longitudes que pueden alcanzar los 2 km y ancho variable de 5 a 50 cm, rellenan el craquelado de lazos sigmoides formando clavos y cuerpos mineralizados.

Hacia la zona mineralizada se observa primero la formación de biotita secundaria a manera de transición de la etapa magmática a la tardimagmática, preferentemente hacia el núcleo del plutón, en tanto que luego ocurre una fuerte feldespatización que se presenta prácticamente en el Plutón, pero especialmente cerca de los cuerpos mineralizados y que se manifiesta en venillas, diseminaciones y finalmente alterando penetrativamente a toda la roca. Esta alteración viene acompañada de granate ámbar y marrón, de actinolita y turmalina como minerales accesorios. Hacia la periferia de esta feldespatización se dan transicionalmente zonas de cuarzo-sericita y finalmente propilitización.

La principal mena es calcopirita, bornita y como acompañante pirita, trazas de especularita, esfalerita y magnetita. El zoneamiento vertical de las vetas presenta en los 50 primeros metros la zona oxidada de Cu y Fe, apareciendo luego la zona enriquecida con calcosina, covelita, digenita y óxidos de Cu. Esta zona está intercrecida junto con una zona primaria de bornita-calcosina de entre 50 y 100 m, que da paso en profundidad, a la zona de pirita-calcopirita de potencia similar y en profundidad se enriquece en magnetita. En profundidad aparecen también en forma subordinada cantidades menores de W y Sn (Samamé, 1992).

La ganga no metálica asociada es rica en feldespato-K hacia las zonas más potásicas del plutón y dominante en clinopiroxeno y actinolita con traza de cuarzo hacia las zonas periféricas;

además cantidades menores de turmalina, apatito, granate, biotita, clorita, cuarzo y calcita.

Cata Cañete

El distrito minero de Cata, Cañete se ubica 100 km al SE de Lima y consiste en vetas y enjambres menores de mineral de Cu, emplazados en el plutón Cochahuasi del Batolito de la Costa. El plutón Cochahuasi es un cuerpo elongado de 20 x 10 km de orientación NO, que está compuesto de dos unidades principales: la unidad máfica es melanócrata, predominantemente monzodiorítica, intruye y metamorfoza a las formaciones volcanosedimentarias mesozoicas circundantes; hacia el sur y oeste, y es a su vez intruida por la unidad félsica; que es leucócrata y cuarzodiorítica. Ambas unidades son finalmente intruidas por enjambres de diques lamprófidos y son fuertemente afectadas. Todo el conjunto es posteriormente intruido desde el este por el plutón Tiabaya, posttectónico y félsico (Injoque et al., 1995).

La mineralización de Cu se extiende prácticamente por todo el plutón y en parte a las formaciones mesozoicas vecinas, a manera de bandas de mineralización, las que en parte forman vetas con clavos definidos y en parte enjambres menores. Las vetas forman entre sí lazos sigmoidales y los clavos de mineral alcanzan en el plutón los cientos de metros de longitud y potencia de 2 a 10 m, en tanto que las formaciones circundantes solo alcanzan las decenas de metros de longitud.

La mineralización hacia la profundidad y las cajas desarrolla ensambles de clinopiroxeno, granate, epidota y hornblenda, los cuales se encuentran obliterados por el estadio posterior y principal de mineralización, que consiste en calcopirita, pirita, magnetita, cuarzo, clorita, biotita, y calcita, con contenidos menores de bornita, esfalerita, galena, pirrotita, cobaltita, molibdenita, ilmenita, arsenopirita, marcasita, melnicovita y oro (Injoque et al., 1995). Este distrito ha sido mayormente explotado por mineros informales y pequeños mineros, y su potencial es considerado en el orden de los cientos de miles de toneladas de Cu, con una ley promedio de 1.5 % Cu. En los niveles oxidados, en general, son más ricos con subproductos Au y Ag.

Molletambo

Es un proyecto en operación minera, localizada en el distrito de Yauca del Rosario, provincia Ica, región Ica, con las coordenadas 458726 E y 8430983 N, Zona 18. Se accede por la carretera de penetración que sale de Ica al poblado del mismo nombre.

La geología local comprende intrusivos dioríticos a monzodioríticos alterada con óxidos de hierro (jarosita y goethita), intruyendo una roca andesita porfírica obliterada del Grupo Casma. Estos intrusivos son ricos en biotita y magnetita del Cretácico; además, gabros y granodioritas.

Molletambo se ubica en un anticlinal con rumbo NO intruido por sills de gabro, diorita y granodiorita, presenta fallas NO y EO. Como minerales de la zona de óxidos se tiene jarosita, hematita, goethita, crisocola, malaquita, azurita, brocantita, óxidos de Mn. Los metavolcánicos presentan una alteración a biotita con halos de epidota-magnetita. Diseminación de pirita, arsenopirita, calcopirita, pirrotita y magnetita en una roca hospedante de monzogranito. Mantos delgados (afloramiento) dentro de los volcano-clásticos. Las venillas de feldespatos potásicos tienen orientación de N100° con buzamiento de 60°.

En Molletambo, se ha explotado Cu en forma artesanal y Au (>10 ppm) como subproducto. Se tiene leyes de 1 % de Cu y una producción de 500 TM al mes. Muestras recolectadas dieron valores de 0.5 % de Cu y valores bajos de Fe en hasta 9 % debido probablemente a que son muestras superficiales.

Pampa del Pongo

Se localiza en el distrito de Bella Unión, provincia de Caravelí, región Arequipa. Sus coordenadas UTM son 523648E y 8312871 N, Datum WGS84, Zona 18 sur. Es accesible desde el poblado de Bella Unión.

Es uno de los mayores skarns de hierro del mundo con más de 3(Gt) de mineralización en un cuerpo elipsoidal de dirección NNO-SSE, con dimensiones de 7km x 1.2km y una potencia que varía entre 120 y 600 m. Estructuralmente, está localizado dentro del corredor NNO-SSE desarrollado entre las fallas regionales Treinta Libras y Cerrillos-Bella Unión.

La mineralización se relaciona con los primeros estadios de la intrusión del Batolito de la Costa (Cretácico inferior). Se le ha definido como un skarn magnésico clásico desarrollado sobre la dolomía de la Formación Marcona y dominado por magnetita y forsterita (posteriormente remplazada por serpentina) que evoluciona lateralmente a remplazamientos de tipo dolomía + magnetita, con zonas locales enriquecidas en calcopirita, pirita, pirrotita y vonsenita.

Las rocas suprayacentes fundamentalmente de la Formación Río Grande están afectadas por una alteración alcalino-cálcica similar a la relacionada con otros depósitos de tipo IOCG o magnetita-apatito cercanos, y que forman parte del cinturón de depósitos de hierro con cantidades variables de cobre y oro (Calvo et al., 2012). Según el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2021), los recursos medidos e indicados suman 3,430 Mt @ 39.18% Fe, 0.10% Cu, 0.07 g/t Au, 2% S. los recursos inferidos son iguales a 28 Mt @ 38.3% Fe, 0.06% Cu, 0.09 g/t Au y según el MINEM (2020), se tiene reservas de 910.5 Mt @ 38.6% Fe, 0.06 ppm Au, 0.1% Cu. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Pampa de Pongo (Jinzha Mining Perú S.A.) se encuentra en etapa de pre-factibilidad y su puesta en marcha estaría por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 2344 millones.

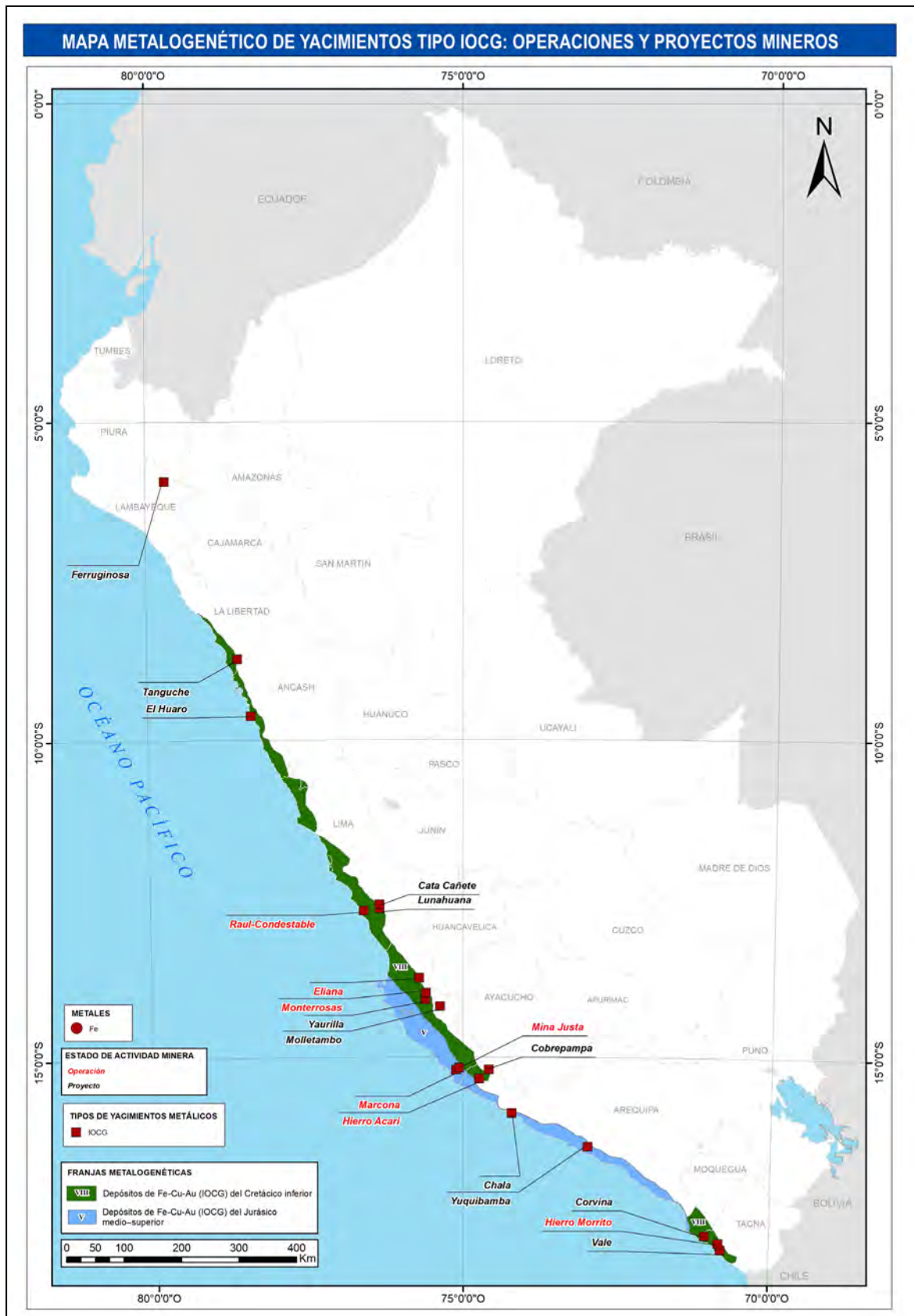


Figura 5.113 Mapa metalogenético de yacimientos tipo IOCG: Operaciones y proyectos mineros.

5.6 SULFUROS MASIVOS VOLCANOGÉNICOS

Italo Rodríguez y Jhonny Torre

5.6.1 Generalidades

Los sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) pertenecen a una larga clase mundial de depósitos de sulfuros masivos concordantes, formados por la descarga de soluciones hidrotermales en el fondo marino, es decir, son acumulaciones de sulfuros de carácter sinvolcánico y se desarrollan en ambientes geológicos caracterizados por la presencia de rocas volcánicas submarinas.

El Perú concentra un gran número de depósitos tipo sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) con depósitos ricos en metales base como el yacimiento Cerro Lindo (Zn-Cu-Pb-Ag) y depósitos con metales preciosos como el yacimiento Tambo Grande (Cu-Zn-Au).

Las cuencas regionales, denominados Lancones y Casma, se componen de subcuencas con propias características de edad, estratificación, litogeoquímicas, estructurales y metalogénicas. Estos depósitos de tipo VMS se formaron en las cuencas volcánico-sedimentarias submarinas cretácicas de la costa centro (cuenca Casma) y costa norte del Perú (cuenca Lancones).

Dentro de la cuenca de Lima hacia el sur, al lado del mar tenemos la cuenca Copará del Neocomiano y al este la cuenca Casma o Quilmaná del Albiano medio-Cenomaniano. Esta última cuenca de acuerdo con los depósitos Palma y Perubar, corresponde a un graben, producto de esfuerzos pull-apart posiblemente sinistral. Al norte de Lima y al borde de la costa, tenemos la subcuenca Huarmey entre Casma y Barranca.

5.6.2 Cuenca Lancones

Contexto metalogenético

La génesis de la cuenca Lancones Cretácica y otros equivalentes de cuencas relacionadas al rift en el oeste de Sudamérica, incluyendo los del oeste peruano, están tectónicamente relacionados al aperturamiento de Gondwana. El volcanismo inicial en la cuenca Lancones en tiempos del Albiano coincide con la etapa inicial del rift, anterior a la extensión de la actividad oceánica, entre Sudamérica y África.

Hacia el flanco pacífico de la Cordillera Occidental se registra un volcanismo submarino (Formación Ereo) del Cretácico inferior 115 - 104 Ma (Winter, 2008). Este volcanismo sería controlado por un rift de dirección NE-SO, y permitió la mineralización de los depósitos de sulfuros masivos (SMV) de Pb-Zn-Cu-Au de Tambogrande (Depósitos denominados TG1, TG3 y B5).

El volcanismo temprano juntamente con el rift pertenece al primer ambiente de formación, dominado por lavas basálticas y brechas, y por rocas volcánicas félsicas porfíricas correspondiente a la Formación Ereo. Estas sucesiones volcánicas rellenaron la porción más baja de la cuenca expuesta y están acompañadas por depósitos volcanogénicos de sulfuros masivos, los que se infieren han sido formadas en una relativa profundidad marina de 2500 m.

Los arcos volcánicos del Cretácico superior (Formación La Bocana), de 99.3 ± 0.3 a 91.1 ± 1.0 Ma (Winter, 2008), en la cuenca Lancones tendrían sus orígenes con orientaciones NNE-SSO y NO-SE. Una secuencia aproximada de 10 km de rocas basálticas y volcánicos riolíticos del Cretácico forman parte del arco de la cuenca Lancones en el noroeste peruano y parte de la deflexión de Huancabamba. Estos arcos están asociados a un volcanismo fisural y a centros volcánicos submarinos de mares someros, debido a la presencia de facies ignimbriticas (Injoque et al., 2000). Este episodio volcánico está seguido por plutonismo granitoide de inicios del Batolito de la Costa en el Cretácico superior. Asociado a este vulcanismo se tiene los depósitos de sulfuros masivos de Pb-Zn-Cu tipo Kuroko como La Bocana, La Saucha, El Papayo, Potrobayo, Tejedores, entre otros.

Tipos de depósitos metálicos

Depósito sulfuro masivo volcanogénico Cu-(Pb-Zn-Au-Ag)

Tambogrande

Tambogrande se encuentra ubicado en el distrito de Tambogrande y provincia de Piura. En las coordenadas centrales 573042 E y 9454722 N con una altitud 71 m s. n. m. Está constituido por tres depósitos, definidos como TG1, TG3 y B5; todos ellos hospedados en la unidad volcánica Cretácico inferior, denominada Formación Ereo.

Está clasificado como sulfuro masivo volcanogénico máfico bimodal de Cu-Zn-Au, debido a que la mineralización está relacionada al emplazamiento de domos de composición dacítica dentro de una roca encajante volcánico basáltico (Tegard et al., 2000; Ríos, 2004).

Inicialmente fue catalogado y estudiado como un depósito volcánico exhalativo submarino del tipo Kuroko (Injoque, 1978 y Tumián, 2003) o como un depósito de Cu-Zn-Ag pirítico (Cardozo & Cedillo, 1990). Fue considerado luego como un sulfuro masivo volcanogénico (SMV) de tipo Chipre (Injoque & Aranda, 2005), y finalmente definido como sulfuros masivos volvanogénicos tipo Tambogrande (Cu-Zn), de gran tonelaje, asociados a domos dacíticos y en un ambiente distensivo (Ríos, 2004). Se los considera como uno de los pocos depósitos de este tipo con 100 MT (Winter & Tosdal, 2004) y con el contenido promedio de Au y Ag más alto que en otros VMS.

El cuerpo TG1, denominado así por Manhattan Minerals Corporation, fue descubierto por la BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) con la cooperación del Ingemmet (Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú). Este cuerpo fue descubierto en 1979, en base a unas anomalías geofísicas que se llevaron a cabo y a un programa de perforación de dos sondajes. Esta depositación de sulfuros se concentró en la zona más profunda de la cuenca, y fue acompañado por el fallamiento sinvolcánico y por erupciones episódicas de dacitas y basaltos. Los flujos hidrotermales se encausaron en fallas sinvolcánicas que depositaron sulfuros en una cuenca profunda y restringida, en depresiones que funcionaron como trampas eficientes para la depositación de estos sulfuros.

El cuerpo TG3 tiene aproximadamente una longitud de 1000 m, 550 m de ancho y 300 m. de espesor. Este depósito es más profundo y localizado a 500 metros al sur de TG-1. Presenta como recursos inferidos 110 millones de toneladas con 0.7 % de Cu, 1.0 % de Zn, 0.7 g/t de Au y 19 g/t de Ag (Tegart et al., 2000).

El cuerpo B5 fue descubierto el año 2000 por *Manhattan Minerals Corporation*, mediante sondeos diamantinos, donde la mayoría de ellos presentan interceptos de 142 m en promedio. Las leyes están en el orden de 2.0 % de Cu, 3.5 % de Zn, 1.0 g/t de Au y 56 g/t de Ag (Tegart, 2000). El piso del depósito es de basalto pillow lava o flujo laminar con brecha autoclástica globular. Los ambientes mineralizados están dominados por flujos de lava dacíticas y asociaciones de brechas. Cuerpos de sulfuros masivos ocurren en fallas sinvolcánicas y a lo largo de márgenes de domos dacíticos. Los sulfuros masivos están intercalados con basaltos, dacitas volcánoclasticas y en menor medida de rocas sedimentarias, indicándonos que la mineralización ocurre en el piso marino.

Los cuerpos mineralizados también muestran un evento mineralógico que varía desde núcleos de pirita masiva,

reemplazamiento basal de cobre, seguidos de zonas de calcopirita diseminada con contenidos de calcocita – covelita, hasta zonas con esfalerita - tenanita (Cartensen et al., 2000). Los mayores contenidos de oro están mayormente asociados a los niveles con presencia de baritina y calcopirita. Los yacimientos TG1, TG3 y B5, presentan alteraciones hidrotermales restringidas principalmente a los volcánicos dacíticos. La alteración más distal está conformada por halos de clorita-pirita-calcita hasta núcleos de sílice-sericita. Existen dos tipos de clorita, una verdosa en los halos periféricos y otra negra, en niveles profundos. Estructuralmente, Tambogrande presenta tres sistemas de fallas con rumbos NO-SE, NE-SO y E-O. La conjugación de estos lineamientos probablemente ha permitido el emplazamiento de domos y flujos dacíticos, asociados con la mineralización.

La edad de mineralización de este yacimiento ha sido estimada por análisis de datación en edad Cretácica, como las dataciones en zircón en U-Pb que brindaron 104.8 ± 1.3 Ma (Winter, 2008).

Se tiene como antecedente haberse llevado a cabo 106 pozos o taladros de perforación con un total de 28 782 metros perforados de 60 000 metros para confirmar la existencia de recursos minerales adicionales que se vinculaba con el proyecto. Según Valencia et al., (2018), las reservas metálicas en Tambogrande al 2004 son de: TG1 (óxidos) 8 Mt @ 3.6 g/t Au, 62 g/t Ag, TG1 (sulfuros) 56 Mt @ 1.6% Cu, 1% Zn, 0.5 g/t Au, 26 g/t Ag; TG3 (sulfuros) 82 Mt @ 1% Cu, 1.4% Zn, 0.8 g/t Au, 25 g/t Ag y en B5 (sulfuros) 100 Mt @ 2% Cu, 3.5% Zn, 1 g/t Au, 56 g/t Ag. Posteriormente, según el reporte anual de Manhattan Minerals (2002), las reservas son de 49.2 Mt @ 26 g/t Ag, 0.6 g/t Au, 1.6 % Cu, 1 % Zn; recursos medidos e indicados de 56.16 Mt @ 26 g/t Ag, 0.5 g/t Au, 1.6 % Cu, 1 % Zn; y recursos inferidos de 85.3 Mt @ 0.78 g/t Au, 24.73 Ag g/t, 1.02 % Cu, 1.58 % Zn.

Tabla 5.1

Tonelaje y leyes de los depósitos de Tambogrande

Cuerpo	Nº de Sondajes	TM en millones	Cu %	Zn%	Au g/t	Ag g/t
TG1 ÓXIDOS	357	7.964			3.6	62.0
TG1 SULFUROS	357	56.156	1.6	1.0	0.5	26.0
TG3 SULFUROS	53	82.00	10.0	1.4	0.8	25.0
B5 SULFUROS*	14	100.00				

Fuente: Tegart, P. (2000) – Tambo Grande district, Piura Department, northern Peru



Fotografía 5.3 Formación Ereo - Lavas Basálticas Almohadilladas de la Formación Ereo. Afloramientos de lavas basálticas en almohadillas.



Fotografía 5.4 Formación Ereo - brechas de composiciones andesítico-basálticas masivas, vacuolares y hialoclásticas ligeramente propilitizadas, metamorfizadas y epidotizadas en las inmediaciones de Pelingara.

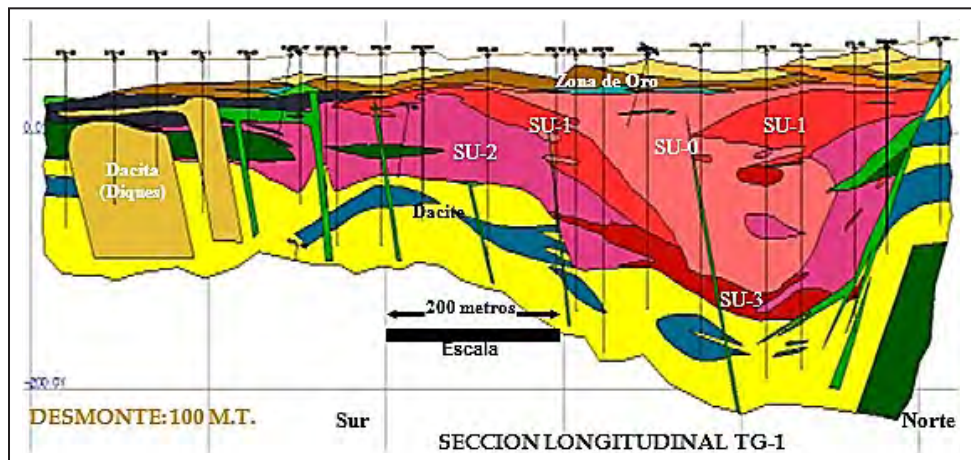


Figura 5.114 Sección del Depósito TG1 – Tambogrande.
Fuente: Manhattan Minerals Corp. (Press release Jul 19, 2004)

Depósitos sulfuros masivos volcánicos Pb-Zn-Cu: Tipo Kuroko o Calcoalcalinos

Los depósitos polimetálicos de sulfuros masivos volcánicos del tipo Kuroko o calcoalcalinos que se han formado por la descarga de los sistemas hidrotermales submarinos asociados con estructuras del tipo caldera (Pirjano, 1992). Los depósitos del Grupo Zn-Pb-Cu son mundialmente conocidos como depósitos tipo Kuroko (Misra, 2000).

Los yacimientos de Zn-Pb-Cu localizados dentro de la cuenca Lancones, se encuentran hospedados en secuencias volcano-sedimentarias del Cretácico inferior a superior, denominada Formación La Bocana. Numerosos depósitos han sido descubiertos por indicios de afloramientos de manifestaciones superficiales de horizontes ferruginosos con contenido de baritina y por anomalías geofísicas gravimétricas (> 100 mgals) y por sondeos diamantinos.

En el sector de Tomapampa e Higuierón se tienen registrados fósiles como gimnospermas del género *Cycadeoidea sp.*, amonites del género *Mortoniceras cf. Marrecacia Maury*, que indican una edad Albiano - Cenomaniano (Reyes et al., 1987), de los niveles hospedantes de mineralización de Pb-Zn-Cu de la Formación La Bocana; es decir, representaría a la posible edad de mineralización de este tipo de yacimientos.

Entre los yacimientos más importantes de este tipo de sulfuros masivos volcánicos del grupo Zn-Pb-Cu, se mencionan: Cerro Colorado, El Papayo y Potrobayo, Miraflores, Tejedores, Higuierón, Guitarras, La Bocana, La Saucha, Huasimo; algunos de estos depósitos han sido definidos como “ventanas exhalativas” (Injoque, 2000). En la figura 5.115, se ha realizado un diagrama ternario de las composiciones metálicas de los depósitos VMS más representativos de la cuenca Lancones,

teniendo como datos del tabla 5.2. Entre los depósitos sulfuros masivos volcánicos (VMS) tipo Kuroko o Calcoalcalinos se destacan los siguientes:

Cerro Colorado

Se ubica en el distrito de Tambogrande, provincia de Piura, en las coordenadas UTM: 590240 E y 9461500 N, Zona 17; con una altitud de 155 m s. n. m.

El afloramiento exhalativo-volcánico Cerro Colorado está emplazado en secuencias volcánicas de la Formación La Bocana. La estratigrafía está representada en la base por andesitas almohadilladas, lavas félsicas, tobas, limolitas, cherts y brechas hialoclásticas. Hacia la parte superior, la Formación Lancones aflora en discordancia mostrando andesitas verdes. Relacionada a las lavas dacíticas se tienen domos alineados en la dirección NNE-SSO.

Como antecedente, la Cia. de Minas Buenaventura S.A.A. ejecutó 11 sondeos diamantinos dirigidos sobre anomalías gravimétricas reportándose tramos con sulfuros masivos. Tiene como recursos indicados 0.25 Mt con 0.83 % Zn y 0.40 % Pb que evidencian que se habrían depositado a los bordes de ventanas exhalativas. En el distrito se localizan cuatro ventanas exhalativas denominados Cerro Colorado, Papayo, Revolcadero y Recodo. Se reconocen por la alteración hidrotermal, consistente en alteración de argilización y filica (cuarzo-sericita), así como la presencia de baritina sedimentaria (Cerro Colorado, Papayo), brechas hidrotermales con hematita (Cerro Colorado) y presencia de limonitas con malaquita. Además, en la geoquímica de suelos resaltan anomalías de Zn (>200 ppm), Pb (>120 ppm) y Cu (>120 ppm). Cabe señalar que los valores anómalos de Mo podrían tener una relación con intrusiones tardías.

Además de estos depósitos, tenemos el conocimiento de la perforación en tres prospectos, uno de ellos se denomina

Carrizalillo, al norte del Papayo, que resultó ser un diseminado de pirita-magnetita al contacto con una diorita.

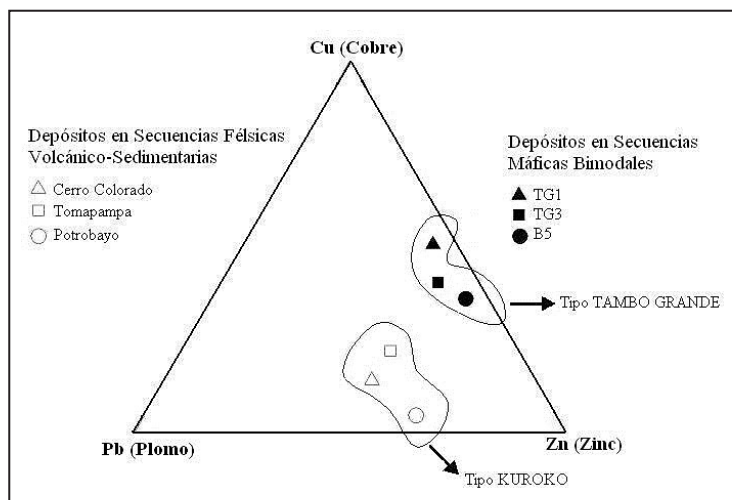


Figura 5.115 Diagrama ternario de las composiciones metálicas de los depósitos VMS más representativos de la cuenca Lancones, teniendo como datos los depósitos de la cuenca Lancones.

Fuente: Carranza (2008)

Tabla 5.2

Contenido metálico de las muestras de Cerro Colorado

Muestra	Este	Norte	Au g/t	Ag ppm	As ppm	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	Zn ppm	Nombre de roca
Cac -101	590355	9500475	0.005	0.5	5	15	469	9	14	porfido cuarífero
Cac -102	590315	9500445	0.005	0.5	5	4	1645	7	15	porfido cuarífero
Cac -103	590200	9500340	0.016	0.5	5	3	433	21	14	veta
Cac -104	590080	9500275	0.69	1.2	19	300	245	46	22	veta
Cac -105	590260	9500265	0.005	0.5	5	3	1303	5	6	veta
Cac -106	589810	9500210	0.024	0.5	330	292	737	220	83	veta
Cac -107	590990	9500560	0.006	0.5	5	11	516	2	4	veta
Cac -108	590475	9500650	0.006	0.5	5	7	402	2	5	veta
Cac -109	589690	9500440	0.022	0.7	410	1442	4	91	881	veta
Cac -110	589715	9500425	0.27	17.9	566	1170	9	648	725	veta
Cac -111	591035	9500435	0.005	0.5	5	18	2629	8	5	granito

Fuente: Tegart P., (2009) - Tambogrande District, Piura Department, Northern Peru. Manhattan Minerals Corporation

El Papayo

Es un prospecto de mineralización tipo sulfuro masivo volcanogénico. Se ubica en las inmediaciones del distrito de Tambogrande, provincia de Piura, departamento de Piura. Las coordenadas centrales de este prospecto se localizan en 593109 E y 9467610 N, Zona 17.

El Papayo presenta una estratigrafía conformada en la base por andesitas almohadilladas, lavas dacíticas, tobas, limonitas y cherts. En la parte superior, se encuentran andesitas basálticas en estructuras de almohadillas. Ocurren domos dacíticos alineados en dirección NNE-SSO.

Se ha identificado alteraciones hidrotermales como argílica y filica (sílice - sericita) con presencia de brechas con matriz de óxidos y baritina. En los estudios mineragráficos, se ha identificado mineralización de sulfuros como piritita, calcopiritita y esfalerita, así como algunos sulfatos como digenita.

En Papayo, se ha reportado cuatro sondeos diamantinos ejecutados por BISA, con un total 426 m que les permitió definir un recurso indicado de 0.5 millones de toneladas con 1.5 % de Zn y contenidos menores de Cu, Pb y Au (Cabos, 2006).

La Copa – Higuierón

Los afloramientos exhalativos volcánicos La Copa-Higuierón-Tomapampa se ubican en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca en las coordenadas centrales UTM 603560 E y 9489660 N, Zona 17; con una altitud 432 m s. n. m.

Está emplazado en el nivel medio de la Formación La Bocana. La secuencia estratigráfica consiste en un nivel inferior compuesto de andesitas y basaltos, que se observan en el río Quiroz; el nivel medio de esta formación consiste en calizas, limoarcillitas y areniscas, intercaladas con lavas dacíticas y tobas ignimbriticas dacíticas y andesíticas.

El nivel superior es el más expuesto; consiste en lavas andesíticas vacuolares y silíceas, aglomerados andesíticos de la Formación Lancones. Existen también pequeños diques y sills de andesitas silíceas, equivalentes a los niveles superiores de la Formación La Bocana. Las estructuras dominantes son fallas normales NO-SE, que controlan un graben a lo largo del río Quiroz.

La mineralización presenta cinco ventanas exhalativas, entre las más conocidas y estudiadas son la ventana exhalativa Rinconada y otras tres ventanas en el cerro Pichichaque, en las coordenadas son 607875 E y 9495680 N, altitud 1154 m s. n. m.

Se tiene conocimiento de valores anómalos de Au, Cu, Pb, Zn comprobados por estudios realizados en la zona por diversas compañías mineras.

El modelo geológico para esta zona considera que las exhalaciones hidrotermales provenientes de las ventanas exhalativas conocidas no habrían depositado cuerpos de sulfuros grandes en la inmediata vecindad de estos vents, debido a que la cuenca deposicional era inestable y que los materiales sedimentarios migraban hacia el suroeste. Las soluciones, por tanto, habrían corrido la misma suerte, salvo para algunos horizontes de baritina, que habrían formado cuerpos distales a algunos cientos de metros de distancia de sus fuentes (Injoque, 1999). Los cuerpos más grandes coincidirían en parte con las anomalías geofísicas conocidas por los estudios geofísicos de la

magnetometría y gravimetría aérea que se realizó en la cuenca Lancones (Joint Venture BHP & Buenaventura, 2001).

La Saucha

El proyecto La Saucha está localizado en el caserío del mismo nombre, distrito de Suyo, departamento de Piura, al NE de la cuenca Lancones, Hoja 10-C, Las Lomas.

Es un proyecto de sulfuros masivos volcanogénicos aún en estudio. La primera campaña de exploración es llevada a cabo por Cia. de Minas Buenaventura en los años 1990. Actualmente, se viene realizando una serie de estudios, incluyendo perforación. Se ubica en la transición de la Formación La Bocana y la Formación Lancones. De acuerdo con la roca encajonante, los gossan coinciden con la estratigrafía, y la posición de domos félsicos y tobas de composición dacítica con anomalías de Cu, Pb, Ba y Ag.

Otros estudios se basan que las tobas y volcánico-clásticas subaéreos no guardan relación con la mineralización de sulfuros masivos volcanogénicos asociada a los volcánicos submarinos del Cretáceo inferior, es decir, una mineralización mesotermal asociada a las vetas de oro que se localiza en todo el distrito de Suyo. El muestreo geoquímico presenta leyes aproximadas de 1 g/T de Au.

Potrobayo

Se ubica al oeste del poblado y distrito de Las Lomas, entre los cerros Algodonal y La Mina. Se encuentra en las coordenadas UTM 575360 E y 9493777 N, Zona 17.

La litoestratigrafía del yacimiento Potrobayo está conformada por una secuencia inferior de lavas hialoclásticas de composición andesítica con intercalaciones de tobas dacíticas. La secuencia media contiene tobas félsicas volcánico-clásticas con algunos horizontes de limonitas y secuencias de ignimbritas traquíticas, mientras que la secuencia superior consiste en intercalaciones de lavas andesíticas y tobas dacíticas, que gradan al tope a lahares andesíticos.

En algunos sectores, las secuencias volcánico-sedimentarias se encuentran cortadas por intrusivos subvolcánicos dacíticos, granodioritas y tonalitas tardías del Batolito de la Costa, alineados preferentemente con rumbo NE-SO y probablemente controlados por el sistema de fallas NE-SO.

Se observa evidencias superficiales de mineralización de hierro en forma de especularita, constituyendo sombreros de hierro con evidencias anómalas de Cu, Pb y Zn, así como la presencia de algunos cuerpos pequeños de baritina. En la parte central del yacimiento Potrobayo, se presentan brechas de sílice-piritita-hematita, extendidas discontinuamente a lo largo de 400 m y cortadas por tobas finas silíceas blancas tardías.

El muestreo geoquímico realizado en las brechas hidrotermales, así como en la ventana exhalativa de sílice-hematita, muestran valores anómalos de Cu, mientras que las tobas son mayormente estériles y postminerales.

La alteración hidrotermal está registrada en rocas de composición dacítica y está relacionada a una ventana exhalativa. Estas alteraciones presentan núcleos silíceos con presencia de clorita rica en hierro, márgenes sericiticos y hacia la periferia zonas epidotizadas.

La Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. realizó exploraciones geofísicas gravimétricas y magnetométricas, definiendo zonas anómalas hasta de 0.5 mgals, que podrían estar asociados a cuerpos de sulfuros masivos de hasta 10 millones de toneladas a profundidades de 200 a 300 m. Según Rodríguez (2012), se tiene recursos indicados de 0.25 MT con 60% Zn y 0.16% Pb.

Tabla 5.3

Valores de la concentración de metales en el sector de Potrobayo

Muestras	Este	Norte	Au g/t	Ag ppm	As ppm	Fe %	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	Zn ppm	Nombre de roca
Ptby-101	576460	9495070	0.05	0.5	10	>10,0	133	14	28	34	gossan
Ptby-102	576495	9495080	0.05	0.5	99	>10,0	530	18	77	56	gossan
Ptby-103	576465	9495070	0.05	0.5	17	>10,0	157	9	33	45	gossan
Ptby-104	576420	9495090	0.05	0.5	8	>10,0	228	8	70	33	gossan
Ptby-106	576165	9495170	0.05	0.5	29	>10,0	720	24	67	57	Veta
Ptby-107	576045	9495130	0.05	0.5	19	>10,0	282	13	35	68	Gossan
Ptby-108	576390	9495130	0.05	0.5	18	>10,0	75	32	74	38	Veta

Fuente: Boletín 29B - Ingemmet

Somate

Es un prospecto de mineralización tipo sulfuro masivo volcanogénico. Se ubica en la vecindad del pueblo de Somate, distrito de Tambogrande, provincia de Piura, departamento de Piura.

Descubierto por estudios geofísicos realizados por la compañía minera North S.A. en Joint Venture con la compañía de Minas Buenaventura. Se tiene antecedentes de estudios de geofísica aeromagnetometría en el norte y oeste de las cercanías del yacimiento de Tambogrande, presentando características de un cuerpo de sulfuros masivos.

Tomapampa

Se ubica en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca. Las coordenadas centrales 604613 E y 9491670 N, Zona 17; con una altitud de 390 m s. n. m.

La secuencia estratigráfica está conformada por un nivel inferior de andesitas y basaltos. Seguidamente, secuencias sedimentarias como calizas, limoarcillitas y areniscas, intercaladas con lavas dacíticas e ignimbritas dacíticas. El nivel

superior es el más expuesto y consiste en lavas vacuolares y tobas andesíticas. En los niveles volcánicos dacíticos, se tiene intrusiones de domos de similar composición, mientras que toda la secuencia volcano-sedimentaria es cortada por numerosos diques andesíticos orientados en dirección NE-SO.

La mineralización en Tomapampa está hospedada en el nivel medio de la Formación La Bocana y asociada a domos de composición dacítica del volcanismo bimodal de esta unidad (Injoque, 2000). La mina Tomapampa conocida como "Pacazo" consiste en lavas andesíticas, tobas, calizas, limoarcillitas y cherts, con algunos horizontes de baritina sedimentaria. Estas rocas se encuentran cortadas por algunas brechas hidrotermales de sílice-pirita y por un stockwork de pirita, esfalerita, con contenidos menores de calcopirita y galena.

Las alteraciones hidrotermales se restringen a un área de 500 m x 500 m y están conformadas por pequeños núcleos filicos (sílice-sericita-óxidos) y extensos halos propiliticos (cloritas-zeolitas-haloisita). Las zonas con alteración filica-óxidos contienen relictos de pirita, calcopirita y esfalerita. Algunas de ellas cortadas por venillas subparalelas de cuarzo, con una orientación preferencial de 355° y buzamiento 70° al NE.

Se han realizado 6 trincheras, 5 sondajes diamantinos (932 m) y un túnel de aproximadamente 300 m de longitud. Los recursos indicados de Tomapampa ascienden a 0.5 millones de toneladas

con 1.5 % de Zn, 0.12 a 0.35 g/t de Au y 19 a 87 g/t de Ag. En un análisis de muestra selectiva de dichas venillas (610606 E, 9490109 N), reportando 1.7 g/t de Au.



Fotografía 5.5 Tomapampa: En profundidad (15 m) comienza el nivel enriquecido. Se observa una alteración argílica.



Fotografía 5.6 Tomapampa - Covelita, malaquita, calcantita, atacamita, cuprita, calcosina.

Totalal

Se ubica al sureste de Las Lomas, en las coordenadas centrales 589850E y 9461500N en el lugar denominado Cerro Totalal. Se presentan en forma de cuerpos tabulares pequeños, emplazados igualmente en rocas volcánicas cretáceas. Algunos de estos indicios vienen siendo trabajados por minería artesanal.

La evidencia de un sombrero de hierro similar a los que se encuentran en Tambogrande y Potrobayo, cuyas dimensiones promedio son 350 m x 150 m. Indicios de mineralización consisten en pirita y calcopirita asociadas con baritina.

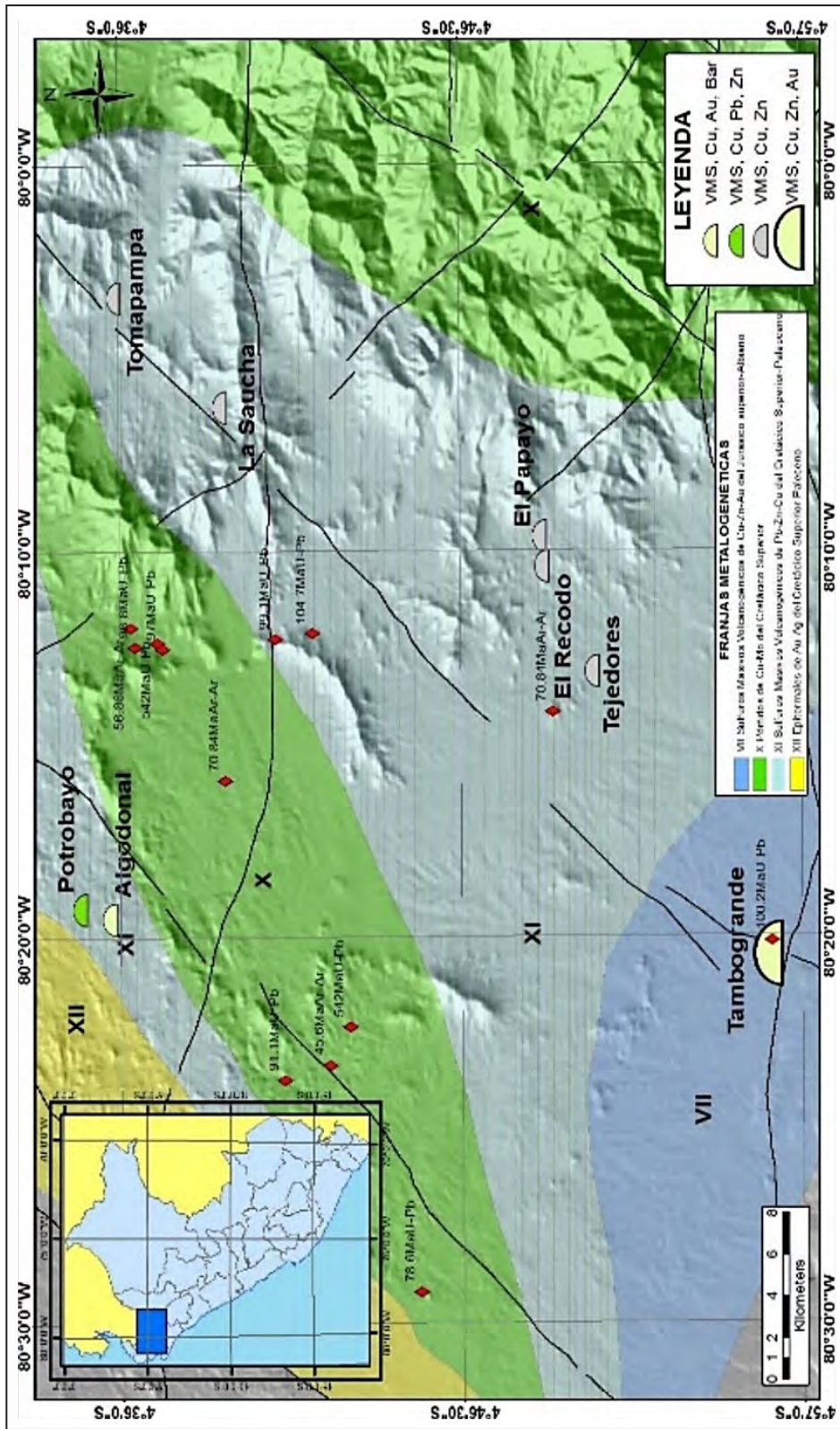


Figura 5.116 Depósitos de sulfuros masivos comprendidos en las franjas metalogénicas de sulfuros masivos volcánicos.

5.6.3 Cuenca Huarmey y cuenca Cañete

Contexto Metalogénico

La cuenca Casma que se extiende por aprox. 1000 km a lo largo de la costa del Perú central, desde la ciudad de Ica hasta Trujillo. Ha sido dividida en dos subcuencas denominadas Huarmey y Cañete formuladas por Atherton et al. (1985).

Se tiene como antecedentes que la subcuenca Cañete contiene depósitos VMS entre los que se mencionan Cerro Lindo, Perubar, Palma, Aurora Augusta, Balducho y Cantera (Vidal, 1987; Injoque, Steinmüller et al., 2000).

La edad de formación de la cuenca Casma ha sido considerada como Cretácico, más precisamente Albiano–Cenomaniano (~108-93 Ma.) en base a fósiles reportados por Ortiz (1966) y Myers (1974), los cuales fueron encontrados dentro de las secuencias volcánico-sedimentarias inferiores del Grupo Casma. Trabajos posteriores de Polliand et al. (2005) y Romero (2007) basados en dataciones radiométricas U-Pb en los

depósitos VMS de Perubar y Aurora Augusta muestran que las secuencias volcánico-sedimentarias consideradas como las unidades superiores del Grupo Casma son de edad Cretácico superior - Paleoceno, más precisamente Maastrichtiano-Daniano (~70-60 Ma.)

Contexto tectónico

Durante el Cretácico, el contexto tectónico de la costa peruana estuvo caracterizado por una alta tasa de convergencia con un importante componente oblicuo (Jaillard et al. 2000; Larson 1991; Soler & Bonhomme 1990) entre la placa oceánica Farallón y la placa Sudamericana, y consecuentemente por la formación de cuencas volcánico-sedimentarias con altas razones de subsidencia (Polliand, 2005) que en conjunto forman la cuenca Casma y donde se depositaron secuencias volcánico-sedimentarias submarinas denominadas Grupo Casma. La formación de estas cuencas estuvo acompañada y seguida por numerosas intrusiones que forman el Batolito de la Costa (105- 60 Ma).

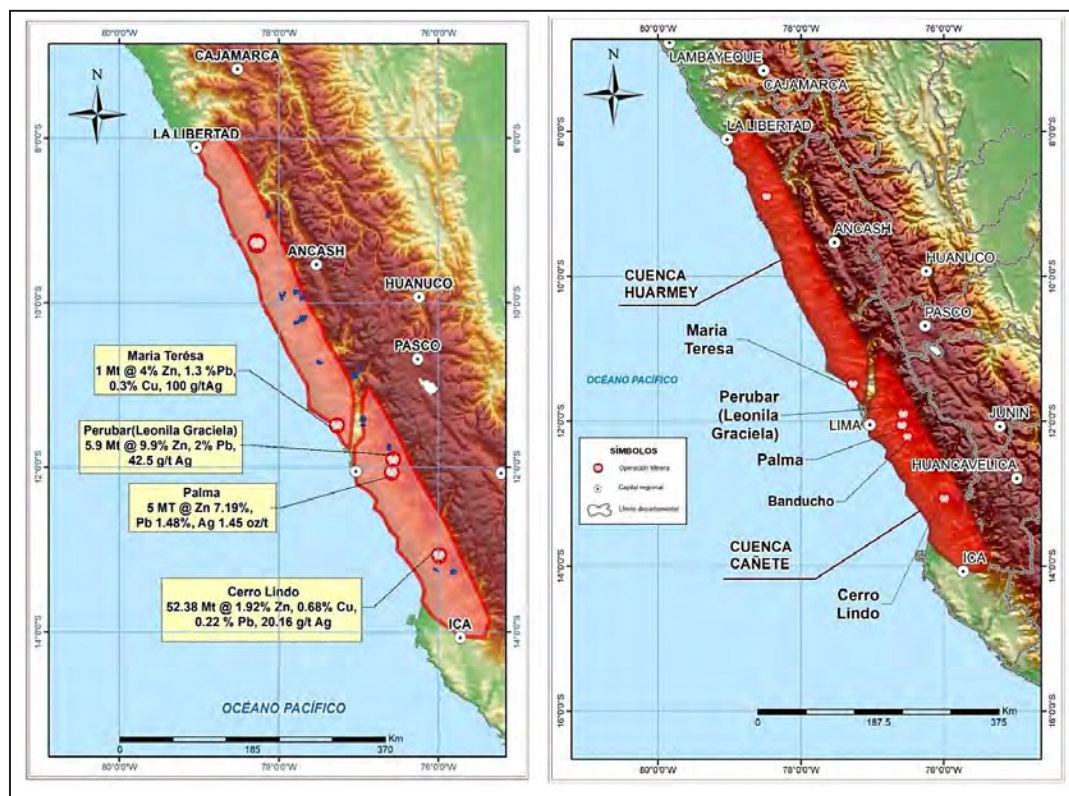


Figura 5.117 Proyectos y Operaciones representativos VMS.
Fuente: Carranza (2008)

Varios autores (Atherton & Aguirre, 1992; Atherton, 1990; Atherton & Webb, 1989; Atherton et al., 1985) consideran que la cuenca Casma representa una cuenca marginal de trasarco caracterizada por un fuerte adelgazamiento cortical y donde no hubo creación de corteza oceánica, o que la cuenca Casma se formó bajo el contexto de arco volcánico extensivo según Soler (1991); Polliand et al. (2005) interpretan que las secuencias superiores del Grupo Casma, la cual hospeda los depósitos tipo VMS, se formaron dentro de cuencas pull-apart de intra-arco, relacionadas a movimientos de rumbo dextrales en un contexto de convergencia oblicua (Perubar).

Las observaciones e interpretación de Polliand et al., (2005) guardan relación con los estudios sobre la dinámica de convergencia oblicua durante el Cretácico (ej. Jaillard et al., 2000); sin embargo, solo han sido observadas en las secuencias superiores del Grupo Casma del depósito de Perubar. Por otro lado, existen varios trabajos (Jara et al., 2012) donde se muestran evidencias de un mayor carácter extensivo para las secuencias inferiores del Grupo Casma.

En cuanto a la signatura geoquímica de las rocas de la cuenca Casma, de acuerdo con Cueva et al. (2010), quienes usan la subdivisión de facies propuesta por Romero (2007), se muestra que las lavas basálticas y andesíticas del Albiano-Cenomaniano corresponden a las series toleíticas y calcoalcalinas, mientras que las lavas andesíticas y dacíticas del Maastrichtiano-Daniano tienden a caer en el campo de la serie calcoalcalina, según la relación Ce/Y (Mantle & Collins, 2008).

Cueva et al. (2010) muestran que las lavas del Albiano-Cenomaniano se formaron en una corteza con un espesor que varía entre ~8 hasta 25 km, y las lavas del Maastrichtiano-Daniano en una corteza con espesores que varían entre ~20 y 35 km.

Cerro Lindo

El yacimiento Cerro Lindo se ubica a 175 km al sureste de Lima en la costa árida del sur de Perú. Precisamente se encuentra en la quebrada Topara, paraje Huapunga del distrito de Chavín, provincia de Chinchipe, del departamento de Ica.

Se emplaza dentro de una franja volcano-sedimentaria de la Formación Huaranguillo de edad Albiano medio a Senoniano (Cretácico medio) que descansa como un roof pendant sobre los intrusivos pertenecientes al Batolito de la Costa. La Formación Huaranguillo tiene un rumbo general de N60 O y buza preferencialmente al SO. Estas rocas se acumularon en una cuenca back arc como resultado del tectonismo extensional durante la subducción.

El depósito Cerro Lindo alcanza 850 m de largo, 450 m de ancho, 230 m de potencia y contiene más de 200 Mt de sulfuros masivos acumulados en el yacimiento. Se distinguen tres cuerpos principales (C-1, C-2, C-5), controlados por fallas que ocasionan desplazamiento y cambios abruptos en sus potencias. Con respecto a la mineralización en Cerro Lindo se identifican tres litologías de sulfuros masivos (sulfuros + baritina > 50%):

- Los sulfuros baríticos zincíferos bandeados (SBZ) son compuestos de baritina (10-60 %), esfalerita color castaño (2-60 %), pirita (30-80 %) y galena (0-10 %). La textura es granular gruesa y bandeada.
- Los sulfuros baríticos cupríferos (SBC) contienen baritina (10-60 %), pirita (10-40 %), calcopirita (1-30 %), esfalerita marrón oscuro marmatítica (1-8 %) y pirrotina (1-5 %).
- Los sulfuros piritosos (SP) están compuestos por pirita gruesa (>90 %), poca baritina (<10 %) y calcopirita intersticial (0-3 %). La textura es homogénea a grano grueso. Su potencia va de 10 a 150 metros.



Figura 5.118 Vista general de Cerro Lindo.

Fuente: Gariépy & Hinojosa (2003)

La evolución de los sulfuros masivos se determina por el emplazamiento contemporáneo de SBZ, SBC y SP. Los sulfuros baríticos zincíferos se depositaron a la manera de sedimentos químicos sobre o muy cerca del fondo marino; por debajo y a mayor temperatura se encuentran SBC y SP. En la medida en que la temperatura iba subiendo en las celdas hidrotermales,

el SP junto con los fluidos cupríferos se desarrollaron mediante procesos de metasomatismo vertical y lateral afectando al SBZ y los volcánicos adyacentes. El cobre se concentra en un frente de reemplazamiento metasomático ubicado al contacto entre sulfuros baríticos zincíferos y sulfuros piríticos.

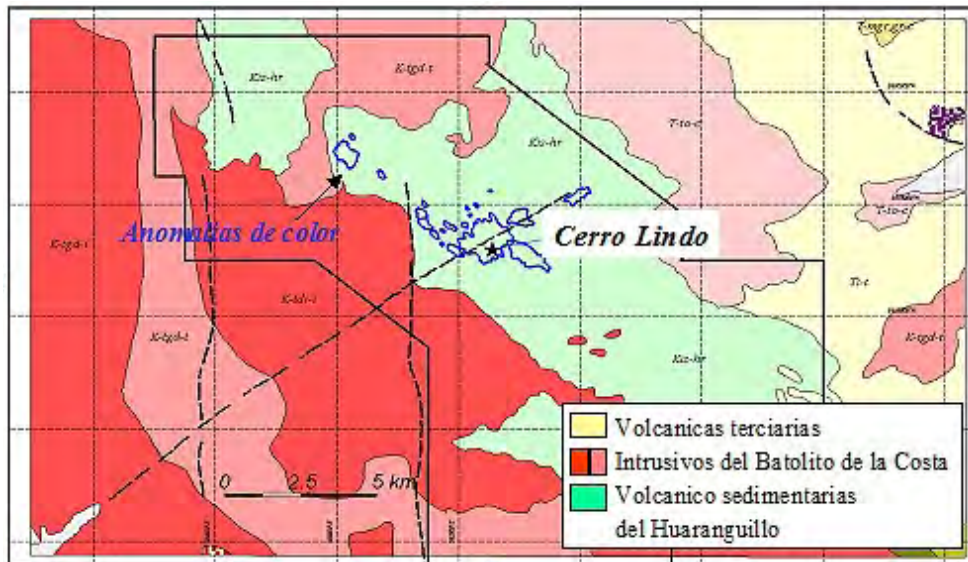


Figura 5.119 Geología Regional de la unidad minera Cerro Lindo, se aprecian las anomalías de color ubicadas en las capas volcánico-sedimentarias del Huaranguillo.

Fuente: Gariépy & Hinostroza (2003)



Figura 5.120 Paragénesis mineral de la unidad minera Cerro Lindo, se aprecian las anomalías de color ubicadas en las capas volcánico-sedimentarias del Huaranguillo.

Fuente: Gariépy & Hinostroza (2003)

Un papel fundamental lo jugaron las fallas sinvolcánicas que sirvieron como conductos de los fluidos mineralizantes y, además, permitieron la ocurrencia de bajos estructurales donde se desarrollaron cuerpos de gran potencia y determinaron altos estructurales que preservaron sulfuros masivos de alta ley de zinc (figura 5.121).

Según Nexa Resources (2021), se tiene recursos medidos e indicados 7.44 Mt @ 1.50% Zn, 0.24% Pb, 0.55% Cu, 24.7 g/t

Ag; recursos inferidos 8.23 Mt @ 1.40% Zn, 0.46 % Pb, 0.29 % Cu, 39.2 g/t Ag y reservas probadas y probables 36.76 Mt @ 1.43% Zn, 0.20% Pb, 0.62% Cu, 22.3 g/t Ag. La producción minera metálica en Cerro Lindo en el año 2019 destacó en 120 906 (Kg finos) de Ag, 132 198 (TMF) de Zn, 39 279 (TMF) de Cu, 14 446 (TMF) de Pb.. El potencial de exploración es muy bueno; el cuerpo 5 permanece abierto en el rumbo, el cuerpo 1 en profundidad y el cuerpo 4 en todas direcciones.

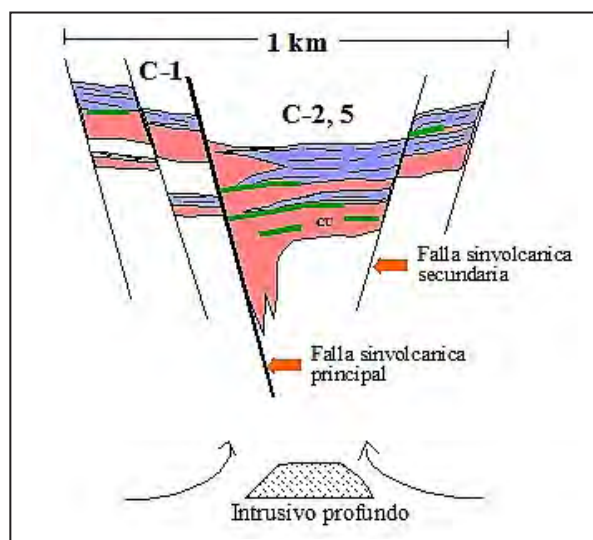


Figura 5.121 Las fallas sinvolcánicas sirvieron como conductos para los fluidos mineralizantes, además de permitir la ocurrencia de estructuras donde se desarrollaron cuerpos de gran potencia.

Fuente: Gariépy & Hinostrroza (2003)

María Teresa

Geográficamente se encuentra localizado al norte de la ciudad de Lima, a 7 km al oeste de la ciudad de Huaral (altura del km 82 de la carretera Panamericana Norte), margen derecha de la cuenca baja del río Chancay-Huaral.

María Teresa se ubica en los volcánicos sedimentarios del Grupo Casma, que afloran a lo largo de la costa central del Perú, de edad probable Albiano-Cenomaniano (Cretáceo medio), formado por erupciones volcánicas submarinas intermitentes intercalados con unidades sedimentarias.

La mineralización masiva presenta estructuras de sulfuros masivos lenticulares elongadas alineados, distribuidos en el horizonte intermedio de los volcánicos Casma y alineados con la estructura regional siguiendo una orientación definida N 40° - 50° O, con buzamientos de 5° - 10°. Sus dimensiones varían desde 70 m hasta 200 m en dirección longitudinal, de 30 m a 80

m de ancho máximo, y de 15 m a 20 m de potencia en la parte central de cada lente.

María Teresa es un yacimiento polimetálico y su mineralización está compuesta por:

- Zona de sulfuros: por esfalerita, galena argentífera, calcopirita y tetraedrita como minerales metálicos principales, y pirita, baritina y cuarzo como ganga.
- Zona de óxidos: en la zona de oxidación el cobre y la plata están restringidos a los lentes mineralizados localizados en el contacto con la andesita acompañados por óxidos de hierro y en algunos casos por cuerpos irregulares de baritina.

La producción de mina y actual capacidad de tratamiento de la planta concentradora es de 1500 TM/d. Según Pichardo (2019), a julio de 2018, los recursos son del orden 8.7 Mt @ 6.20% Zn, 1.10% Cu, 0.68% Pb y 1.93 oz/t Ag.

Tabla 5.4

Reservas estimadas totales T.M.

Unidad Minera	Ubicación Minera	Zona	E UTM WGS84	N UTM WGS84	Empresa	Commodity	ley	R(%)	Recursos	Reservas	Tonelaje	Tonelaje al 2016 (TMS)	Producción anual (TMS)
María Teresa	Lima	18	252389	8728879	Minera Colquisiri S.A.	Ag (g/t)	99.31	0.75	o	1.010.372	1.010.372	1,010,372	540,000
María Teresa	Lima	18	252389	8728879	Minera Colquisiri S.A.	Cu (%)	0.33	0.70	o	1.010.372	1.010.372	1,010,372	540,000
María Teresa	Lima	18	252389	8728879	Minera Colquisiri S.A.	Pb (%)	0.01	0.85	o	1.010.372	1.010.372	1,010,372	540,000
María Teresa	Lima	18	252389	8728879	Minera Colquisiri S.A.	Zn (%)	0.04	0.85	o	1.010.372	1.010.372	1,010,372	540,000

Perubar o Barmine

Se localiza a 50 km al E de Lima, en el valle del río Rímac. La geología está representada por la facie este del Grupo Casma, que consiste en volcano-clásticos, lavas, brechas de tufos intercalados con calizas, depositados en el fondo marino. La secuencia fue plegada con rumbo noroeste. Las intrusiones del Batolito de la Costa tienen 82 Ma en la tonalita de Ricardo Palma y 656 Ma en el monzogranito de Canchacalla.

Se encuentra en cuerpos individuales que tienen baritina, sulfuros masivos y zonas de stockwork silíceas. Se encuentran mantos de baritina plegados sobreyacen a las zonas de sulfuros masivos en el sinclinal de Leonila-Graciela y el anticlinal recumbente de Juanita. Al este de Juanita, se ubica la falla dextral del corte de Ladrones y se tiene el área mineralizada de Cecilia. Zonas silíceas en stockwork y brechas son también

conocidas en las minas Chamodada y Elenita. En Elenita, los sulfuros polimetálicos tienen 7 % Zn, 1.5-3 % Pb y 100 a 130 ppm de Ag. Sulfuros masivos se encontraron en el tajo de Graciela, en los trabajos subterráneos de Juanita y Santa Cecilia esfalerita y pirita; en menor proporción galena, tetraedrita, calcopirita y baritina; trazas de jamesonita, bornita mackinawita, molibdenita y magnetita. Textura gruesa y metamórfica.

Los sulfuros masivos ocurren sobre masas irregulares de tipo stockwork silíceo, mayormente en lavas dacíticas. Se reconocen dos tipos de stockwork, uno de ellos de cuarzo-sericita-clorita con vetillas y diseminación de pirita, esfalerita, calcopirita, galena, tetraedrita y oro. El segundo tipo tiene pirita y diseminación de microbrecha silíceas.

PERUBAR (Leonila Graciela) registra 2.5 Mt@12 %Zn, 0.7 %Pb, 30g/t Ag.

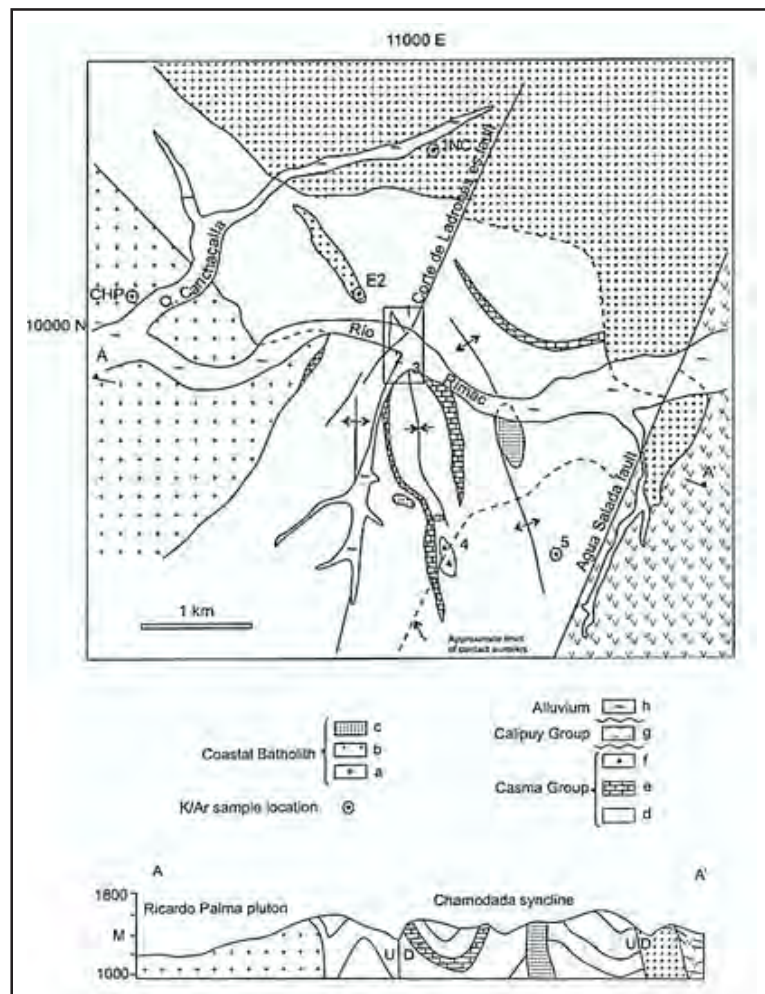


Figura 5.122 Modelo de Geología y perfil estructural Leonila - Graciela.

Fuente: Vidal (1987)

Palma

Se ubica a 60 km al SE de Lima, en la provincia de Huarochirí, a una cota de 1700 m s. n. m. Palma es un depósito de tipo sulfuro masivo volcanogénico, que constituye un graben sobre la estratigrafía Mesozoica y Cenozoica regional, compuesta en su mayoría por rocas volcano-sedimentarias con rumbo NNE y buzamiento al E del Grupo Casma (Cretáceo inferior). Con respecto a la sedimentación esta es somera y de carácter intramaréal en régimen transgresivo, estructuralmente es la zona en la cuenca donde se ha acumulado las mejores zonas de mineralización.

El proyecto presenta cuatro niveles:

1. Nivel Calcáreo: Es el nivel guía. Se caracteriza por la presencia de caliza gris con bandeamiento.
2. Nivel Pelítico: Secuencias de limolitas y lutitas.
3. Nivel Exhalativo: Nivel guía donde tenemos la presencia de calizas silicificadas y exhalitas (con la presencia de bandas de actinolita + matriz carbonosa).
4. Nivel Palma: Intercalación de calizas y lutitas, se presenta la mineralización económica del proyecto Palma; por último, se observan englobamientos de cuerpos sedimentarios en cuerpos volcánicos y viceversa conocidos como textura "peperita", el cual es un factor importante para poder relacionar un depósito VMS.

Mineralización

En Palma, la sericita, en ocasiones acompañada por intensa silicificación solo se reconoce, hasta el momento, en sectores profundos, en el área central oriental del yacimiento. En el resto de las rocas encajonantes, albita, clorita, epidota y pirita son los principales minerales de alteración.

Se distingue la siguiente zonación metálica de piso a techo: Cu en la base, Zn en la parte central y Zn-Pb-Ba hacia el techo de la Unidad Palma, zonación típica para un yacimiento tipo VMS (calcopirita en la base, esfalerita, galena y baritina hacia el techo):

- Sulfuros semimasivos formados por pirita-esfalerita-galena-baritina con trazas de pirrotina.
- Sulfuros masivos formados por pirita, pirrotita ± esfalerita ± galena.
- Cuerpos de sulfuros masivos y vetillas con pirita-pirrotita±magnetita±esfalerita± calcopirita

El proyecto presenta cuatro sectores importantes (Kenita, Palma, Santa Lidia y Palmerón) en un corredor de 5 km, cada uno de estos sectores representa a un centro volcánico distinto del sector Palma.



Figura 5.123 Vista panorámica del proyecto Palma. Fuente: Fotografía inédita López.

Recursos: Se ha definido un recurso de 14.5Mt incluyendo 9.6 Mt de indicado a 5 % Zn, 0.7 % Pb y 22 g Ag/t y 4.9Mt de inferido a 6 % Zn, 1% Pb y 21 g Ag/t y reportado a un cut-off de 3.55 Zn

y ha revelado un potencial mucho mayor en base a resultados de perforación diamantina y evidencias en superficie, sobre un corredor de 5 km en dirección NNE-SSO (Pro explo 2019).



Figura 5.124 Vista del nivel exhalativo, nivel de guía de los depósitos tipo VMS.
Fuente: Fotografía inédita Vargas (1998)



Figura 5.125 Vista del nivel exhalativo en contacto con calizas y el volcánico Calipuy.
Fuente: Fotografía inédita Rodríguez (1999)

Tabla 5.5

Datos geoquímicos del proyecto Palma

Coordenadas UTM		Muestra N°	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Hg ppm	Fe %	Mn ppm	Ba ppm
Este	Norte										
323582	8663116	1	11	-0.2	167	71	197	0.21	7.95	1004	125
323585	8663101	2	17	8.7	537	4223	1155	26.74	10	49	75
323559	8663133	3	19	0.8	176	89	223	0.52	89.00	1415	264
323990	8863100	4	-5	0.4	26	39	30	0.31	10	188	96
323606	8863118	5	12	5.0	79	52	225	0.12	10	806	214
323620	8663115	6	104	0.4	86	42	86	0.36	10	354	212
323602	8663098	7	19	0.4	193	21	35	0.33	2	105	86
323609	8663118	8	11	-0.2	94	3	54	0.038	0.66	74	18
323623	8663137	9	5	0.2	47	131	55	0.049	10.0	83	80
323607	8663124	10	93	0.7	171	44	128	0.278	9.50	545	256
323575	8663098	11	13	-0.2	88	4	75	0.021	6.24	1360	114
323594	8663128	12	19	-0.2	130	77	183	0.524	7.90	761	152

Fuente: Base de datos inédita M. López (2018)

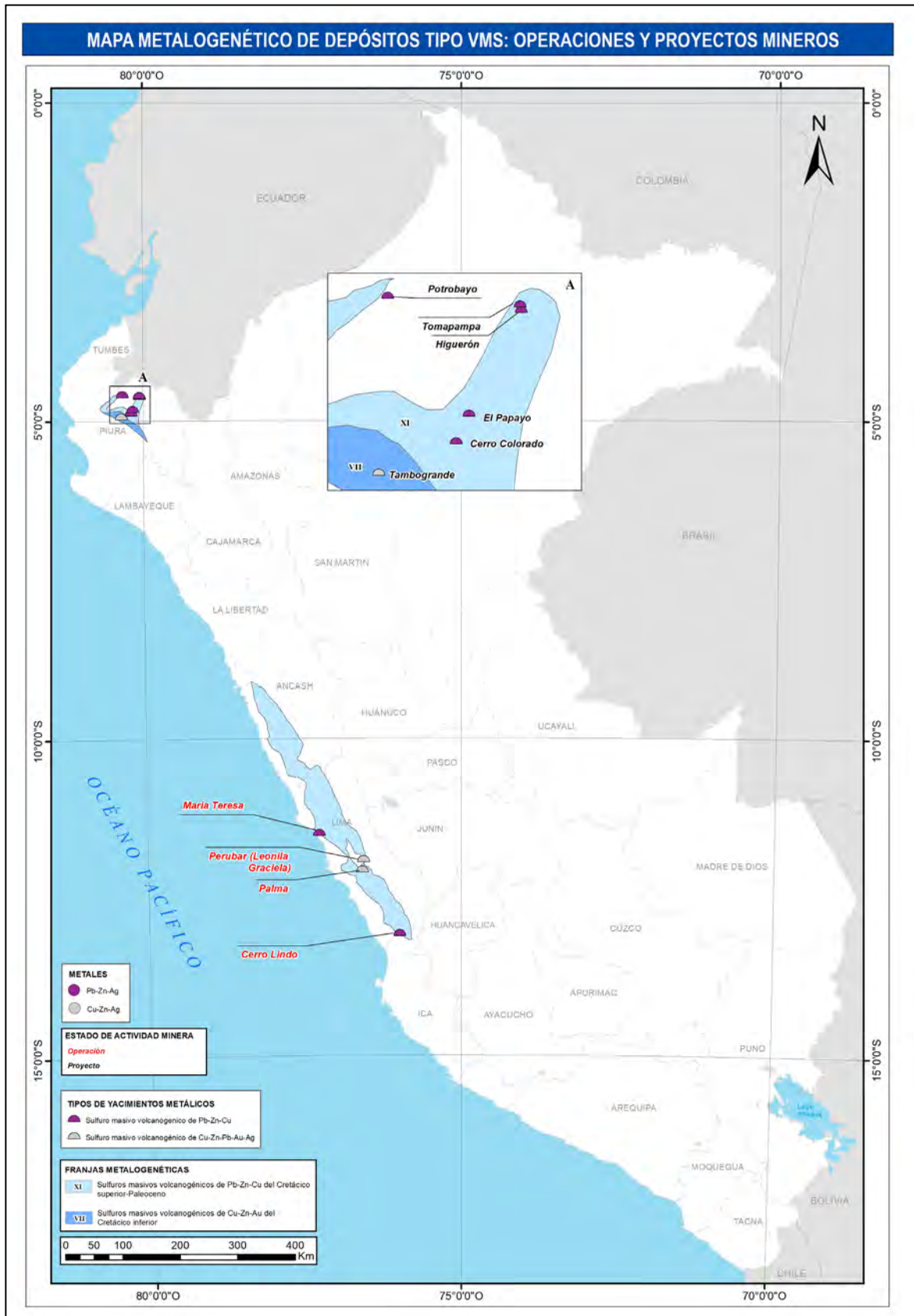


Figura 5.126 Mapa metalogénico de depósitos tipo VMS: Operaciones y proyectos mineros.

5.7 DEPÓSITOS OROGÉNICOS

Gerardo Trelles e Italo Rodríguez

5.7.1 Generalidades

El término orogénico fue propuesto por Groves et al. (1997) en sustitución a los yacimientos mesotermales, debido a que los depósitos de oro orogénico han sido emplazados en un amplio rango de profundidades por lo cual el término mesotermal no es precisamente acorde.

Estos depósitos se encuentran presentes en diferentes litologías con edades que van desde el Precámbrico hasta el Mesozoico (Goldfarb et al., 2001). Además, se caracterizan principalmente por ser sistemas hidrotermales que representan un fluido regional inherente a un tectonismo a lo largo de márgenes convergentes.

Están asociados a terrenos de metamorfismo regional y a ambientes tectónicos compresivos y transpresivos, en márgenes de placa convergentes con orogénesis de acreción y colisión.

De acuerdo con su profundidad de formación, los depósitos orogénicos se clasifican en epizonales (<6 km), mesozonales (6-12 km) e hipozonales (>12 km).

Tectonismo y petrogénesis

La formación de estos depósitos relacionados a cinturones metamórficos ha sido episódica a lo largo de la historia geológica, principalmente antecediendo al Neoproterozoico, con eventos importantes entre 2800 y 2550 Ma y de 2100 a 1800 Ma (Goldfarb et al., 2001), aunque también se localizan en rocas

más recientes del Fanerozoico de 550 a 50 Ma, como ha sido indicado por Groves et al. (1998).

En terrenos acrecionados, los depósitos orogénicos o filonianos se asocian a estructuras regionales y deformación transpresiva, levantamiento, mineralización tardía y magmatismo shoshonítico, eventos relacionados con el reequilibrio termal de la corteza tectónicamente engrosada. La deformación asociada a fallas transcurrentes y tectónica transpresiva por acortamiento de la corteza, produce algún magmatismo derivado de pequeños grados de fusión parcial en la placa subducida, tal y como se observa en el modelo de subducción para la formación de depósitos orogénicos (figura 5.127), propuesto por Groves et al. (2019). El metamorfismo progrado en el complejo subducido causa la liberación de fluidos metamórficos portadores de oro, emplazados a lo largo de estructuras (Kerrick & Wyman, 1990). La migración de fluidos a lo largo de estructuras profundas es inherente a las orogenias y cuando la temperatura de la corteza asciende de media a alta (400 - 500 °C), en estas condiciones son diseminados sulfuros liberados en el fluido hidrotermal por reacciones de desulfuración prograda durante el calentamiento de la corteza (Goldfarb et al., 2001).

Se ha comprobado una asociación directa entre la mineralización y fallas inversas de alto ángulo. Las fracturas son el medio de transporte de las soluciones mineralizadas, y en ellas se dan las condiciones fisicoquímicas para la precipitación del oro. De esta manera, aparece un modelo estructural dominante, teniendo las vetas un desarrollo sintectónico en compresión horizontal o régimen transpresivo (Sibson et al., 1988).

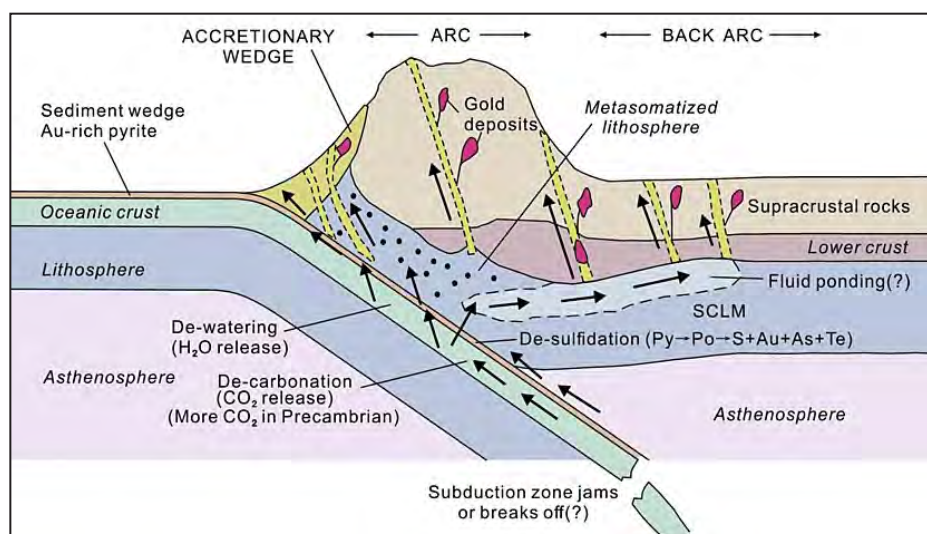


Figura 5.127 Modelo de subducción para la formación de depósitos orogénicos a través de la desvolatilización de la placa oceánica y la cuña sedimentaria. Nótese la fuente potencial de fluidos de la litosfera metamorfizada y fertilizada por el manto astenosférico.

Fuente: Groves et al. (2019)

Alteración y mineralización

Los emplazamientos orogénicos se ubican en rocas metamórficas variables con minerales de alteración dominantes, representados básicamente por carbonatos – sulfatos y sericita-clorita. Los elementos que suelen encontrarse en los depósitos orogénicos son Au, Ag, As, Sb, Hg, W, Mo, Te y B, en diversas combinaciones, como Au-Ag, Au-Te, Sb-W, Au-W, Au-Sb-W o Hg-Sb (Pirajno, 2009).

La naturaleza de los fluidos se caracteriza por bajas salinidades (<12 % de NaCl equivalente), alto contenido de H₂O y CO₂ (> 4 mol %), con menores cantidades de CH₄ y N₂ y un pH casi neutro.

El transporte de oro se realiza por medio de complejos de sulfurados y las condiciones de depósito se caracterizan por rangos de temperatura y presión de aproximadamente 250 y 350 °C a presiones de entre 1 y 3 kbar, pero puede llegar hasta 650 °C y 4-5 kbar para algunos depósitos y tan bajo como 150 °C y 0.5 kbar para algunos emplazamientos más superficiales (Groves et al., 2000).

La asociación mineralógica mineral depende de la profundidad de formación, de la presión y temperatura, y de la roca encajonante. Arsenopirita y pirita son sulfuros comunes, siendo el primero de ellos dominante en sistemas orogénicos alojados en rocas metasedimentarias y este último en rocas ígneas. A altas temperaturas (> 400 °C) y niveles corticales inferiores (condiciones hipozonales), la lollingita y la pirrotita pueden convertirse en las especies dominantes de sulfuros. Mientras en un entorno subsuperficial (condiciones epizonales), la estibina se convierte en el sulfuro común, esta puede ir acompañada de cinabrio, telurios y bismutinita, en menor cantidad scheelita y, por último, pueden estar presentes sulfuros de Pb-Zn y Cu. Los minerales de ganga son los mismos que aquellos asociados a la alteración e incluyen cuarzo, albita, moscovita, sericita, clorita, turmalina, biotita y carbonatos (Groves et al., 1997).

Los estilos de mineralización de los sistemas de vetas reflejan el régimen reológico (dúctil, frágil-dúctil y frágil) y las variaciones en las condiciones de presión y temperatura, bajo las cuales se forman (figura 5.128) (Goldfarb et al., 2005). En regímenes dúctiles (condiciones hipozonales), de alta temperatura y presión, la mineralización está dominada por vetas deformadas paralelas a la estratificación y texturas de reemplazamiento. Típicamente en este régimen, los granos de cuarzo se recrystalizan extensamente. La condición frágil-dúctil (mesozonales) abarca mayor rango de temperaturas y presiones, caracterizada principalmente por vetas rellenas de cuarzo y carbonato que actúan como sellos de grietas y poseen laminación concordante o discordante de acuerdo con una configuración sigmoidal. El régimen frágil (condiciones epizonales) es propicio para la formación de vetas tipo stockworks y brechadas; las dimensiones

de estas vetas tienen rangos centimétricos hasta kilométricos. El sistema de vetas generado en estas condiciones puede extenderse a lo largo de una franja de cientos de metros o incluso kilómetros y puede alcanzar anchos que van desde decenas de metros hasta un kilómetro (Coveney & Glascock, 1989; Groves, 1993; Goldfarb et al., 2005).

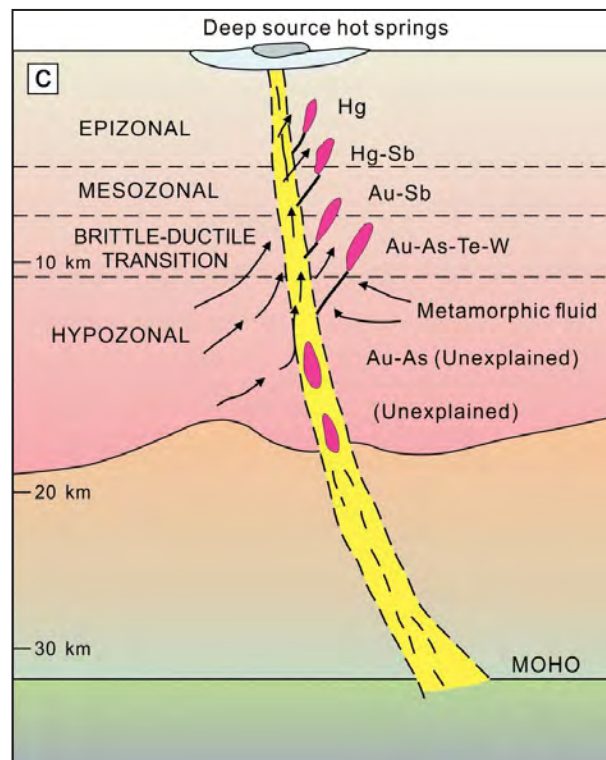


Figura 5.128 Modelo de mineralización de los yacimientos orogénicos de oro, reflejando el régimen reológico (dúctil, dúctil-frágil y frágil) y la variación de presión y temperatura.

Fuente: Modificado de Groves et al. (2020)

Los halos de alteración de una veta van desde pocos centímetros hasta varios kilómetros y generalmente incluye cloritización, carbonatación, sulfatación y silicificación en diversos grados de metasomatismo alcalino (figura 5.129). La característica común de casi todos los sistemas orogénicos de oro es la extensa presencia de las zonas de alteración de carbonatos (Groves et al., 2000). Los minerales de carbonatos incluyen ankerita, dolomita ferrosa, siderita y calcita, mientras que las fases minerales que caracterizan el metasomatismo alcalino son albita, biotita y feldespato potásico. El cuarzo es el mineral dominante en las vetas, acompañado de diferentes cantidades de clorita, minerales carbonatados y sulfuros (<3-5 %). La interacción de fluidos con rocas máficas ricas en Fe resulta en asociación de minerales de alteración que son dominados por minerales ricos en carbonato, lo que sugiere una amplia adición de CO₂ y en menor medida H₂S (Phillips, 1986).

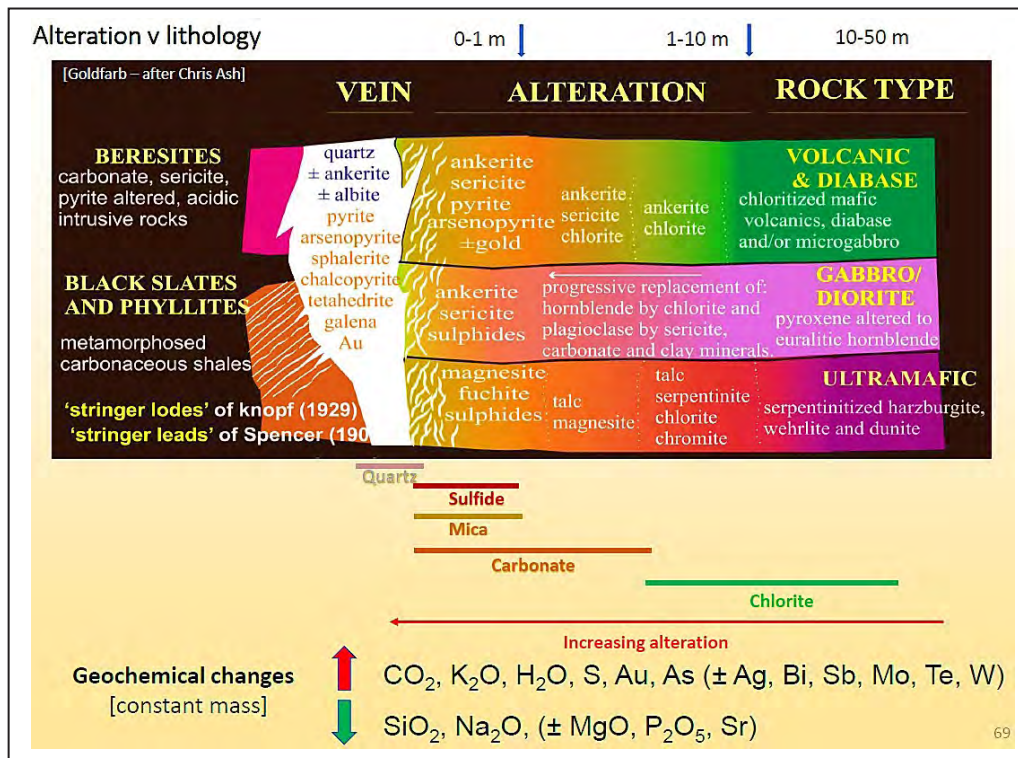


Figura 5.129 Esquema de alteración hidrotermal en los sistemas orogénicos de oro según el tipo de roca y su distribución en la horizontal.

Fuente: Modificada de Goldfarb (2005)

5.7.2 Metalogenia

La génesis de estos yacimientos en el Perú está asociada esencialmente a eventos magmáticos y tectónicos producidos durante el periodo Cámbrico-Cretácico. Según el estudio realizado por Acosta et al. (2015), estos depósitos se encuentran agrupados en franjas metalogenéticas (figura 5.131), las cuales reúnen características específicas para la génesis y

emplazamiento de los fluidos mineralizantes que dieron lugar a estas ocurrencias metálicas.

La figura 5.130 muestra el contenido de oro fino, en onzas, de cada franja metalogenética que contienen estos tipos de depósitos. De esta manera, se observa que la franja con mayor abundancia de Au es la franja I, seguida de la II y por último la IX.

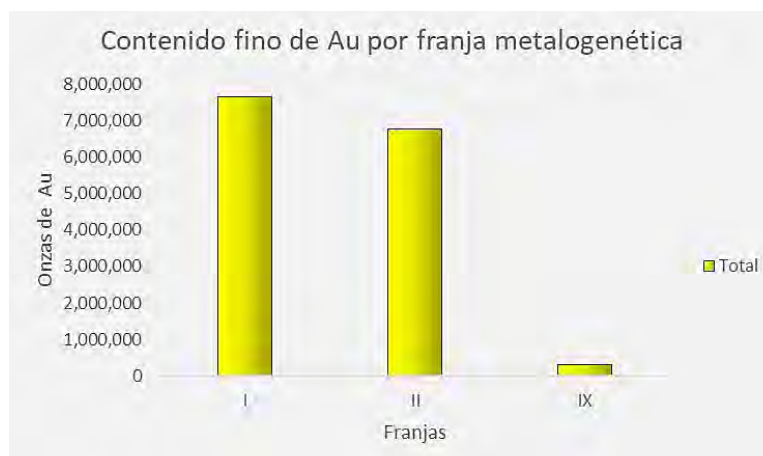


Figura 5.130 Contenido de oro por franja metalogenética.

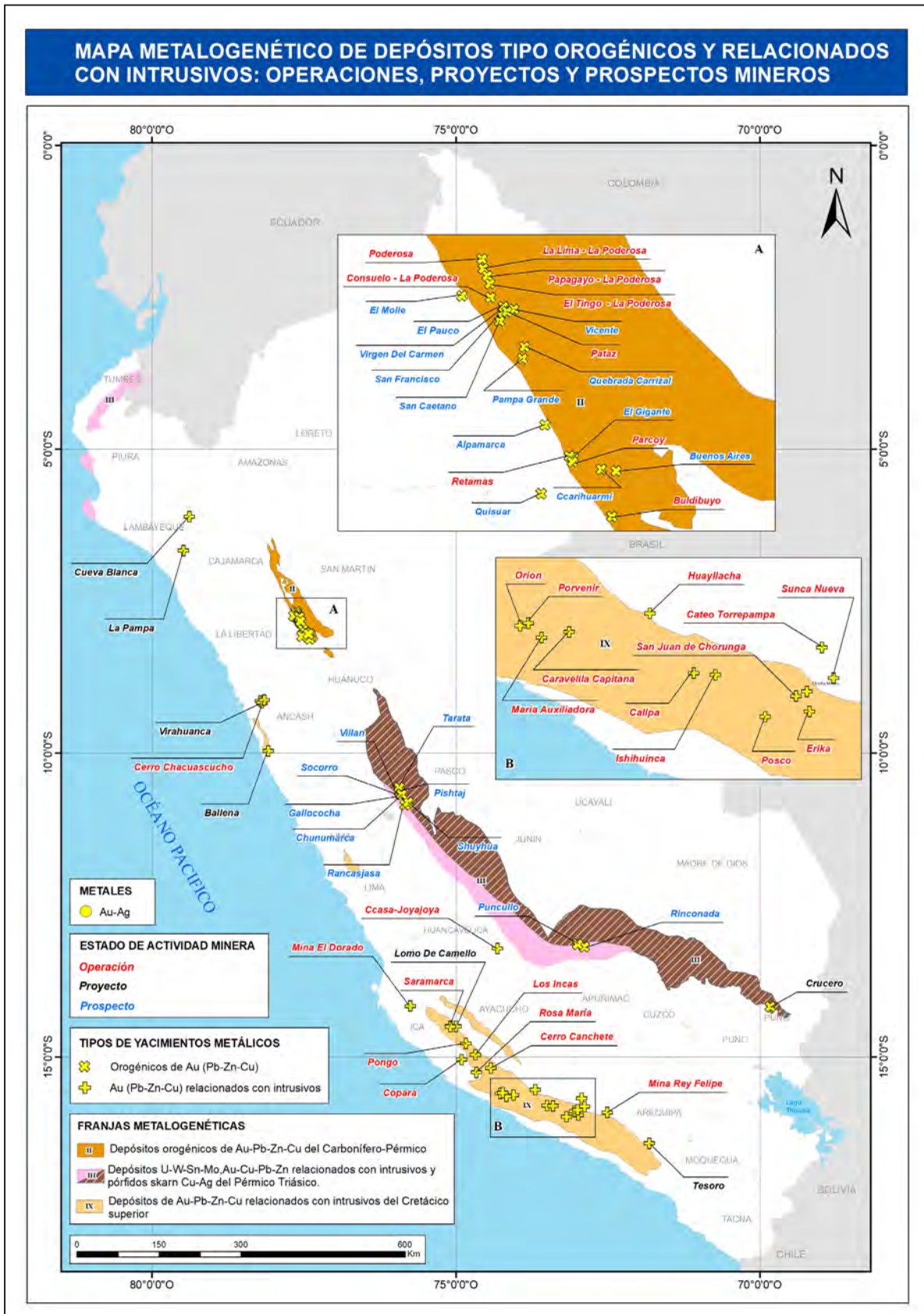


Figura 5.131 Mapa de franjas metalogénicas de los depósitos orogénicos del Perú.

5.7.3 Depósitos orogénicos en el Perú

En este trabajo se ha recopilado información de varios depósitos orogénicos, que corresponde de las Franjas I, II o IX. Sin embargo, se ha descrito a los más resaltantes desde el punto de vista económico:

Ananea

Se ubica en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina - región Puno, en las coordenadas 14° 40' S y 69° 19' O, correspondiente al cuadrángulo de La Rinconada (30y). La estratigrafía de la zona se resume en dos unidades principales: la formación Sandía del Ordovícico medio, conformada por cuarcitas y areniscas cuarzosas grises interestratificados con niveles de pizarra, estas se encuentran silicificadas con niveles de chert de 1 cm. de grosor; y, por otro lado, se tiene a la Formación Ananea, la cual consiste en una sucesión monótona y homogénea de pizarras negras foliadas en paquetes de 20 a 80 cm de espesor, correspondientes al Silúrico-Devónico.

Ananea es un depósito de tipo orogénico en forma de una mezcla de fluidos conteniendo oro primario que migró por conductos estructurales (fallas inversas). Este fluido reductor interactuó con las rocas encajonantes y depósito el oro orogénico. Es así como el Au inicialmente depositado e en los horizontes de chert, asociados con las lutitas carbonosas, fue removilizado por los eventos tectónicos hidrotermales del Devónico inferior (Valencia & Villarreal, 2009).

La alteración predominante de la zona es una fuerte silicificación en las pizarras. El estilo de mineralización se caracteriza por ser concordante o discordante; esto se refleja en estructuras tipo mantos y vetas respectivamente. Se ha reconocido pirita, sulfuros de metales base, óxidos de hierro, sulfatos de Cu, así como oro asociado a hemetita y a la pirita. Según Loayza y Galloso (2008), este depósito posee un recurso estimado de 600 000 TM con una ley de 95 g/TN de Au. Las leyes máximas que en algunos puntos alcanza los 65 g/t de Au, mientras en otros, tiene 25 g/t de Au; sin embargo, se han reportado hasta 800 g/t de Au.

Ollachea

Está localizado en distrito de Ollachea, provincia de Carabaya - región Puno, en las coordenadas 13°52' S y 70°30' O, correspondiente al cuadrángulo de Macusani (hoja 29v). Se accede por la carretera de Puno-Juliaca-Macusani-Ollachea.

La geología regional de este sector está constituida básicamente por areniscas cuarzosas de granos finos a la base, pertenecientes a la Formación Sandía; seguida de pizarras negras y lutitas pizarrosas de la Formación Ananea. Además, se ha reconocido dos cuerpos intrusivos: las sienitas jurásicas Macusani y

las granodioritas devónicas San Gabán, emplazadas en las secuencias siliciclásticas de la Formación Sandía.

Estructuralmente presenta las siguientes características:

- a) Fallas Transversales son dextrales de orientación predominante N-S
- b) Fallas Longitudinales, fallas inversas con orientación NO-SE, a este sistema pertenecen las fallas Paquillusi, Corani y Ollachea de posible reactivación post Jurásico.

Ollachea es un depósito formado durante el Devónico, con fluidos de un rango termal de 250°- 400 °C, el control estructural más importante se debe a las fallas inversas Ollachea y Paquillusi. Presenta un estilo de mineralización del tipo veta, con zonas de fallas y cizallas con múltiples venillas lenticulares de cuarzo-pirrotita-arsenopirita-oro. El contenido aurífero frecuentemente se distribuye a lo largo del plano de falla.

Se observó las siguientes alteraciones: a) sericitica débil en micro venillas, rellenando fracturas y cavidades, en los bordes de contacto con cuarzo asociada a arsenopirita y Au; b) moderada presencia de muscovita en venillas asociadas a contenidos auríferos; c) silicificación en tramos de alta densidad de venillas de cuarzo con ligero blanqueamiento y mayor compactación; y d) cloritización débil a moderada, diseminada en venillas finas y en cristales (Acosta, 2011).

Según Minera IRL Limited (2021), los recursos indicados 10.7 Mt @ 3.28 g/t Au y recursos inferidos de 7.3 Mt @ 2.7 Au g/t. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Ollachea (Minera Kuri Kulla S.A.) se encuentra en etapa de pre-factibilidad y su puesta en marcha estaría por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 89 millones.

Untuca

Está situada en el distrito de Quiaca, provincia de Sandía - región Puno - en el flanco oriental de los Andes del Sur, en las coordenadas: 14°35' S y 69°32' O. A altitudes sobrepasan los 4000 m s. n. m. hasta alcanzar los 5000 m s. n. m.

Se encuentra compuesta por secuencias de cuarcitas y pizarras del Paleozoico inferior. El Grupo San José se encuentra en la base; está compuesto de pizarras con abundante contenido fósil. Por otro lado, la Formación Sandía, es una secuencia de pizarras interestratificada con cuarcitas que aflora entre Untuca y la Rinconada. Finalmente, en el tope de estas secuencias, se encuentra la Formación Ananea, la cual se encuentra conformando sinclinales y anticlinales, y litológicamente está formada por pizarras grises en estratos delgados a medianos de comportamiento frágil. Estas secuencias fueron afectadas por un intenso metamorfismo y tectonismo que se evidencia por la presencia de fallas inversas de bajo ángulo (Martínez et al., 2016).

El yacimiento Untunca se encuentra alojado en las areniscas cuarzosas de la Formación Sandía, la cual contiene estructuras vetiformes y venillas de cuarzo gris hialino, concordante a la estratificación, es decir, en mantos; estos presentan mineralización aurífera asociada con sulfuros como pirrotita y pirita; y en algunos casos asociada a óxidos de Fe. Asimismo, algunas estructuras sedimentarias lenticulares (ondulitas) están mineralizadas con sulfuros y oro.

La mineralización en Untuca es de similar génesis que los mantos auríferos de La Rinconada-Ananea; en base a estudios regionales y distritales de De la Cruz y Carpio (1996), se concluye que la mineralización está asociada a flujos hidrotermales emplazados en un ambiente posiblemente marino. Según Ayme (2019), se estimaron recursos medidos, indicados e inferidos de 406 332 TM con una ley de 2.76 Au g/TN.

Vetaspata

El yacimiento Vetaspata se encuentra ubicado en el flanco este de la Cordillera Oriental, en los anexos de la comunidad de Totorá, en el distrito de Sina, provincia de San Antonio de Putina - región Puno, en las coordenadas UTM N 8402628, E 485879, a altitudes que varían entre 2300 a 3500 m s. n. m. Se puede acceder a este depósito por la ruta Puno-Juliaca, carretera Sina-Totorá-Vetaspata.

Se ha reconocido las siguientes unidades:

- a) Formación Sandía, comprende pizarras y cuarcitas con cierto grado de metamorfismo, acompañado de silicificación. Se describen areniscas sacaroideas de grano medio gris oscuras bien silicificadas con estratificación cruzada y niveles de areniscas masivas interestratificadas con lutitas (10-20 cm) en estratificación sigmoidal; asimismo, se observan ondulitas.
- b) Formación Ananea, compuesta principalmente por una secuencia monótona de pizarras negras, bastante silicificadas por incipiente metamorfismo.

El área de estudio ha sido sometida a sucesivos eventos tectónicos, conformado de plegamientos longitudinales kilométricos de orientación andina (NO-SE) y con planos axiales ligeramente inclinados al NE (Valencia & Villarreal, 2009).

Las principales alteraciones en este depósito son agilización y silicificación. La mineralización está constituida principalmente por Au relacionado a sulfuros, esencialmente pirita. Presenta un estilo de mineralización del tipo mantiforme, con mantos subhorizontales, alojados en los planos de estratificación de las meta-areniscas de la Formación Sandía.

Estructuralmente, este yacimiento está controlado por fallas inversas regionales de dirección NO-SE, donde en la intercepción con otras fallas locales de dirección perpendicular (NE-SO)

generan zonas de debilidad propicias para el emplazamiento de fluidos mineralizantes (Jaimes et al., 2019).

Según Ramos (2018), se han estimado 4210 onzas de Au en este yacimiento.

Ana María (La Rinconada)

La mina Ana María-Rinconada se encuentra ubicada políticamente en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región Puno. En las coordenadas geográficas 14°37'10" S y 69°26'50" O, en altitudes que van desde los 4900 hasta los 5200 m s. n. m.

Se observa afloramientos consistentes de lutitas y pizarras pelíticas y silíceas de grano fino a medio color gris oscuro a negra que conforman la parte superior de la Formación Ananea; estas presentan un rumbo andino NO-SE, con inclinación moderada hacia el SE. Esta secuencia es emplazada por rocas intrusivas a manera de diques, los cuales son de naturaleza granítica.

El estilo de mineralización de La Rinconada es del tipo filón-manto-filón; se encuentra emplazada, tanto en la Formación Ananea del Devónico - Silúrico y la Formación Sandía del Ordovícico inferior; básicamente se presenta en vetas y mantos de cuarzo (de espesores variables de entre 0.5 a 3.5 metros) con alto contenido de Au libre (leyes de 10 a 100 g/TN), acompañado de pirita, pirrotita, arsenopirita, clorita y estibina. Es importante resaltar la presencia de stockworks debido a su contenido de Au. Como alteración hidrotermal se reconoce propilitización (cloritización) abundante en las intersecciones entre vetas y mantos (Huachamaco, 2018).

Según informe de la empresa Cori Puno S.A. (2015), este depósito ha reportado recursos de 3.5 millones de onzas de Au.

Crucero

El proyecto Crucero está ubicado a 30 kilómetros al noreste de Crucero, provincia de Carabaya, departamento de Puno, al sureste de Perú y ubicado en la Cordillera de Carabaya, parte de la Cordillera Oriental de los Andes. Sus coordenadas UTM son 8 435 000 N y 414 000 E (WGS84 - Zona 18S).

El proyecto Crucero está ubicado en la Cordillera Oriental y está predominantemente conformado por rocas sedimentarias de edad Paleozoica inferior (Grupo Ananea de edad Siluro-Devónico y Grupo Ambo de edad Carbonífera). La geología está constituida por pizarras carbonosas intercaladas con niveles de areniscas y limolitas de la Formación Ananea (Silúrico) y areniscas cuarzosas del grupo Ambo (Carbonífero); ambas intruidas por los stocks plutónicos Limbani y Aricoma de edad Pérmico-Triásico. Estas rocas han sido intruidas por el extenso Batolito Carabaya de presunta edad Pérmico - Triásico.

En este sector se produjeron fallamientos y plegamientos regionales que originaron zonas de fuerte cizallamiento; se

encuentra ubicado entre fallas inversas con dirección NO. Esto ocurrió principalmente por la orogénesis Eohercínica que afectó a rocas del Paleozoico.

La alteración que presenta la roca es cloritización que va de débil a moderada, y en la zona mineralizada presenta sericitización de moderada a fuerte. La asociación mineralógica característica de este sector es cuarzo-sericita-pirita y se presenta con intensidad moderada a débil como producto de la alteración de las plagioclasas y biotita.

La mineralización aparentemente está emplazada a un eje estructural de plegamiento de rumbo N35°O. El afloramiento consiste en un promontorio suave y presenta una oxidación muy superficial por la alteración de sulfuros de Fe. En la pizarra, se puede observar una diseminación de pirita, pirrotita débil, las bandas de limolitas presentan más concentración de sulfuros como pirita, pirrotita, arsenopirita. A profundidad, la relación se presenta en sulfuros en forma de laminaciones con diseminación, venillas muy finas y también diseminados, los minerales predominantes son pirita, arsenopirita, pirrotita, calcopirita, gudmundita, ullmannita y berthierita, como ganga andalucita y sillimanita. El oro se encuentra libre y en inclusiones dentro de la arsenopirita y auroestibina.

El Cura – Buldibuyo

Se encuentra en el paraje de Pishigaga, quebrada Huascacocha, provincia de Pataz, Región La Libertad, a una altitud promedio de 2850 m s. n. m. en las estribaciones occidentales de la Cordillera Oriental. Sus coordenadas UTM son 9101549 N y 234811 E (WGS84 – Zona 18S).

El prospecto El Cura se encuentra inmerso dentro del metalotecto aurífero de Pataz-Parcoy y Buldibuyo, localizado en la margen occidental y sur del batolito, caracterizado por depósitos tipo vetas que pertenecen a depósitos de tipo orogénico. El prospecto El Cura está conformado por unidades intrusivas de naturaleza sienogranito, granodioritas, tonalitas porfírica, diorita cuarcífera, diques andesíticos y diques aplíticos.

La confluencia de sistemas estructurales determinan el prospecto El Cura, el cual se encuentra limitado por sistemas de fallamientos principales; hacia el este y oeste se encuentran la falla del río Huascacocha con tendencia direccional N 335° que inflexiona a N 40° - N50° en la zona El Cura, y la falla del río Huiro con tendencia direccional N330° a N340°, ambos con movimientos dextrales; asimismo, se encuentra la falla de tipo sinistral Los Hornos con una tendencia direccional N330° - 340°, generando fracturamientos, craquelamientos, zonas de cizalla, intensos y localmente brechas en toda la zona El Cura (Guadalupe & Oré, 2015).

Presenta manifestaciones superficiales extensivas de alteración filica penetrativa (sericita, cuarzo, muscovita, corindón); estas

alteraciones gradan hacia zonas con alteración filica moderada, con presencia de caolinita y montmorillonita. Presenta asociaciones mineralógicas de clorita, epidotas y carbonatos (venillas de calcitas. Las vetas y vetillas presentan bajo contenido de sulfuros como calcopirita, esfalerita, arsenopirita, pirrotita y covelita. La mineralización de oro y sulfuros dispuestas en vetillas de cuarzo indican profundidad de las soluciones mineralizantes (Guadalupe & Oré, 2015).

Distrito minero Poderosa

Ubicación

El distrito minero Poderosa se ubica en el extremo oriental del departamento de La Libertad, provincia de Pataz, distrito de Pataz, en la Cordillera Oriental de los Andes del Norte, al este del río Marañón. Las coordenadas centrales UTM del área de interés son 210133 E y 9149974 N (datum WGS84-Zona 18S) con una elevación promedio de 2360 m s. n. m. en la hoja topográfica 16-h (Pataz).

Geología

Abarca una extensa área, la cual está constituida por una litología variable, en la base se encuentra el Complejo Marañón, el cual está constituido por filitas de color verde. Posteriormente, en discordancia, sobreyace la Formación Contaya, conformada básicamente por una secuencia monótona pelítica del Ordovícico medio a superior (figura 5.132).

En la zona se encuentra la fase intrusiva de edad Misipiana tardía, que corresponde al Batolito de Pataz intrusivo elongado con dirección NNO-SSE (paralelo al lineamiento andino); de composición calcoalcalina constituida por granodiorita, cuarzomonzonita, granito y tonalita (serie ácida), es común encontrar diques aplíticos, andesíticos y enclaves de microdiorita, xenolitos de pizarra en el intrusivo de dimensiones variables (figura 5.133). El Batolito de Pataz aflora a lo largo de 160 km con anchos que varía de 1 km a 5 km (Calderón, 2017).

Presenta un fuerte control estructural a nivel regional, distrital y local. Tiene un sistema de fallas y fracturas que se repiten a diferentes escalas y controlan el emplazamiento del Batolito de Pataz, y posteriormente la mineralización.

Regionalmente, las vetas ocupan estructuras de segundo y tercer orden hacia la caja techo de un lineamiento mayor de rumbo N-NO, a lo largo del margen occidental del Batolito de Pataz. Se cree que este lineamiento es del Proterozoico y corresponde a una sutura que fue reactivada periódicamente durante subsecuentes eventos tectónicos. Durante los estadios de mineralización debió funcionar como el principal canal para los fluidos hidrotermales mineralizantes. Las fallas principales son subverticales y tienen un rumbo N a NO, además de un juego de fallas transversales de orientación E-O, que cortan a las estructuras mineralizadas (Villanes, 2006).

Mineralización y alteración

La roca caja granodiorita y monzogranito exhiben un halo de alteración filica penetrativa de 10 cm a 1 m de ancho en la parte proximal interior, gradando hacia la parte proximal exterior a una alteración filica; en algunos casos, se da sobreimposición o interdigitación con cloritización en una extensión de 0.5 a 3 m.

En las zonas distales, la cloritización es la alteración principal, variando de grado fuerte a débil en unos pocos centímetros; se presenta a manera de patina de clorita (Villanes, 2006).

La piritita es el principal sulfuro de relleno mineral y puede llegar entre 85 % a 90 % del volumen total de sulfuros. Corresponde básicamente al primer estadio y se presenta en textura masiva con cristales de tamaño milimétrico, como venillas irregulares. La

arsenopiritita es contemporánea a la piritita, se presenta a manera de intercrecimientos y como granos gruesos en los bordes de la piritita. El electrum, con contenidos de plata de 20 % a 40 % en peso, está principalmente hospedado como inclusiones en esfalerita; el Au nativo precipita después, generalmente dentro de la galena o a lo largo de las fracturas dentro de la arsenopiritita o adherido a su superficie (Villanes, 2006). El sistema de vetas del distrito aurífero de Poderosa cuenta con una producción histórica de 1.2 M oz de oro.

Recursos y reservas

De acuerdo con la memoria anual 2016 de la Compañía Minera Poderosa, el distrito cuenta con una estimación de recursos y reservas total de 1 305 665 de Tn con una ley de 16.40 g/TN de Au.

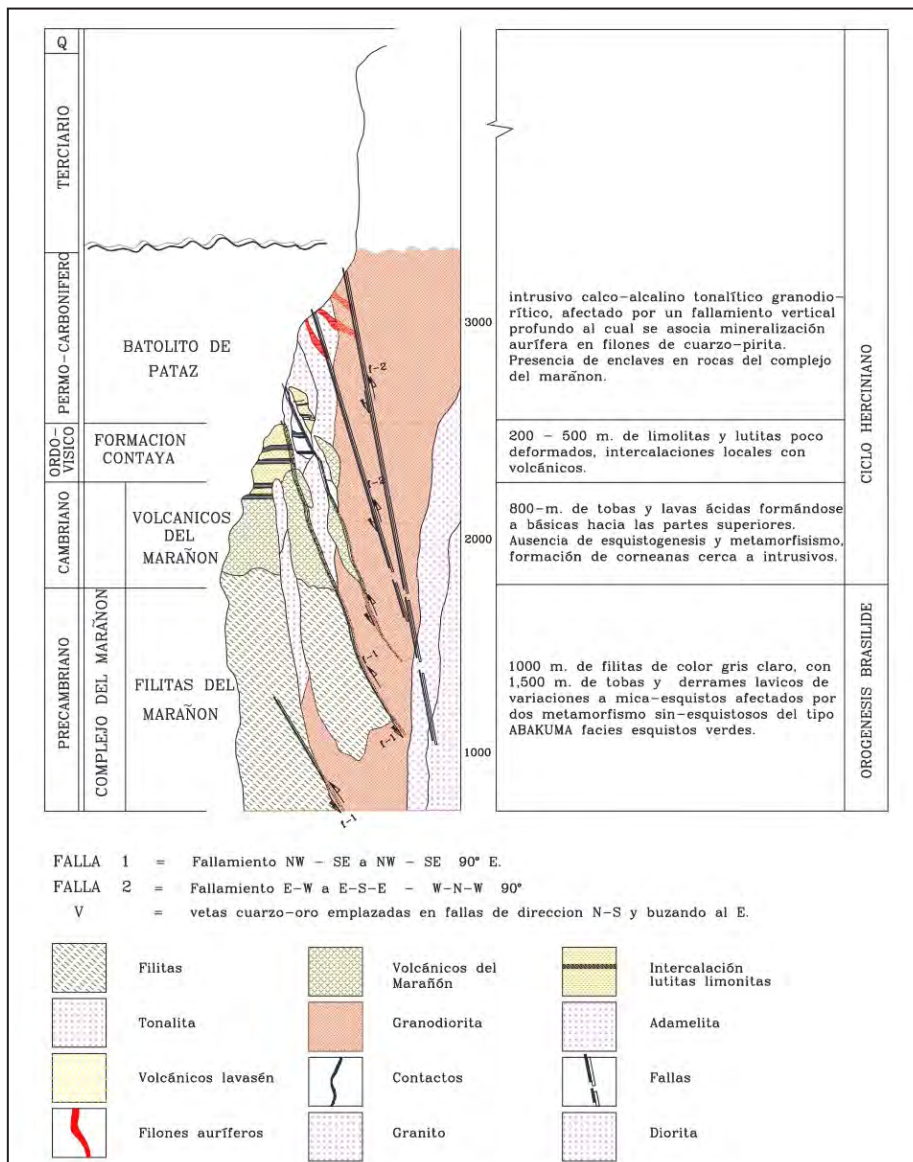


Figura 5.132 Columna estratigráfica del distrito minero Poderosa.

Fuente: Calderón (2017)

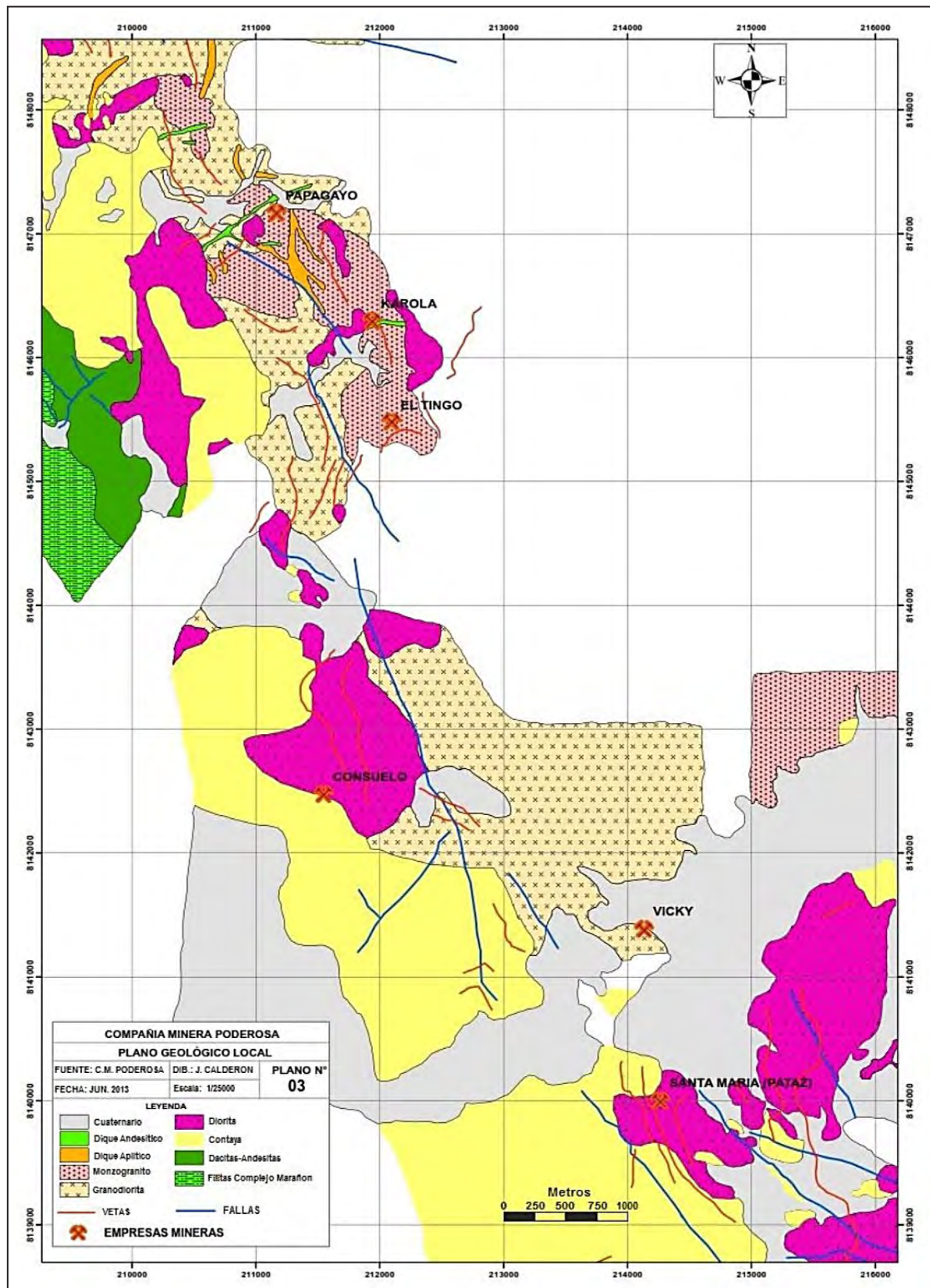


Figura 5.133 Mapa geológico del distrito minero Poderosa.

Fuente: Calderón (2017)

El Gigante

El yacimiento se encuentra ubicado en la franja aurífera del **Batolito de Pataz en la Cordillera Oriental del Perú**, políticamente en la región de La Libertad, provincia de Pataz, distrito de Parcoy. Sus coordenadas UTM son 9 109 007 N y 230 503 E (WGS84-Zona 18S).

El marco geológico local corresponde a filitas, esquistos y metavolcánicos del Complejo Marañón del Precámbrico-Ordovícico; rocas intrusivas del Batolito de Pataz del Carbonífero; areniscas, limolitas y conglomerados del Grupo Mitu y calizas de Crisnejas del Triásico-Jurásico. Las unidades litológicas se hallan expuestas en el lado NE del Batolito de Pataz, encontrándose plegadas, falladas y/o perturbadas por varios eventos de metamorfismo dinámico e ígneo (figura 5.134) (Caminos, 2015).

El comportamiento estructural del yacimiento está asociado a un arreglo estructural de tres sistemas, que son los siguientes:

- Sistema NO-SE, de bajo buzamiento al NE, corresponde a estructuras principales (veta Esperanza, Daniela, Cachaco, Pajarraca, Capitán Garfio); relacionados a eventos compresivos NO-SE con cinemática inversa.
- Sistemas N-S y NE-SO, con buzamientos al E-SE, asociados a los regímenes transtensivos del primer sistema, corresponde a un sistema tensional con cinemática normal (veta Valeria, Cachaco).
- Sistemas NE-SO, con buzamientos al NO (sistemas de vetas BB), de cinemática normal tensionales a la Falla Los Loros.

El yacimiento El Gigante corresponde a un típico yacimiento orogénico con mineralización de Au y como subproducto Ag. Conformado principalmente por las vetas Esperanza, Cabanas, Daniela, Valeria de un alineamiento NO buzando al NE y el sistema con control estructural (N30°E/45°NO).

A nivel de yacimiento tiene una asociación metálica de Au, Ag, As, Fe, Pb, Zn, \pm Cu, \pm Sb, \pm (Bi-Te-W) con más de dos estadios de deposición de menas ricas en sulfuros. La mineralogía no es

muy compleja, en orden de abundancia se tiene cuarzo blanco/gris-pirita- arsenopirita-marmatita-galena-calcopirita; siendo la pirita-marmatita-galena, una de las asociaciones mineralógicas de mayores concentraciones de oro.

La alteración predominante en todo el yacimiento es la sericitización (cuarzo-sericita-pirita) presentándose en forma penetrativa, la alteración filica llega a ser centimétrica (albita-sericita-pirita-clorita), ocasionalmente y en los extremos o periferia de los clavos se observa alteración propilítica caracterizada por cloritas, eventualmente epidota y pirita (Caminos, 2015). Según Caminos (2015), los recursos estimados totales de este yacimiento ascienden a 1 400 000 onzas finas de Au.

Pataz

Se ubica en el extremo oriental de la región de La Libertad, provincia de Pataz, distrito de Pataz, en la Cordillera Oriental de los Andes del Norte, al este del río Marañón. Se encuentra a unos 55 km al noroeste de Taya bamba, capital de la provincia y en la quebrada del río Pataz de dirección sureste, descargando sus aguas en el Marañón. Las coordenadas centrales UTM del área de interés son 214951 E y 9138840 N (WGS 84-18 sur).

Es una estructura tabular vetiforme que se encuentra principalmente paralela a la estratificación y en pequeños ramales que cortan a dicha estratificación. Se clasifica como depósito asociado a sedimentitas con vetas de cuarzo y pirita paralelas a la estratificación, vetas discordantes, vetas en zona de charnela y oro diseminado en sedimentos con pirita y arsenopirita. La roca encajonante es una limoarcillita oscura algo carbonosa, fuertemente deformada, con un metamorfismo incipiente que llega a pizarra. La estructura mineralizada tiene un ancho de 0.40 m, de rumbo N70°O y buzamiento 42°NE. El depósito asociado a fajas de pizarras auríferas en cinturones orogénicos está relacionado a procesos metalogenéticos vinculados a la etapa principal de deformación ocurrida en el Ordovícico superior Silúrico inferior de la tectónica Eohercínica. Se puede estimar que el depósito tiene un volumen bajo de oro con leyes que varían entre 8 y 10 g/TN (Zarate, 2006).

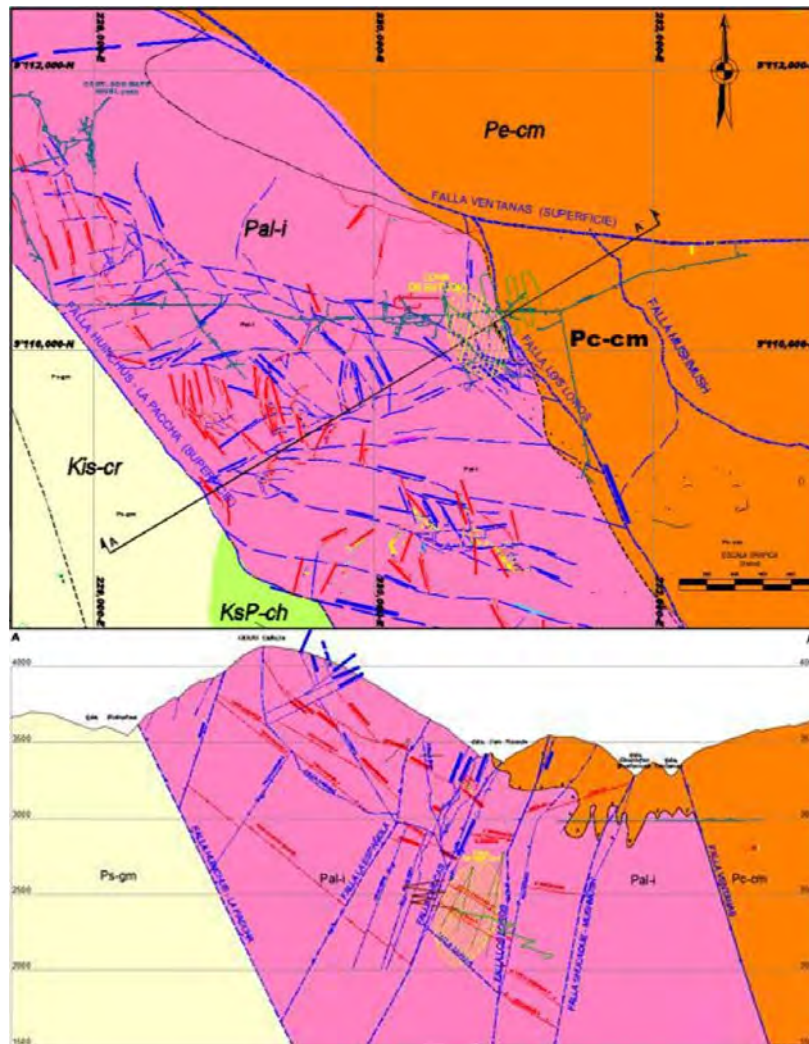


Figura 5.134 Mapa y perfil geológico del yacimiento El Gigante.

Fuente: Caminos (2015)

Retamas

Se ubica en la región de La Libertad, provincia de Patate, distrito de Parco y pertenece al anexo Lacuabamba; en el flanco oeste de la Cordillera Oriental a 180 km hacia el este de la ciudad de Trujillo a una altura de 3900 m s. n. m. Sus coordenadas UTM son 9 108 500 N y 230 500 E (WGS 84-18S).

Dentro del contexto regional se aprecian tocas que abarcan desde el Precámbrico con el Complejo Maraón, sobre estas rocas se ha determinado rocas Mesozoicas correspondientes a los grupos Mitu y Pucará, las formaciones Goyllarisquizga, Crisnejas, Chota, depósitos recientes y rocas intrusivas del Paleozoico.

En las vetas del yacimiento se observa cuarzo con oro acompañado de otros sulfuros. El oro se encuentra según su paragénesis con pirita, arsenopirita, galena y esfalerita; la pirita es el mineral que sigue en abundancia. Las vetas son variables en sus potencias, desde centímetros hasta metros donde se observan grandes franjas de cuarzo blanco, conocido como cuarzo lechoso con una pátina de óxido de hierro y acompañado de sulfuros. Su emplazamiento principal se dio en rocas microdioritas y tonalitas; el responsable de la mineralización es el intrusivo de Patate, cuyas soluciones mineralizantes circularon a través de las fracturas preexistentes.

De acuerdo con Chira et al. (2018), este depósito posee una estimación de recursos y reservas de 10 072 779 de Tn con una ley de 10 g/t de Au.

Parcoy

Ubicación

Se encuentra ubicada en la confluencia de los ríos Parcoy y Llacubamba en el anexo de Retamas, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, en la región de La Libertad, a una altitud promedio de 2750 m s. n. m. y sus coordenadas UTM son las siguientes: Este: 227308 y Norte: 9111816 (Zona 18 S). La mina aurífera está situada a 500 km al norte de Lima sobre el flanco Oriental de la Cordillera de los Andes y pertenece a la cuenca hidrográfica del Marañón.

Geología

Regionalmente la geología del distrito está dominada por tres franjas: el basamento Precambriano del Complejo Marañón al este, el Batolito de Pataz del Carbonífero, y los estratos deformados del Pérmico - Cenozoico al oeste. El complejo basal de Marañón consiste en metasedimentos pizarrosos a esquistosos y rocas metavolcánicas y exhibe plegamiento complejo y formación de clivajes. Los estratos del Pérmico al Cenozoico están plegados en pliegues verticales hasta volcados convergiendo hacia el oeste cerca del contacto con el batolito, pero más al oeste son homoclinales. La Historia Geológica de la región consta de eventos sedimentarios que van del Precámbrico hasta el reciente, afectados por intrusiones de diversos tipos, composiciones, así como de edades.

Durante el Carbonífero, los estratos fueron afectados por una gran intrusión magmática de naturaleza calcoalcalina, denominada "Batolito de Pataz". Posteriormente en el Paleógeno se produjeron emplazamientos intrusivos menores de composición diorítica a cuarzo monzonítica.

La composición litológica del batolito es ácida a intermedia, caracterizado por granodiorita, diorita y cuarzo-monzonita. Diques aplíticos, microdioríticos y andesíticos posteriores se emplazaron en el batolito.

El Batolito de Pataz aflora con un rumbo promedio N30°O (lineamiento Andino), cuyo contacto con las rocas circundantes es irregular y fallado. Estructuralmente, el batolito está sumamente fracturado y fallado, probablemente porque es un cuerpo tabular estrecho, que se emplazó en una zona de falla extensional que subsecuentemente se reactivó como una zona de falla inversa oblicua. La edad del Batolito de Pataz ha sido datada por Haerberlin et al. (2002) por el método Ar40/Ar39, registrando edades de 322 Ma - 328 Ma.

El distrito minero ha sido afectado por los diferentes eventos tectónicos ocurridos en los últimos 300 Ma, dando como resultado una complejidad estructural muy marcada. No presenta fuerte foliación, por lo que se supone intruyó la corteza superior en una zona extensional. Dicha zona extensional se habría reactivado subsecuentemente como consecuencia de un sistema de fallas inversas oblicuas durante la mineralización y de nuevo por fallamiento postmineralización.

Las fallas producto de los eventos tectónicos regionales deben haber tenido un efecto en la distribución de zonas mineralizadas en el distrito de Parcoy, que incluyen fallamiento y plegamiento premineral, sinmineral y postmineral. Los eventos preminerales incluyen deformación y metamorfismo en el Complejo Marañón Proterozoico (la orientación estructural o direcciones de compresión no son muy reconocidas), débil acortamiento NO-SE en el Ordoviciano, acortamiento NE-SO en el Devoniano tardío y extensión NO-SE durante la intrusión del Batolito de Pataz en el Mississippiano (Yana, 2014).

Mineralización y alteración

La mineralización consiste en vetas hidrotermales, rellenas de cuarzo, pirita y en menor proporción arsenopirita. Las estructuras se encuentran afectadas por fallas oblicuas de alto ángulo, generando el modelo "rosario" con adelgazamiento y ensanchamiento, cuyo rango abarca de 0.5 m a 10 m. Existen pequeñas fallas que se concentran como falsas cajas, donde se concentran los valores auríferos en la pirita masiva y de grano muy fino, también hay fallas transversales de corto desplazamiento. El contenido de oro varía según se presente libre o asociado a la pirita masiva y de grano fino; la pirita cristalizada de grano grueso generalmente es de baja ley (Yana, 2014).

Recursos y reservas

Según el reporte anual del año 2016 de la empresa Consorcio Minero Horizonte, este depósito cuenta con 5 600 000 Tn de mineral con una ley de 8.1 g/TN de Au. Según Champi (2019), al 31 de diciembre del 2018 se estimaron 2.61 Mt @ 10.04 g/t Au de reservas probadas y probables y 2.94 Mt @ 8.37 g/t Au de recursos inferidos.

Existen otros depósitos de este tipo en el Perú, pero debido a la gran cantidad de estos, se hace imposible que se pueda describir a cada uno de ellos. Por ello, se los lista en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.4

Depósitos orogénicos en el Perú

Depósito	Franja	Estado	Región	Zona	Este	Norte
Ballena	IX	Proyecto	Ancash	17	819247	8896632
Saramarca	IX	Mina	Ayacucho	18	490483	8397666
Cateo Torrepampa	X	Mina	Arequipa	18	721400	8264780
Prospecto Huayllacha	X	Mina	Arequipa	18	640000	8281000
Caravelilla Capitana	IX	Mina	Arequipa	18	601858	8272050
San Juan De Chorunga	IX	Mina	Arequipa	18	709074	8241764
María Auxiliadora	IX	Mina	Arequipa	18	588748	8269446
Los Incas	IX	Mina	Ica	18	534361	8345666
Lomo De Camello	X	Proyecto	Ayacucho	18	500359	8396944
Orion	IX	Mina	Arequipa	18	578619	8275062
Cerro Canchete	IX	Mina	Arequipa	18	562000	8321000
Sunca Nueva	X	Mina	Arequipa	18	726785	8250292
Callpa	IX	Mina	Arequipa	18	660662	8252615
Porvenir	IX	Mina	Arequipa	18	582529	8276316
Mina El Dorado	VIII	Mina	Ica	18	418997	8434065
Mina Rey Felipe	X	Mina	Arequipa	18	766325	8238579
Ishihuinca	IX	Mina	Arequipa	18	670920	8251847
Posco	IX	Mina	Arequipa	18	694412	8232060
Pongo	IX	Mina	Ica	18	517876	8365727
Erika	IX	Mina	Arequipa	18	715507	8234544
Ocoña Minas	IX	Mina	Arequipa	18	714240	8244015
Tesoro	X	Proyecto	Arequipa	19	199178	8182329
Copara	VIII	Mina	Ica	18	510141	8336805
Mina César	IX	Mina	Arequipa	18	490250	8396805
Rosa María	VIII	Mina	Arequipa	18	536245	8313442
Pampa Grande	II	Prospecto	La Libertad	18	217834	9131218
Buenos Aires	II	Prospecto	La Libertad	18	235530	9110169
San Caetano	II	Prospecto	La Libertad	18	213495	9138272
San Francisco	II	Prospecto	La Libertad	18	214034	9139965
El Pauco	II	Prospecto	La Libertad	18	214253	9140923
Virgen Del Carmen	II	Prospecto	La Libertad	18	214183	9140991
El Molle	II	Prospecto	La Libertad	18	206357	9143026
El Gigante	II	Prospecto	La Libertad	18	227495	9112578
Quisuar	II	Prospecto	La Libertad	18	221501	9105805
Vicente	II	Prospecto	La Libertad	18	216126	9140491
Quebrada Carrizal	II	Prospecto	La Libertad	18	218167	9133464
Ccarihuarmi	II	Prospecto	La Libertad	18	232790	9110425
El Tingo - La Poderosa	II	Mina	La Libertad	18	211610	9145325
La Lima- La Poderosa	II	Mina	La Libertad	18	210346	9148132
Pataz	II	Mina	La Libertad	18	214856	9140059

Continuación...

Depósito	Franja	Estado	Región	Zona	Este	Norte
Crucero	II	Proyecto	La Libertad	19	410600	8432685
Poderosa	II	Mina	La Libertad	18	210133	9149974
Retamas	II	Mina	La Libertad	18	226788	9112912
Papagayo - La Poderosa	II	Mina	La Libertad	18	211104	9146774
Buldibuyo	II	Mina	La Libertad	18	234812	9101550
Consuelo - La Poderosa	II	Mina	La Libertad	18	211730	9142718
Parcoy	II	Mina	La Libertad	18	227308	9111816
La Rinconada (Ana María)	I	Mina	Puno	19	452192	8383451
Antonieta	I	Mina	Puno	19	457877	8455556
Ananea	I	Proyecto	Puno	19	451057	8377828
Untuca	I	Proyecto	Puno	19	469832	8394745
Vetaspata	I	Proyecto	Puno	19	456808	8387024
Crucero	III	Proyecto	Puno	19	414000	8435000

5.8 YACIMIENTOS ESTRATOLIGADOS

Gerardo Trelles, Italo Rodríguez y Dina Huanacuni

5.8.1 Generalidades

En este capítulo se describe una variedad de sistemas minerales hidrotermales que se generan en márgenes pasivos, en estructuras de cuencas tipo rifting intracontinentales o de trasarco, con o sin asociación ígnea. Las márgenes pasivas y las zonas de rifting incluyen los depósitos conocidos como tipo Mississippi

Valley (MVT), sulfuros masivos polimetálicos-sedimentarios exhalativos (SEDEX) y las mineralizaciones de cobre tipo capas rojas (RED BED) (figura 5.135), todos los cuales pueden agruparse ampliamente en la familia más amplia de sistemas minerales sedimentarios-hidrotermales. La génesis de los sistemas minerales sedimentarios-hidrotermales involucra una variedad de procesos que incluyen diagénesis, flujo de salmueras a través de cuencas y ventilación de fluidos hidrotermales en fondos marinos o lacustres (Pirajno, 2009).

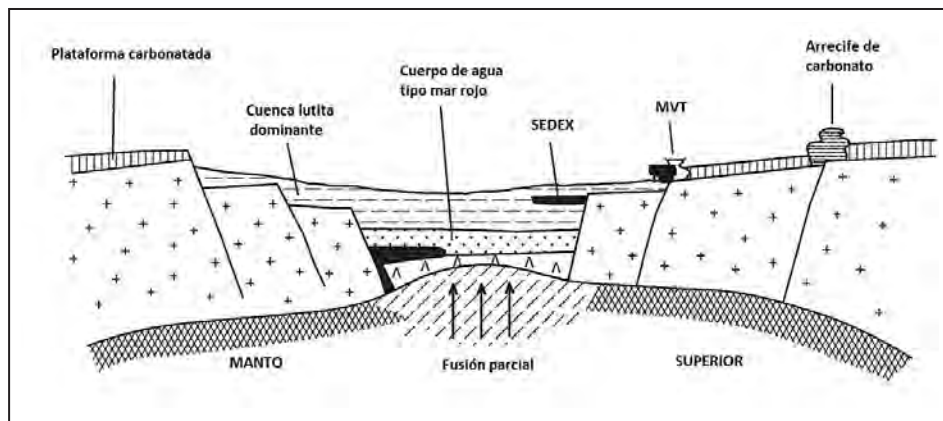


Figura 5.135 Ambiente tectónico para la génesis de depósitos estratoligados.

Fuente: Modificado de Pirajno (2009)

5.8.2 Yacimientos Mississippi Valley Type (MVT)

Generalidades

Los depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) son cuerpos de sulfuro epigenéticos estratificados alojados en carbonatos compuestos predominantemente por esfalerita y galena.

Estos depósitos representan aproximadamente el 25 % de los recursos mundiales de plomo y zinc. Se denominan así porque varios distritos MVT clásicos están ubicados en rocas carbonatadas dentro de la cuenca del río Mississippi en el centro de los Estados Unidos (Paradis et al., 2014).

Los depósitos de este tipo albergan una mineralización importante de plomo y zinc, y suelen tener un tamaño promedio de 7 millones de toneladas métricas (TM). Aproximadamente, la producción de Zn y Pb en este tipo de depósitos está en relación de 10 a 1. Algunos depósitos y distritos solo producen Zn, y otros predominantemente Pb (Leach et al., 2010).

Características de los yacimientos Mississippi Valley Type (MVT)

Según Trilla et al. (2006), las principales características de los depósitos Mississippi Valley Type son las siguientes:

Se suelen emplazar en secuencias carbonatadas de plataforma, de espesor variable; mayoritariamente dolomitizadas. No obstante, existen algunos depósitos que se emplazan en rocas siliciclásticas. Se alojan a poca profundidad (<1500 m), a menudo en altos estructurales. Genéticamente, nunca están asociados a rocas ígneas. Suelen estar asociados a regímenes tectónicos tanto compresionales como extensionales. Su génesis no obedece a periodos geológicos determinados, al contrario, se conocen desde el Proterozoico hasta los tiempos recientes (figura 5.136).

Estos depósitos se han formado a partir de soluciones de cuenca similares a las aguas de formación petroleras, con temperaturas, determinadas mediante inclusiones fluidas en cuarzo, esfalerita, dolomita, barita, calcita y fluorita, que se sitúan entre 80 y 200 °C, y salinidades de hasta el 30 % en sales en peso, NaCl y CaCl₂, esencialmente. El mecanismo más viable para el transporte de Zn y Pb es mediante complejos clorurados. El F se puede transportar mediante complejos de Mg y Ca (Spirakis, 2004; Trilla et al., 2004b). A menudo, los fluidos acuosos están acompañados por metano, hidrocarburos líquidos y suele aparecer bitumen tanto bajo la forma de sólidos atrapados en las inclusiones fluidas como acumulado en el depósito. La composición isotópica del oxígeno y del carbono de las rocas encajonantes está ligeramente empobrecida con respecto a las rocas regionales, hecho que indica que **recristalizaron en presencia de un fluido**. Los datos isotópicos de plomo, muy radiogénicos, sugieren un origen cortical para los

metales, que muy probablemente fueron lixiviados de materiales sedimentarios de la misma cuenca, o bien de materiales presentes en el zócalo. El origen del azufre está casi siempre asociado a una fuente evaporítica (evaporación de agua marina; lavado de evaporitas), aunque el amplio rango de composiciones que suelen observarse en algunos depósitos sugiere que esta **composición puede estar modificada por procesos de oxidación/reducción en presencia de materia orgánica**.

La mineralización es del tipo epigenética y compuesta por sulfuros de zinc y plomo (esfalerita y galena), acompañados de sulfuros de hierro (pirita y marcasita), y carbonatos (calcita y dolomita). Como minerales secundarios, se debe mencionar a la barita, la fluorita, la calcopirita y el cuarzo que pueden llegar a ser localmente abundantes o, en algunos casos, llegar a constituir la mayor parte de la mineralización. Texturalmente, los sulfuros muestran una gran variedad, desde reemplazamientos coloidales **de tamaño de grano muy fino hasta cristales centimétricos a decimétricos ocupando cavidades**. Las texturas indicativas de precipitación rápida (coliformes, dendríticas, esqueléticas) pueden ser las predominantes en algunos depósitos.

El estilo de mineralización de estos depósitos es muy variado y consiste en mantos de reemplazamiento masivos a bandeados, **relleno de bolsonadas a veces de origen kárstico (karst hidrotermal)**, relleno de brechas hidráulicas o de colapso, relleno de fracturas o filones, etc. (figura 5.137). La distribución de estos depósitos suele estar controlada por elementos estratigráficos (límites litológicos, cambios de facies, distribución de porosidad, karst), **estructurales (fracturas, cabalgamientos, brechas tectónicas)** o la combinación de ambos, localizándose siempre en unos niveles determinados, de allí su carácter estratoligado (Trilla et al., 2006).

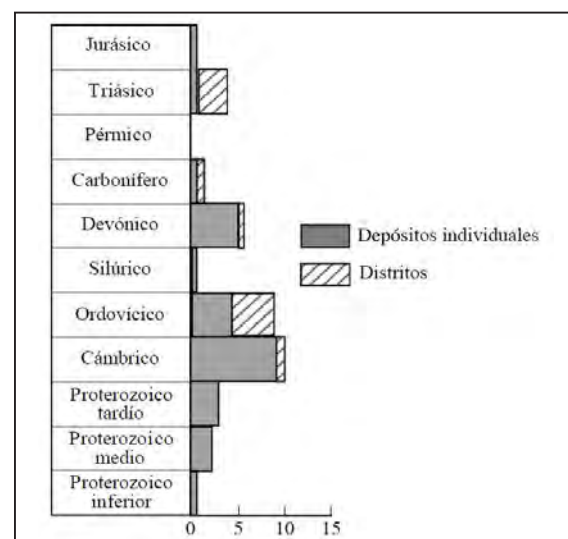


Figura 5.136 Distribución de los depósitos de tipo MVT en función a su edad de emplazamiento.

Fuente: Trilla et al. (2006)

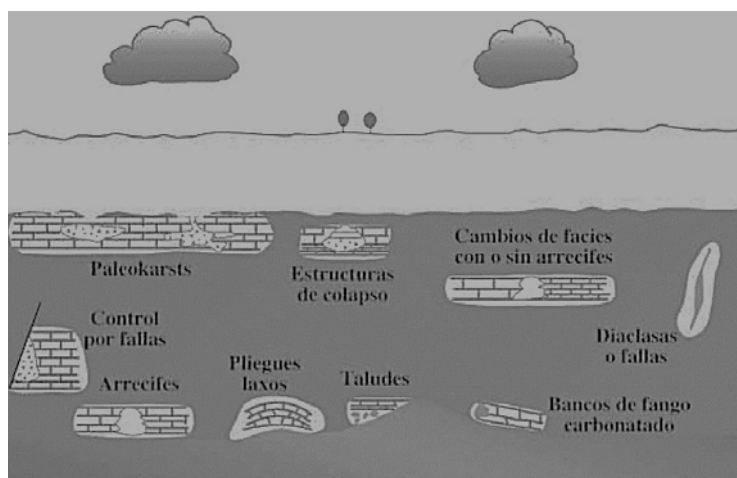


Figura 5.137 Tipos de trampas sedimentarias y/o estructurales que pueden facilitar la formación de depósitos MVT.

Fuente: Trilla et al. (2006)

5.8.3 Yacimientos tipo Mississippi Valley (MVT) en el Perú

La mayoría de los depósitos MVT en el Perú se encuentran en la franja XVI con mineralización de Pb-Zn pertenecientes al Eoceno-Mioceno, ubicados a lo largo de la Zona Subandina del centro y norte del Perú (figura 5.138).

Las rocas hospederas de la mineralización de Pb-Zn, están constituidas por secuencias dolomíticas del Triásico superior-Jurásico inferior del Grupo Pucará. Estructuralmente, la franja está controlada por el sistema de fallas NO-SE Satipo-Pangoa-San Francisco y cabalgamientos que ponen en contacto la Cordillera Oriental sobre la Zona Subandina. Dentro de la franja metalogenética se ubican los depósitos San Vicente, Piñón, Sillapata, Huacrash-Aynamayo, Puntayacu, Pichita Caluga, Cascas, Ninabamba, Raymondí Sur, Tambo María, Pampa Seca, San Roque, Bolívar, Soloco y Bongará. También, es posible encontrar al oeste de la franja metalogenética depósitos MVT de Pb-Zn los que se encuentran distribuidos puntualmente en anticlinales cerrados que desaparecen debajo de rocas más jóvenes. En esta zona se ubican los depósitos Ulcumayo y Shalipayco (Mégard, 1987; Carlotto et al., 2007, como se cita en Acosta et al., 2015).

En el presente trabajo se han descrito los depósitos más resalantes desde el punto de vista económico; a continuación, se describen las características más relevantes (ubicación,

geología, mineralización, alteración, estilo de mineralización, paragénesis y recursos) de estos.

Proyecto Bongará (Cañón Florida)

Ubicación

El proyecto minero Bongará se encuentra ubicado en el límite entre la Cordillera Oriental y la Faja Subandina, a una altitud aproximada que varía entre los 1800 y 2400 m s. n. m. en el distrito Yambraşbamba, provincia de Bongará, región Amazonas. Tiene como coordenadas centrales 825248 E, 9352626 N.

Marco geológico y estructural

El depósito de Bongará está alojado en rocas carbonatadas del Grupo Pucará, una unidad sedimentaria que en algunos lugares alcanza un espesor de más de 1500 m y se extiende en un cinturón NNO de aproximadamente 1000 km del centro al norte del Perú en el pliegue Subandino, así como en la Cordillera de los Andes Occidentales (Oliviera et al., 2019). Las rocas más antiguas de la región de Bongará son gneis paleozoicos inferiores, esquistos de mica, filitas y cuarcitas del Complejo Maraşón (Chew et al., 2007, 2008).

Estas rocas están cubiertas de forma discordante por la secuencia del Triásico Mitu, que consiste en rocas volcánicas epiclásticas, areniscas rojas y conglomerados polimíctico; estas unidades subyacen a las rocas de la plataforma de carbonato del Grupo Pucará (figura 5.139) (Oliviera et al., 2019).

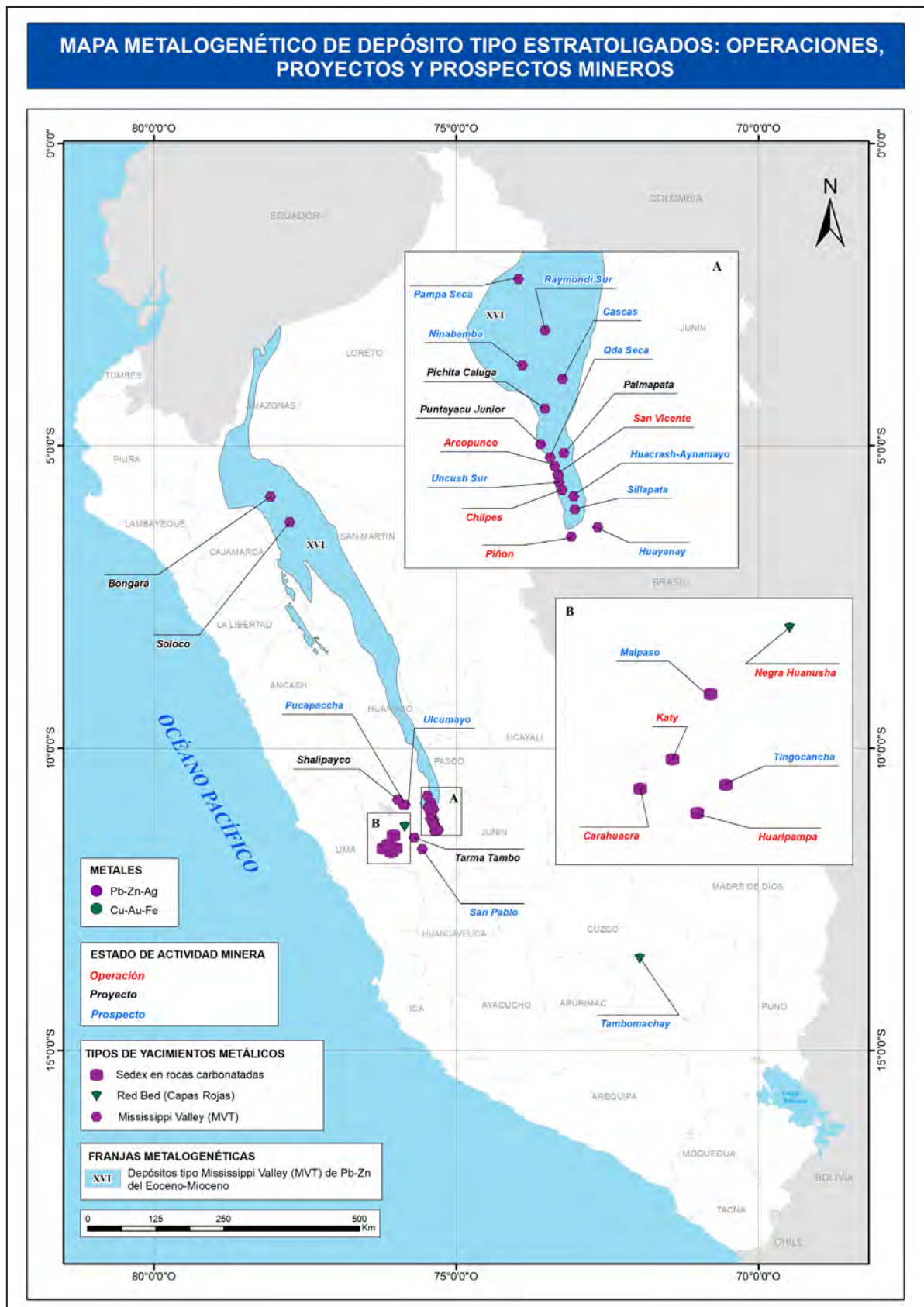


Figura 5.138 Mapa de depósitos Mississippi Valley Type (MVT) del Perú.

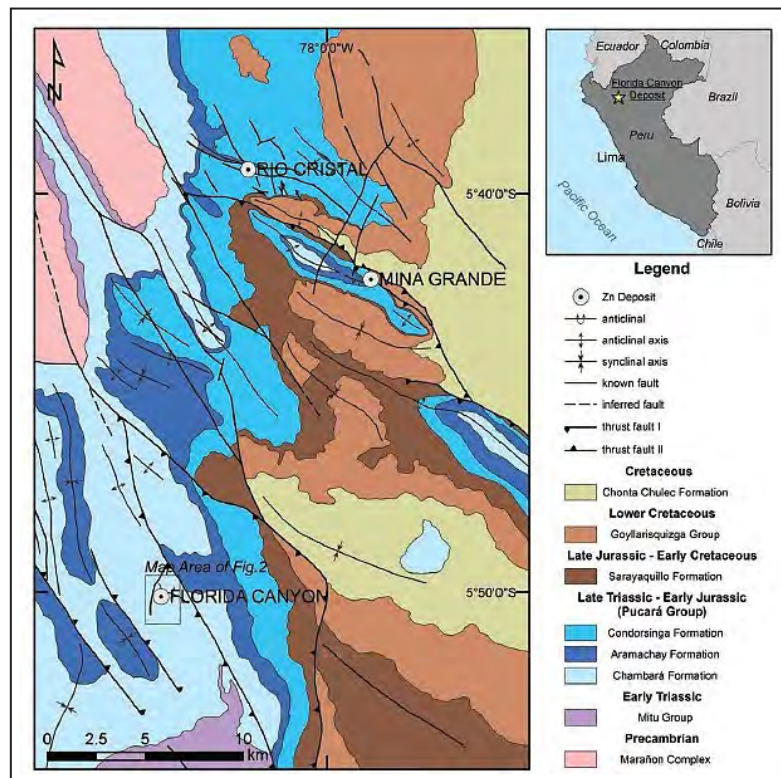


Figura 5.139 Mapa geológico del distrito de Bongará.

Fuente: Oliviera et al. (2019)

El Grupo Pucará comprende, desde la base hasta la cima, las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga. La Formación Chambará comprende rocas caliza y dolomía, y se divide en tres miembros: Chambará 1, 2 y 3. El miembro Chambará 1 está compuesto de rocas limolitas con intercalaciones de wackestone; Chambará 2 comprende de rocas carbonatadas de granos gruesos; y Chambará 3 de lutitas calcáreas oscuras (Oliviera et al., 2019).

La estructura dominante en este depósito es un domo con un eje de tendencia de N55°O. El domo está delimitado por la Falla de Sam en el oeste y por la Falla de Tesoro en el este. La falla normal de Sam de rumbo NNO se inclina abruptamente hacia el oeste (Oliveira, 2019). Vega (2018) señaló que, además de las principales fallas de Sam y Tesoro, el área está cortada por fallas de desplazamiento menores con tendencia N-S, SO-NE y SE-NO. El área de San Jorge en la parte sur del depósito contiene los grados más altos de Zn-Pb en el depósito de Bongará. El área de Karen Milagros en la parte noreste del depósito contiene la mayor concentración de sulfuros estratificados (figura 5.140).

Alteración y mineralización

La mineralogía de este depósito es simple; los minerales principales de la roca caja son dolomita, calcita y traza de cuarzo, y el conjunto de mineral consiste en esfalerita, galena, pirita y marcasita, en orden de abundancia. Se reconocieron cuatro

tipos de calcita, tres tipos de dolomita y dos tipos de cuarzo, esfalerita y pirita.

Las calizas de color gris oscuro de los miembros inferior y superior de la Formación Chambará están compuestas de calcita de grano fino que representa texturas depositantes sedimentarias preservadas que consisten en cemento micrítico, bioclastos y calcíferas. Una segunda generación de calcita blanca estéril ocurre predominantemente en venillas de milímetros a decímetros de espesor en calizas. La dolomita oscura fina ocurre en el miembro intermedio de la Formación Chambará, como bandas oscuras de brecha de evaporita estratificada y clastos angulares en brechas de evaporita. La segunda etapa de la dolomitización se caracteriza por una alteración generalizada que resultó en la recristalización de los carbonatos originales en dolomita de grano grueso y probablemente estuvo acompañada por la conversión diagenética de yeso o anhidrita a calcita o dolomita. El cuarzo se presenta como pequeños agregados cristalinos (<50 μm) o como reemplazo de calcedonia radial-fibrosa dentro de texturas sedimentarias o como crecimientos intermedios con segunda dolomita en todas las rocas hospedantes de carbonato (Oliviera et al., 2019).

La esfalerita y la galena son minerales de mena. Hay dos tipos de esfalerita con diferentes colores. La primera es la esfalerita de color marrón oscuro que ocurre comúnmente en las venillas que

cortan brechas de evaporita. El segundo tipo de esfalerita tiene un color marrón claro y con frecuencia se asocia con la esfalerita marrón oscura. La esfalerita de color claro también ocurre en las texturas de reemplazo sin estar asociada con otros sulfuros. Los dos tipos de esfalerita datan claramente de los pseudomorfos de

calcita después de los minerales de evaporita y las dos primeras etapas de dolomitización diagenética. El bitumen se encuentra asociado con algo de pirita fina en vetas finas está presente en las lutitas del miembro Chambará 3.

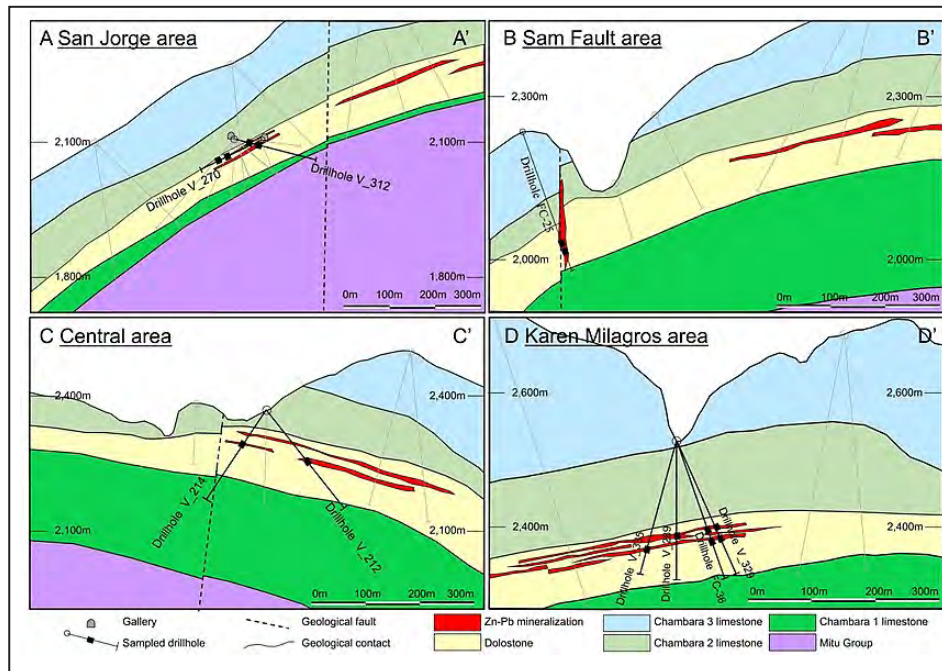


Figura 5.140 Sección geológica de las áreas San Jorge, Falla Sam, Central y Karen Milagros.

Fuente: Oliviera et al. (2019)

Secuencia paragenética

El proyecto Bongará presenta una posición paragenética relacionada a la formación de mineralización que se muestra en tres etapas (figura 5.141).

Recursos y reservas

Según Nexa Resources (2021), la estimación de recursos minerales para este proyecto, en cuanto a recursos medidos

e indicados es 2.44 Mt @ 10.63% Zn, 15.1 g/t Ag, 1.34% Pb; y para recursos inferidos 14.86 Mt @ 9.63% Zn, 11.3 g/t Ag, 1.26% Pb. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Cañón Florida (Nexa Resources Perú S.A.A.) se encuentra en etapa conceptual y su puesta en marcha está por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 214 millones.

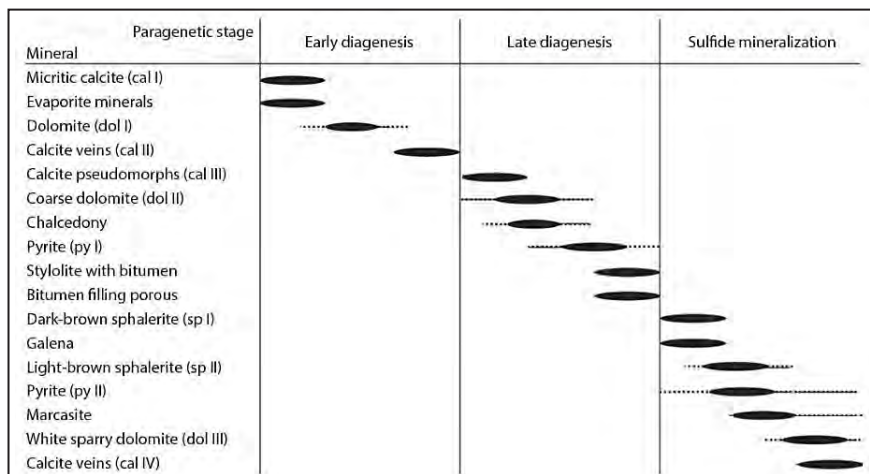


Figura 5.141 Paragénesis de proyecto Bongará.

Fuente: Oliviera et al. (2019)

Proyecto Cristal

Ubicación

El proyecto Cristal geográficamente se encuentra ubicado en el distrito Yambrasbamba, provincia de Bongará, región Amazonas. En las coordenadas UTM 827 500 E y 9 375 000 N Zona 17 S, datum WGS84.

Marco geológico y estructural

El proyecto se encuentra alojado en calizas fosilíferas y dolomíticas de la Formación Chambará, pertenecientes al Grupo Pucará; este grupo se superpone a las unidades metamórficas del Complejo Marañón (figura 5.142) (Arfe et al., 2018).

La cuenca Pucará se desarrolló durante el Triásico superior y el Jurásico inferior a lo largo de una zona de cizalla de orientación NNO-SSE; también se desarrollaron dos subcuencas: cuenca Oeste y cuenca Este, la segunda cuenca es conocida por ser roca hospedante de yacimientos tipo MVT como San Vicente, Pichita Caluga, Shalipayco, Tambo María, Ulcumayo, Julián, Cañón Florida, Cristal Bongará, entre otros (Arfe et al., 2018).

Las secuencias sedimentarias representativas están compuestas de clastos polimétricos de conglomerados continentales (clastos de esquistos, volcánicos y granito) y de areniscas rojas del Grupo Mitu que pertenecen al Triásico medio. Las unidades del Grupo Pucará se subdividen en: carbonatos de plataforma de la Formación Chambará (Triásico superior), calizas lutáceas de aguas más profundas parcialmente ricas en materia orgánica de la Formación Aramachay (Triásico-Jurásico), y carbonatos de plataforma de la Formación Condorsinga (Jurásico inferior) (Arfe et al., 2018).

La tectónica andina en su facie tardía afectó el área de Bongará a finales Oligoceno-Mioceno, cuando la fase de compresión ocurrió (20.5 a 12 Ma); a la vez se generaron otros pulsos tectónicos, que fueron reconocidos en el Mioceno (~8-7 Ma) y Plioceno temprano (~5-4 Ma). Los últimos efectos de la tectónica andina tardía se registraron en el Pleistoceno temprano (2-1.6 Ma). Durante las fases de compresión se generaron inversiones de las fallas de orientación SSO- NNE; en los límites del yacimiento Cristal, estas fallas se denominan Chiriaco y Farallón (figura 5.143) (Arfe et al., 2018).

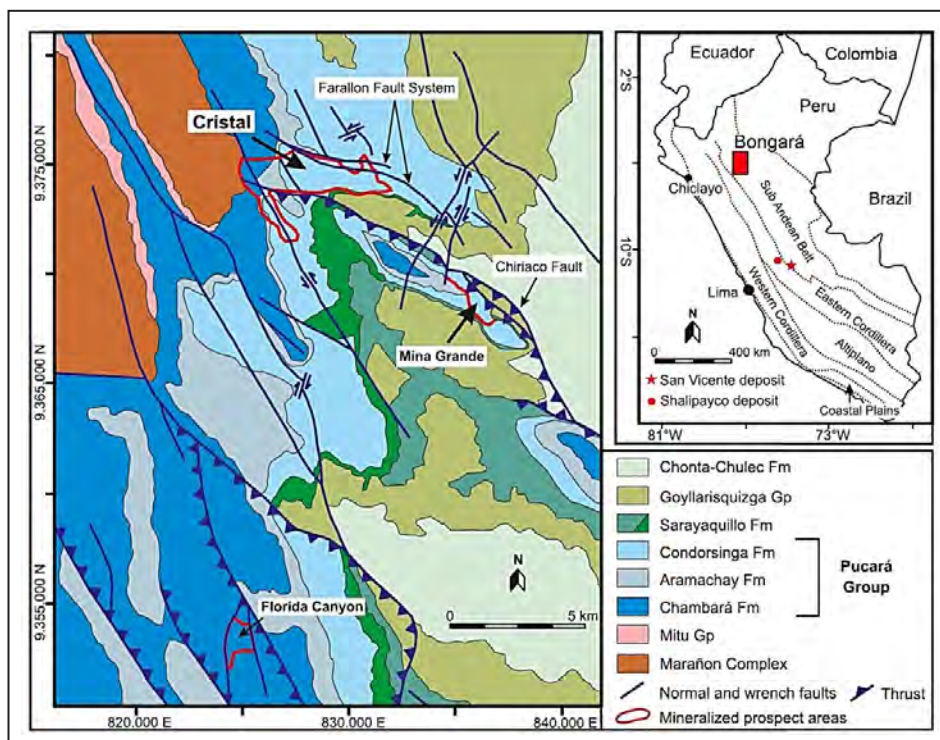


Figura 5.142 Mapa geológico y unidades morfoestructurales del distrito de Bongará.

Fuente: Tomado de Arfe et al. (2018)

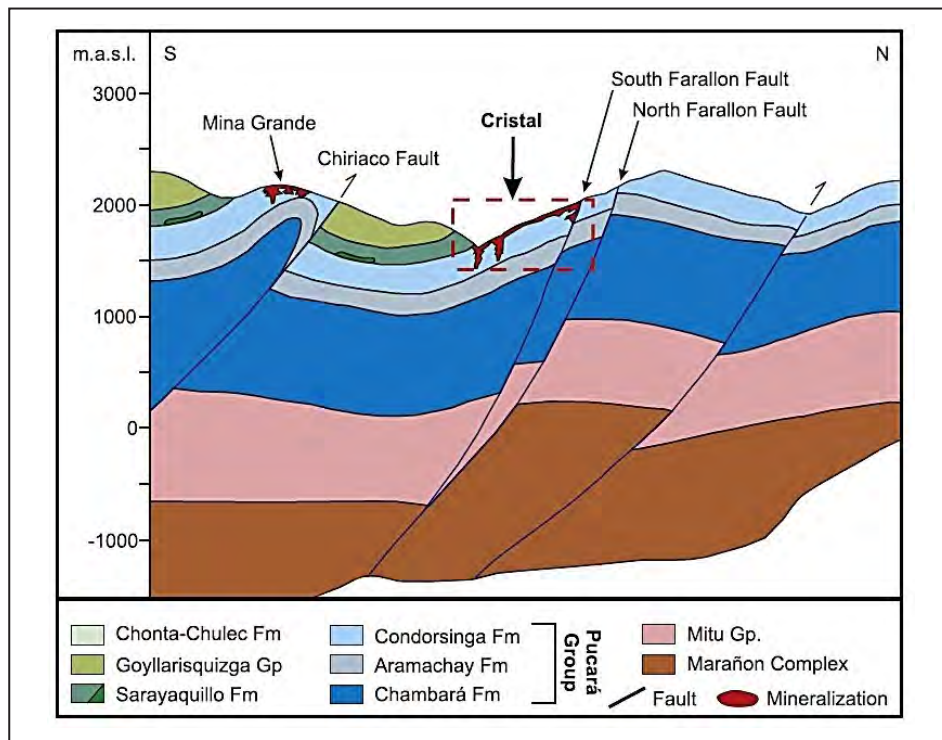


Figura 5.143 Sección esquemática de las áreas mineralizadas del proyecto Cristal.

Fuente: Arfe et al. (2018)

Alteración y mineralización

La alteración y mineralización en el proyecto Cristal constan de dos etapas: una de minerales sulfurados y otra de oxidados. La primera es la formación de sulfuros del tipo MVT en la cual están la etapa de dolomitización por precipitación de los sulfuros de Zn y Pb, así como la precipitación de sulfuros de Fe en forma de pirita fina en la zona distal. La segunda etapa está dominada por la formación de óxidos, ocasionada por la oxidación supérgena de los sulfuros formados inicialmente. Las rocas que albergan la mineralización están representadas por carbonatos y capas siliciclásticas intercaladas con la Formación Condorsinga, y están expuestas en toda el área del proyecto Cristal, donde

predomina al NE-SO y de menor predominancia al SE. La mineralización de sulfuros está confinada entre muro de la falla inversa de Chiriaco y el muro falla normal Farallón; las anomalías de Pb-Zn se extienden sobre un área de aproximadamente 2 km² y se han reportado las siguientes: Anita, Erika, Marita, Lupita, Esperanza, Yolanda, Juanita, Gigi, El Águila, Charlita y Charlita Norte (figura 5.144) (Arfe et al., 2018).

Recursos y reservas

La empresa Río Cristal Resources (2012) estimó considerables recursos minerales en este proyecto, el cual cuenta con 1 270 000 toneladas con una ley de 7.5 % de Zn.

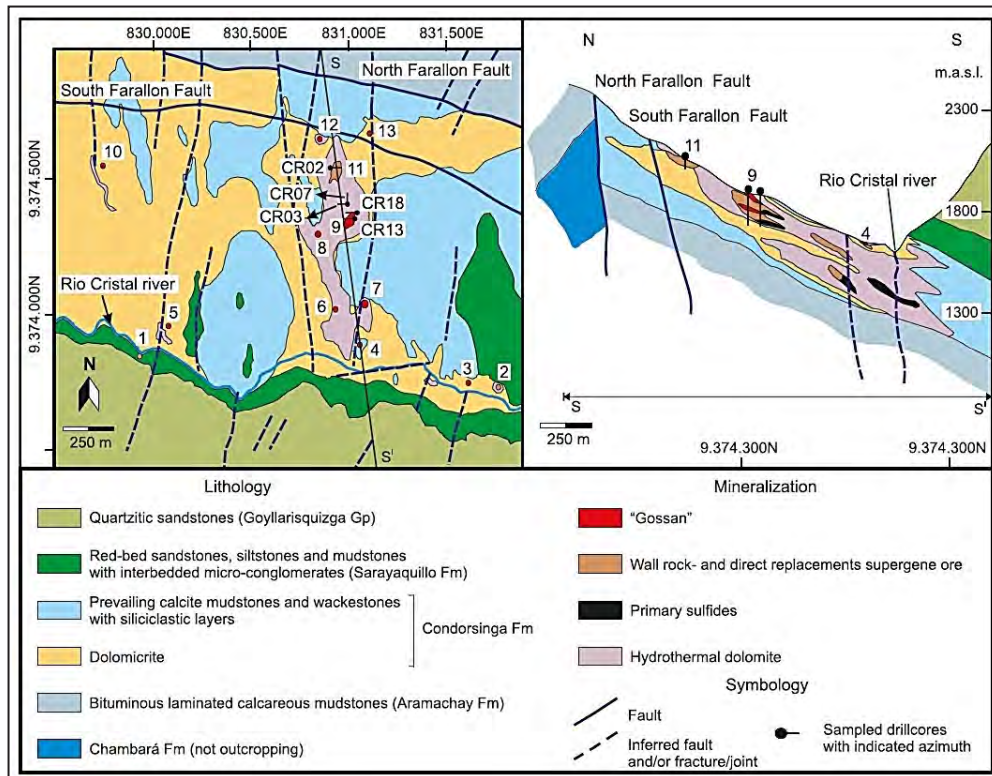


Figura 5.144 Mapa geológico del área del proyecto Cristal, muestra ocurrencias y prospectos de Zn- Pb.

Fuente: Brophy (2012). En Arfe et al. (2018)

Mina San Vicente

Ubicación

El yacimiento San Vicente se encuentra ubicado geográficamente en ceja de selva, distrito de Vítoc, provincia de Chanchamayo, región Junín a 17 km al sur de la ciudad de San Ramón. En las coordenadas UTM: 458156 E y 8758654 N, Zona 18, datum WGS84.

Marco geológico y estructural

El yacimiento San Vicente se encuentra morfoestructuralmente en el subandino y está alojado en la parte oriental de la cuenca Pucará; tiene una tendencia NO en el margen del escudo brasileño (Badoux et al., 2019).

A nivel regional se ha establecido que el basamento de rocas metamórficas e intrusivos paleozoicos han sido los que controlaron el desarrollo de altos estructurales y posiblemente la formación de barras oolíticas. Los eventos

tectónicos compresionales se han generado desde el Cretáceo superior hasta el Neógeno, que incluyen una tectónica de sobreescurrecimiento de bajo ángulo; estos han reactivado estructuras antiguas facilitando la formación de posibles conductos mineralizantes (Dávila et al., 2000).

El depósito estratiforme de Zn-Pb aparece dentro de la plataforma de rocas carbonatadas del Grupo Pucará de edad Triásico superior-Jurásico inferior, como también en rocas siliciclásticas de margen continental del Grupo Mitu de edad Pérmico superior-Triásico inferior.

Las filitas del Grupo Excelsior (Paleozoico medio) ocurren regionalmente debajo del Grupo Mitu. La mayor parte de los mantos conocidos de San Vicente se alojan en el flanco E de barras dolomitizadas de textura oolítica de orientación NS, en lo que se considera una antigua trampa de hidrocarburos y de azufre reducido. Durante Pérmico-Triásico, varias intrusiones fueron emplazadas, como el granito de San Ramón y la granodiorita de Tarma (figura 5.145) (Badoux et al., 2001).

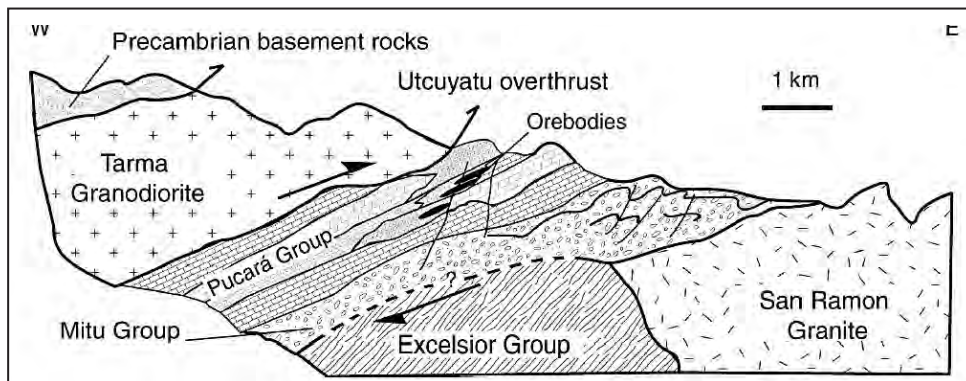


Figura 5.145 Sección geológica del distrito minero San Vicente.

Fuente: Dávila et al. (2000). En Badoux et al. (2001)

En el distrito de San Vicente, la granodiorita Tarma ha desplazado a las rocas de la base metamórfica del precámbrico sobre las rocas carbonatadas del Pucará de oeste a este a lo largo del desplazamiento de la falla Utcuyacu tal como se muestra en la figura 5.145.

Dentro de la secuencia estratigráfica de San Vicente se ha diferenciado ocho unidades litológicas del Grupo Pucará, de las cuales las dolomías San Judas, San Vicente, Alfonso y Colea son de facies prospectivas en la que es posible detectar áreas con las condiciones geológicas para albergar mineralización de yacimientos MVT similar a San Vicente (Badoux et al., 2001).

Se cuenta con dos tipos de controles importantes en la génesis del yacimiento: control estructural y control litológico. Estos juegan un rol importante en la identificación de las trampas que albergan la mineralización, determinando la cantidad y calidad en la precipitación de sulfuros de Zinc (Badoux et al., 2001). El control estructural para San Vicente es el granito San Ramón, ubicado al este de la mina; está controlado por una estructura N-S cuya orientación sigue el río Tulumayo. El distrito minero San Vicente es parte de un gran monoclinial buzando al oeste, con estructuras de escurrimientos de bajo ángulo convergente al oeste, los sistemas de fracturas de alto ángulo que predominan son NE-SO y N-S y también existe la presencia de fracturas de tendencia NO-SE (Badoux et al., 2001).

Alteración y mineralización

La esfalerita y la galena son los principales minerales de mena, con pirita accesoria y trazas de marcasita, calcopirita y sulfosales. La ganga se compone predominantemente de dolomita con calcita como mineral accesorio. Se pueden distinguir diferentes generaciones de carbonatos hidrotermales: 1) dolomita oscura de reemplazo temprano; 2) relleno de

espacios abiertos, dolomita laminar blanca; 3) dolomita y calcita de relleno en intersticios en etapa tardía; y 4) dolomita y calcita en reemplazamiento de sulfatos en evaporitas.

La mayor parte de la esfalerita se encuentra en la misma posición paragenética que la dolomita hidrotermal. La esfalerita marrón oscura de grano fino acompaña a la dolomita de reemplazo oscura temprana, y la esfalerita marrón a amarilla de grano grueso se asocia con la dolomita laminar blanca. La galena precipitó principalmente con dolomita de relleno de intersticios en la etapa tardía (Fontboté & Gorzawski, 1990, como se cita en Badoux et al., 2001).

Se pueden reconocer tres tipos principales de estructuras de ganga en la mina San Vicente: 1) rítmica, entre capas de reemplazo oscuro y dolomita blanca, típicamente llamada estructura tipo cebrá; 2) brecha con clastos de dolomita de reemplazo oscuro en una matriz de dolomita blanca; y 3) vetas rellenas de dolomita blanca. Estas estructuras son reconocidas tanto en áreas económicas como en áreas estériles de la mina. En las áreas que contienen minerales, la esfalerita de color marrón a amarillo generalmente se encuentra entre la dolomita oscura y la dolomita blanca, ya sea brecha o mineral tipo cebrá (Fontboté & Gorzawski 1990, como se cita en Badoux et al., 2001).

La mineralización se formó al llegar a la trampa fluidos portadores de Zn y Pb que ascendieron por fracturas y capas permeables. La trampa está constituida por el cambio gradual entre facies de alta energía, las cuales están acumuladas en zonas de barra con ooides de alta porosidad y permeabilidad, facies San Vicente; y facies de baja energía, depositadas en ambiente lagoon de escasa porosidad y permeabilidad, facies Vilcapoma (Dávila et al., 2000).

La dolomitización, con desarrollo de cristales blancos laminares, constituye la alteración hidrotermal principal de San Vicente y está controlada por la mayor permeabilidad de las facies oolíticas en la caliza Uncush, que es una guía importante para ubicar mantos de Zn-Pb. Estudios isotópicos de Pb indican que los fluidos mineralizantes formaron mantos económicos en una extensión de 5 km en sentido NS a partir de una misma zona de conductos (*feeders*) (Dávila et al., 2000).

Recursos y reservas

Según la compañía minera San Ignacio de Morococha (2018), la mina San Vicente reporta reservas probadas y probables de 3 592 750 de toneladas, con una ley de Zn de 9.7 % y de Pb de 0.45 %. Según la memoria anual SIMSA (2020), sus recursos son 2.41 Mt @ 0.57 % Pb. 9.09 % Zn.

Proyecto Shalipayco

Ubicación

Se ubica a una altitud de 4000 y 4800 m s. n. m., ubicado a 11 km del distrito de Carhuamayo, en la provincia y región Junín. Con coordenadas 392602 E y 8801452 N, Zona 18, datum WGS84.

Marco geológico y estructural

El basamento está formado por rocas neoproterozoicas del complejo metamórfico Maraynioc, formado por esquistos de mica y gneis. Sobre esta Formación se encuentran las pizarras de la Formación Contaya del Ordovícico y filitas, pizarras y cuarcitas del Silúrico a Devónico del Grupo Excelsior. El Paleozoico superior está representado por la secuencia del Grupo Ambo, que consiste en rocas continentales clásticas y carbonatadas de los Grupos Tarma y Copacabana. Estos son cubiertos por la molasa del Grupo Mitu de edad Pérmico superior-Triásico y luego las calizas Pucará y dolomitas en clara discordancia erosiva (figura 5.146) (VM Holding S.A., 2017).

La cubierta sedimentaria mesozoica comienza con las secuencias de rocas carbonatadas del Grupo Pucará de edad Noriana a Pliensbachiana (Triásico superior a Jurásico inferior). La cuenca sedimentaria del Grupo Pucará representa una extensa plataforma de rocas carbonatadas desde el inicio del ciclo andino, desarrollada en el borde occidental del escudo brasileño y que consta de espesas secuencias dolomíticas con rasgos preevaporíticos parciales formados en ambientes peritidales. Los sedimentos de rocas carbonatadas del Grupo Pucará representan transgresiones del Paleozoico sobre lechos rojos molásicos terrestres del Grupo Mitu. También, se encuentran presentes depósitos de cobertura recientes formados

por sedimentos de morrena, fluvio-glaciales, aluviales, lacustres y fluviales. Más al este, existencias intrusivas que consisten en granodioritas y monzogranitos Triásico-Jurásico corresponden a la parte central de la Cordillera Oriental. Las principales estructuras son fallas y empujes (Falla Ulcumayo-San Rafael) del sistema noroeste-sureste, así como pliegues del sistema andino correspondientes a la fase peruano-Incaica (VM Holding S.A., 2017).

El Proyecto Shalipayco corresponde a una zona estructural denominada Bloque Carhuamayo-San Vicente-Oxapampa. Se caracteriza por una serie de bloques de fallas que han configurado y controlado la paleogeografía y sedimentación durante el Mesozoico y que han sido controladas por la evolución de la cuenca Pucará. Las calizas del Grupo Pucará en este bloque están moderadamente plegadas, formando monoclinales con un azimut de 320 ° -330 ° y buzamiento entre 30 ° y 45 ° hacia el suroeste (Ingemmet, 1996, como se cita VM Holding S.A., 2017).

Alteración y mineralización

El estilo de mineralización en Shalipayco consiste en mantos estratificados y lentes subparalelos a la estratificación. Los cuerpos mineralizados principales son los mantos Resurgidora, Intermedio, San Luis, Pucará y Virgencita, y la veta Eddy (figura 5.147). Los mantos generalmente no muestran una continuidad lateral extensa. La longitud varía entre 50 m y 400 m, y un espesor promedio de 1.50 m. Sin embargo, los mantos Intermedio y Resurgidora pueden alcanzar hasta 3 km y 4 km de longitud, respectivamente, y un espesor de hasta 18 m. La mineralización en el proyecto consiste en esfalerita, galena y pirita, con una ganga de marcasita, bravoíta, barita, dolomita, calcita, cuarzo y doloesparita. La mineralización ocurre con texturas variadas como

ritmitas, reemplazos, brechas de colapso, brechas crujientes, brechas de mosaico, vetas y texturas evaporíticas, entre otras. El contenido de zinc y plomo puede variar hasta 51 % Zn y 17 % Pb (Manto Intermedio). Las leyes medias de mineralización son de 4.9 % Zn y 0.5 % Pb, respectivamente. La relación Zn / Pb varía de 73.2 en el manto Resurgidora a 304.6 en el manto Intermedio (VM Holding S.A., 2017).

Recursos y reservas

Según la compañía minera Nexa Resources (2017), el proyecto Shalipayco posee reservas probadas y probables de 9 470 000 toneladas con una ley promedio de 4.4 % de Zn, 0.48 % de Pb y 31.1 g/T de Ag.

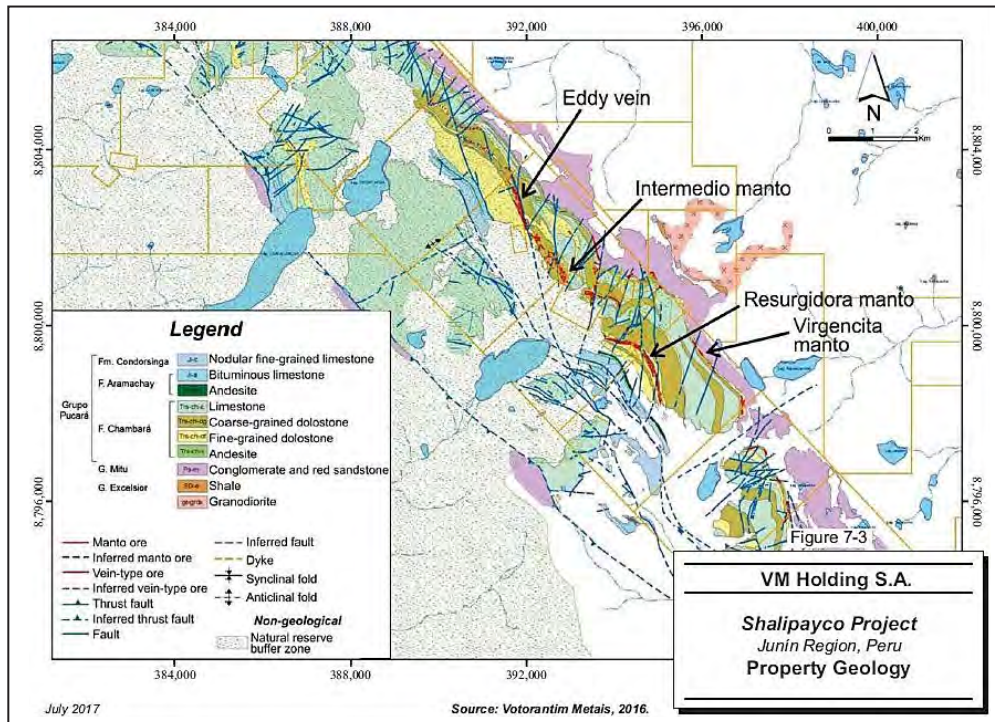


Figura 5.146 Mapa geológico del proyecto Shalipayco, muestra los principales cuerpos mineralizados. Fuente: Votorantim Metals (2016). En VM Holding S.A. (2017)

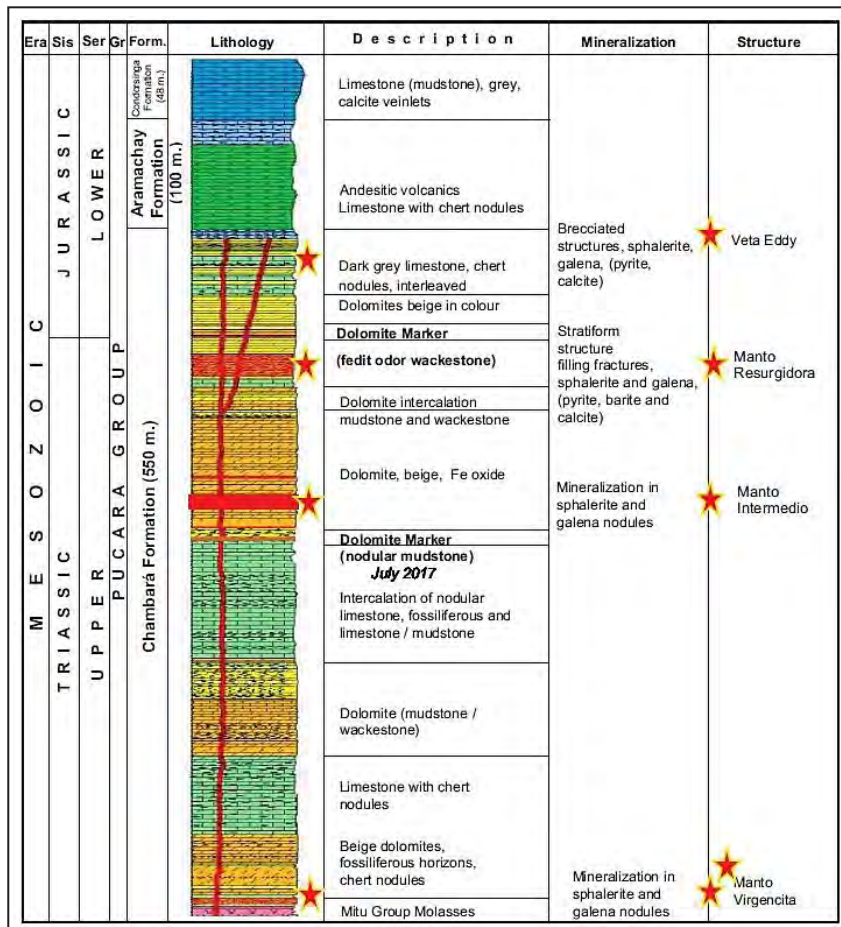


Figura 5.147 Columna estratigráfica de Shalipayco, muestra los principales cuerpos mineralizados. Fuente: Tomado de Bisa (2014). En VM Holding S.A. (2017)

Proyecto Soloco

Ubicación

Se ubica en el distrito de Soloco, provincia de Chachapoyas, región Amazonas, se encuentra a una altitud entre 2400 m s. n. m. En las coordenadas UTM 195470 E y 9306895 N, Zona 18, datum WGS84.

Marco geológico y estructural

El proyecto minero Soloco presenta una anomalía que cubre un área de 120 ha, la propiedad abarca 3700 ha, geológicamente se enmarca como roca caja calizas y calcarenitas de la Formación Chambará (Triásico), de facies de barras oolíticas, *wackestone* a *grainstone*. Se distingue a la secuencia siliciclástica de la Formación Sarayaquillo del Jurásico medio a superior, que subyace a las calizas Chambará; en esta región, de ser así la secuencia estaría invertida (Ingemmet, 2001). Estructuralmente pone en evidencia la Falla Triunfo NO-SE, pone en contacto Sarayaquillo y Chambará. Fallas ENE, N-S y E-O (Ingemmet, 2001).

Alteración y mineralización

La alteración que predomina es dolomitización en los niveles que contienen mineralización, así como en las brechas y venillas de calcita y siderita en fracturas. La mineralización que predomina es la esfalerita rubia, galena, óxidos hasta 20 m de profundidad, así como calcita, siderita en fracturas.

Los estudios de geoquímica muestran anomalías en sedimentos de quebrada de hasta 1770 ppm de Zn y muestras de suelos extraídas de manera puntual permitieron delimitar 5 anomalías de Zn (>2200 ppm), Mn, Ba y V; sus leyes son variables en muestras de roca (4 %-45 % Zn) y en sondajes se ha podido evidenciar valores de hasta 4.24 % Zn y 3.2 % Pb en un tramo de 27 m en la anomalía Soloco.

Además de los depósitos mencionados líneas arriba, en el Perú existen otros yacimientos que también serían del tipo MVT (cuadro 5.5); sin embargo, no cuentan con la información necesaria, puesto que son de menor interés económico. Según Muñoz et al. (2019), las muestras tomadas en la galería principal reportan 1-3 g/t Ag, 1.3 – 17.0 % Pb, 5.0 – 31 % Zn. Actualmente, el prospecto se encuentra abandonado.

Cuadro 5.5

Depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) en el Perú

Depósito	Franja	Estado	Región	Este	Norte	Zona
Arcopunco	XVI	Mina	Junín	457306	8760662	18
Cascas	XVI	Prospecto	Junín	459246	8782817	18
Chilpes	XVI	Mina	Junín	459162	8754604	18
Huacrash-Aynamayo	XVI	Prospecto	Junín	462113	8753045	18
Huayanay	XVI	Prospecto	Junín	468222	8745192	18
Ninabamba	XVI	Prospecto	Junín	449092	8786245	18
Palmapata	XVI	Proyecto	Junín	459622	8763970	18
Pampa Seca	XVI	Prospecto	Junín	448109	8808157	18
Piñón	XVI	Mina	Junín	461530	8742795	18
Pichita Caluga	XVI	Proyecto	Junín	454809	8775252	18
Pucapaccha	III	Prospecto	Junín	404014	8791158	18
Puntayacu Junior	XVI	Proyecto	Junín	453759	8766284	18
Quebrada Seca	XVI	Prospecto	Junín	456152	8762904	18
Raymondi Sur	XVI	Prospecto	Junín	454826	8795191	18
San Pablo	XVII	Prospecto	Junín	439352	8710404	18
Shalipayco	XVII	Proyecto	Junín	394551	8800515	18
Sillapata	XVI	Prospecto	Junín	462457	8749686	18
Tarma Tambo	XVII	Proyecto	Junín	424922	8731364	18
Terraplen	XVI	Prospecto	Junín	458193	8758261	18
Ulcumayo	III	Prospecto	Junín	407903	8791075	18
Uncush Sur	XVI	Prospecto	Junín	458461	8756655	18

5.8.4 Depósitos sedimentarios exhalativos (SEDEX)

Generalidades

Los depósitos sedimentarios exhalativos (SEDEX) suponen más del 50 % de las reservas mundiales de zinc y plomo (Tikkanen, 1986, como se cita en Emsbo et al., 2010) y entregan más del 25 % de la producción mundial actual de estos dos metales y una cantidad significativa de plata (Goodfellow & Lydon, 2007, como se cita en Emsbo et al., 2010).

Según Pirajno (2009), varios depósitos de sulfuros masivos de SEDEX se forman en el fondo marino o lacustre por la descarga de fluidos que se ventilan a través de conductos controlados estructuralmente. Por lo general, se asocian con condiciones predominantemente anóxicas y comúnmente se alojan en lutitas carbonáceas (figura 5.148).

Características de los depósitos Tipo SEDEX

Según Emsbo et al. (2010), los depósitos tipo SEDEX de Zn-Pb-Ag están alojados en rocas sedimentarias marinas de cuencas de rift intracratónicas o epicratónicas. Las rocas hospedadoras son lutitas carbonáceas, limolitas y/o carbonatos de secuencias de fase de hundimiento de la cuenca, que se depositaron en secuencias gruesas (areniscas, limolitas, conglomerados, capas rojas y secuencias volcánicas) de relleno de grietas. La mayoría de los depósitos no muestran asociación con rocas intrusivas.

La mayor parte del mineral, en estos depósitos, se encuentra en cuerpos de sulfuros en forma estratiforme; por lo general, tienen una relación de extensión lateral y un espesor estratigráfico máximo. La morfología más común está representada por lentes de tabulares de sulfuros a unas pocas decenas de metros de espesor y más de un km de longitud (Grande, 1983).

Los minerales de sulfuro laminados o estratificados en lutitas y limolitas carbonáceas, piríticas, de grano fino son característicos de este tipo de depósito. Los principales minerales son esfalerita y galena, los cuales se precipitaron sobre el fondo del mar a partir de salmueras de cuencas salinas cálidas (entre 100° a 200° Celsius y 17 % - 30 % de sólidos disueltos totales) que ascendieron a lo largo de la cuenca controlada por fallas sinsedimentarias. Los metales fueron depositados y capturados por la precipitación de minerales sulfurados, como

consecuencia de la mezcla de la salmuera transportadora y el sulfuro de hidrógeno (H₂S), producido localmente por la reducción bacteriana.

5.8.5 Depósitos tipo SEDEX en el Perú

Este tipo de depósito no es común en el Perú, a diferencia de los depósitos tipo MVT que son mucho más abundantes; esto debido a la presencia de la cuenca sedimentaria del Pucará. Sin embargo, tal parece que no se dieron las condiciones propicias para la formación de depósitos tipo SEDEX o que aun no se ha explorado lo suficiente para identificar mayor cantidad de estas mineralizaciones. Actualmente, el depósito más conocido es Carahuacra, ubicado en la franja metalogenética XX (Pórfidos de Cu-M-Au, Skarns de Cu-Pb-Zn-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno).

Mina Carahuacra

Ubicación

El yacimiento minero políticamente está ubicado en el distrito y provincia de Yauli, región Junín; se encuentra a una altitud de 4700 m s. n. m. Con coordenadas UTM: 369250 E y 8710360 N, Zona 18, datum WGS84.

Marco geológico y estructural

El depósito Carahuacra ha sido intensamente plegado por la Orogenia Andina; está localizado en el sector SO de una amplia estructura regional de naturaleza dómica, conocida como el Complejo de Domos de Yauli, donde existen mineralizaciones polimetálicas de Cu-Pb-Zn-Ag alojadas en las cercanías de otros depósitos, tales como San Cristóbal, Andaychagua y Ticlio (Ramírez, 2017). Estas ocurrencias minerales están asociadas espacialmente al gran sistema porfirítico de Chumpe (intrusivos félsicos), que presenta un grado de zoneamiento regional que marca la intensidad de las mineralizaciones. La morfología del Domo de Yauli vista en planta es semirectangular, siguiendo la orientación de plegamientos de azimut andino NO-SE. El "zócalo Paleozoico" (metamórfico) aparece en la zona central de esta ventana tectónica; tiene dos pisos: el inferior formado por el Grupo Excelsior y el superior por el Grupo Mitu. Mientras que los flancos son cubiertos por rocas sedimentarias mesozoicas como las calizas del Grupo Pucará, Grupo Goyllarisquiza, Grupo Machay y Formación Jumasha (figura 5.149) (Ramírez, 2017).

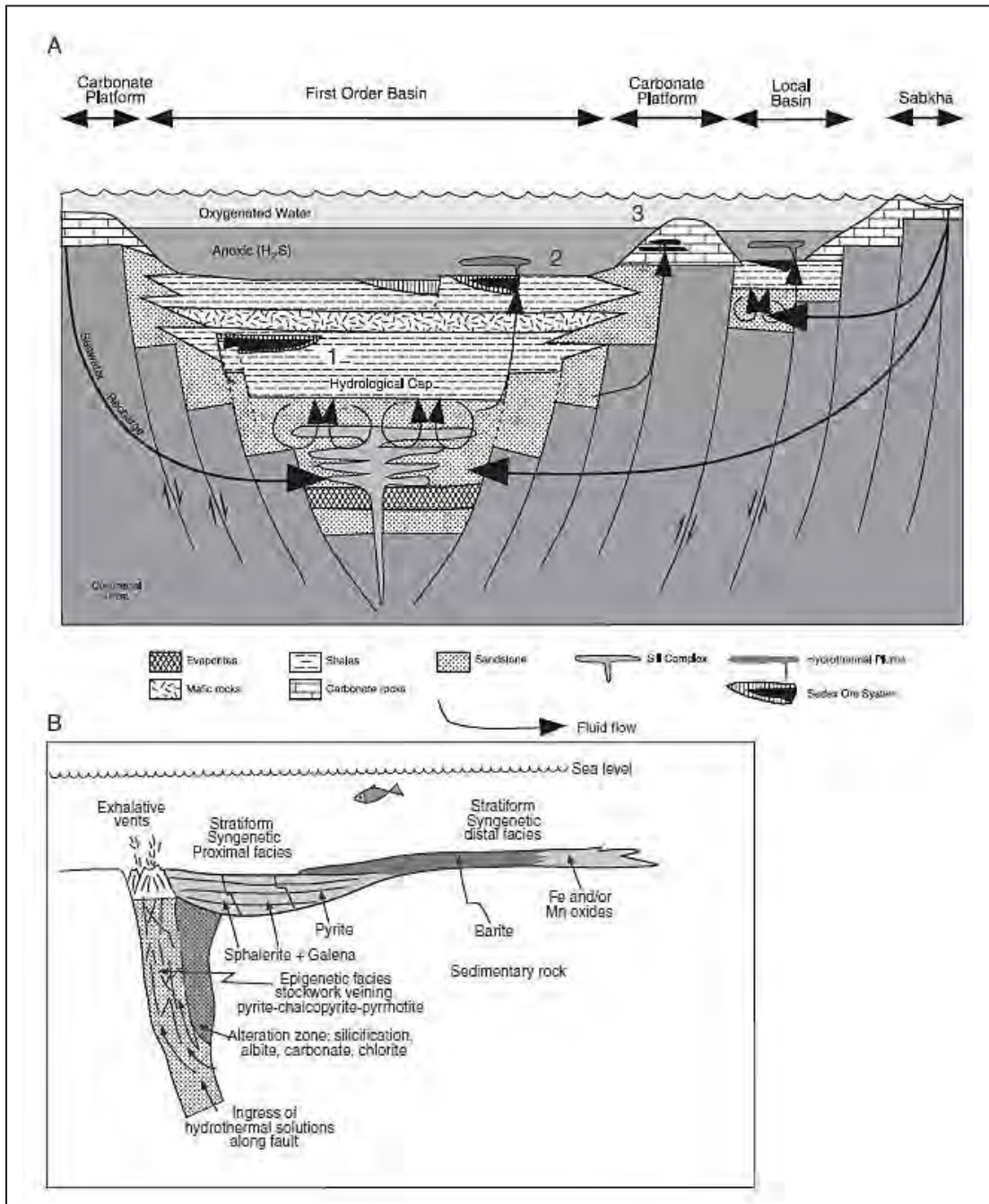


Figura 5.148 a) Cuenca sedimentaria donde se forman los sistemas tipo SEDEX; b) Modelo idealizado de la mineralización sedimentaria exhalativa.

Fuente: Pirajno (2009)

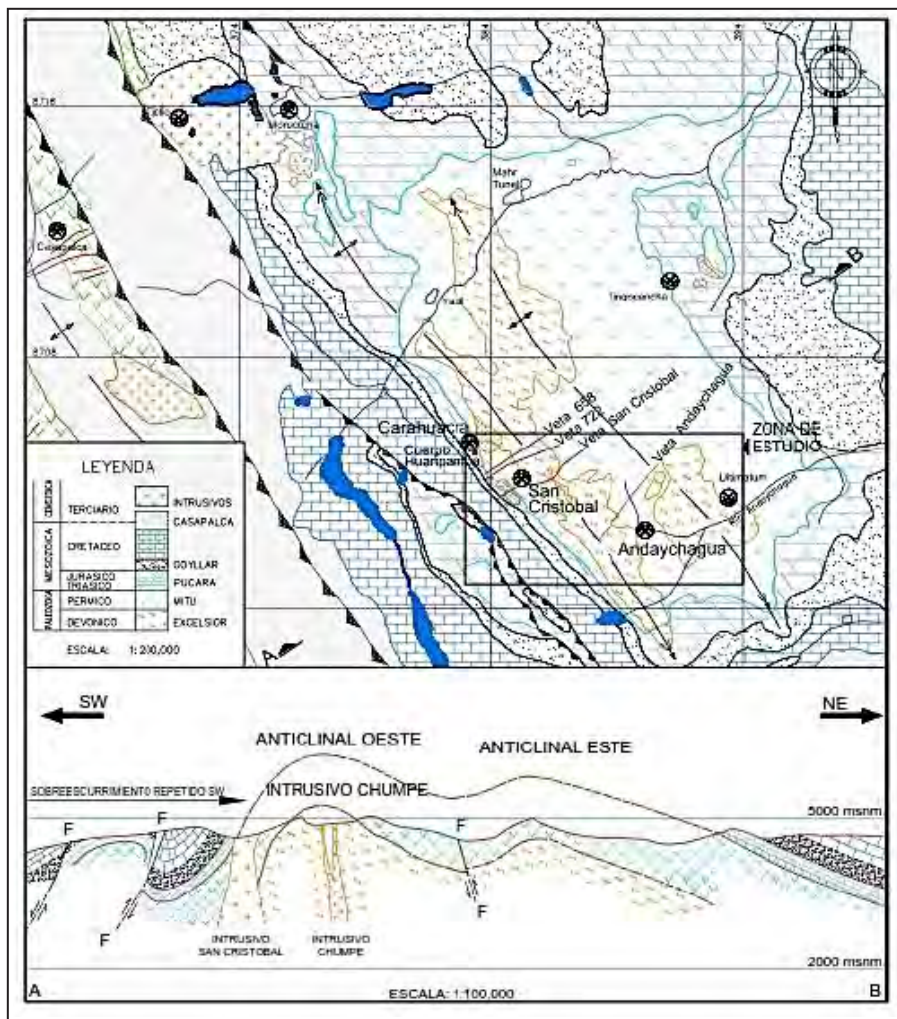


Figura 5.149 Mapa y sección geológica de Carahuacra.

Fuente: Ramírez (2017)

Como se mencionó anteriormente, la estructura regional más importante de la mina Carahuacra, es el Domo de Yauli, que se extiende longitudinalmente 35 km y transversalmente 10 km; el rumbo promedio de esta estructura es de N 40° O; está constituido por diferentes anticlinales-sinclinales. Los anticlinales de mayor relevancia son el de Chumpe y el de Yauli, sus ejes tienen un azimut que oscila entre N 35° y 40° O. El anticlinal Chumpe se ubica en el extremo occidental, su flanco O tiene una inclinación de 55° al SO, mientras que el flanco E buza 30° al NE. En el núcleo de esta estructura se encuentra el Grupo Excelsior, en el flanco occidental los Grupos Pucará y Goyllarisquizga, y en el flanco oriental se extienden las rocas del Grupo Mitu (Ramírez, 2017).

Alteración y mineralización

El depósito Carahuacra muestra predominantemente dos tipos de alteración, la sericitización y la cloritización; sin embargo, también

se observa cierta silicificación y caolinización. La intensidad y tipo de alteración dependen de la roca caja, por ejemplo, la caliza se encuentra mayormente silicificada y dolomitizada en los estratos mineralizados; en zonas alejadas, la alteración consiste en una moderada recristalización y piritización; además, es notable la formación de brechas de solución y de estructuras kársticas. La roca volcánica presenta fuerte silicificación variando a sericitización, cloritización y argilización principalmente en las zonas de fracturas transversales. Las rocas adyacentes a las zonas de mineralización se hallan alteradas hidrotermalmente; en los volcánicos se reconoce moderada a fuerte sericitización (Ramírez, 2017).

En el yacimiento existen dos etapas de mineralización hipógenas reconocidas: la primera dada por siderita-magnetita-hematita, cuarzo, pirita, blenda, calcopirita y galena; y la segunda por cuarzo, siderita, galena, blenda y marcasita. La mineralización

se encuentra emplazada en vetas, mantos y cuerpos. Las vetas o filones fueron formadas principalmente por relleno de fracturas; la mejor mineralización se formó a lo largo de las fracturas de extensión. Los mantos se encuentran localizados en el flanco oeste del anticlinal, en las calizas Pucará; a partir del contacto con los volcánicos Mitu, se ubican concordantemente con la estratificación. Los cuerpos al igual que los mantos se encuentran localizados en el flanco oeste del anticlinal, en las calizas Pucará, y se forman por la unión de varios mantos o en la intersección de una veta con algún manto (Ramírez, 2017).

Recursos y reservas

Según Ramírez (2017), se han estimado recursos minerales por un total de 235 400 toneladas, con leyes de 0.19 % de Cu, 0.16 % de Pb, 6.63 % de Zn y 1.82 Oz/T de Ag. Además, se tiene proyectado cubicar un total de 76 400 de toneladas adicionales, con leyes de 0.04 % Cu, 0.10 % Pb, 6.73 % Zn y 1.31 Oz/T Ag.

Además de Carahuacra, en el Perú también se reportan otros depósitos tipo sedimentarios exhalativos (SEDEX), tal y como se muestra en el cuadro 5.5.

Cuadro 5.6

Depósitos tipo SEDEX en el Perú

Depósito	Estado	Región	Tipo de Depósito	Este	Norte	Zona
Huaripampa	Mina	Junín	Sedex	383691	8704154	18
Malpaso	Prospecto	Junín	Sedex	387102	8734344	18
Tingocancha	Prospecto	Junín	Sedex	390953	8711336	18
Katy	Mina	Junín	Sedex	377434	8717818	18

5.8.6 Depósitos tipo Red Bed

Generalidades

Estos depósitos se alojan en sedimentos continentales, comúnmente de naturaleza fluvial y de ambiente árido. Los sedimentos suelen ser de coloración rojiza, como las areniscas rojas, de ahí la denominación de depósitos tipo "Capas rojas" (Opazo et al., 2007). Estos depósitos son ricos, en su gran mayoría, de Cu; aunque, existen casos de depósitos con

contenidos importantes de U y V. Según estudios de isotópicos de S34, no están asociados a rocas ígneas; todo indica que los fluidos mineralizantes son connatos y/o meteóricos (figura 5.150). Las aguas connatas son liberadas por compactación de sedimentos y de aguas meteóricas infiltradas a través de la corteza, y a cierta profundidad se calientan por gradiente térmico y circulan por corrientes de convección para dar lugar a yacimientos en rocas siliciclásticas (Opazo et al., 2007).

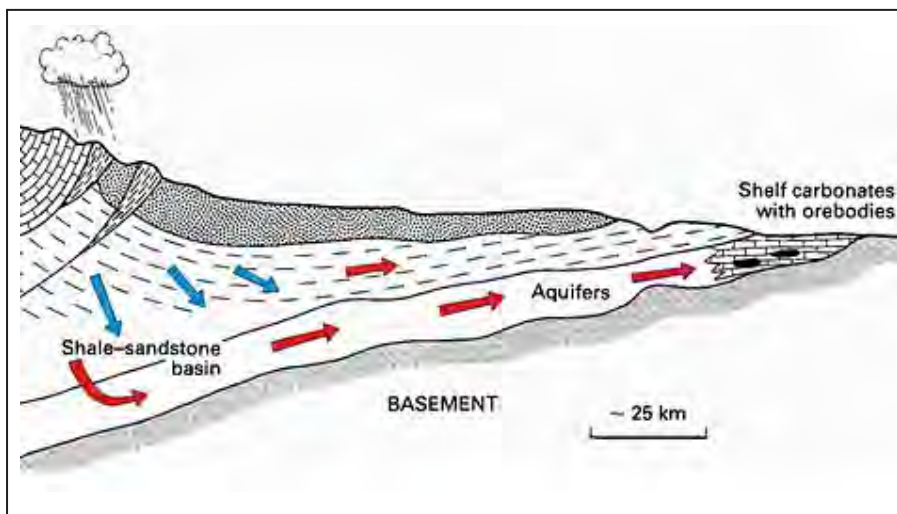


Figura 5.150 Circulación de aguas meteóricas y connatas.

Fuente: Opazo et al. (2007)

Características de los depósitos Tipo Red Bed

Estos depósitos se formaron en un amplio rango de edad, que va desde el Proterozoico al Cenozoico; se formaron en un ambiente tectónico de rifts intracontinentales con secuencias basálticas de inundación subaérea y cerca a los márgenes de placa con vulcanismo de arco insular y arco continental. Las configuraciones volcánicas son generalmente continentales, o marinas poco profundas (Lefebure & Church, 1996).

Los depósitos tipo Red Bed normalmente emplazan en lavas basálticas, capas volcánicas de granulometría gruesa con tobas volcánicas asociadas, limolitas, areniscas y conglomerados. Las rocas volcánicas pueden ser desde composición basáltica hasta riolítica. Las rocas sedimentarias de capas rojas son comunes; estas muestran estructuras sedimentarias de aguas someras como estratificaciones, grietas de lodo y esteras de algas. Cualquiera de estas unidades puede albergar a este tipo de depósitos, aunque típicamente son las rocas volcánicas de naturaleza máfica las que tienen valores de fondo más elevados de cobre, debido a la presencia de cobre nativo o calcosita en amígdalas, brechas de flujo o fracturas menores (Lefebure & Church, 1996).

Uno de los principales controles de la mineralización son las zonas de alta permeabilidad primaria y secundaria de las rocas volcanoclásticas, debido a su propia naturaleza y a la presencia de brechas, amígdalas y fracturas (Lefebure & Church, 1996). El estilo de mineralización de esos yacimientos comúnmente se da en forma de lentes tabulares que van de pocas a varias decenas de espesor, y que son aproximadamente concordantes con los estratos hospederos en varios cientos de metros. Otros depósitos están fuertemente influenciados por controles estructurales y cortan la estratigrafía como vetas, vetillas, brechas de falla y áreas diseminadas (Lefebure & Church, 1996).

La mineralogía de mena asociada a estos depósitos es generalmente calcosita, bornita, cobre nativo, digenita, djurleita, calcopirita, covelita, plata nativa y greenockita. Aunque también se ha identificado sulfuros de hierro, como pirita, que están asociados típicamente a niveles periféricos de la mineralización. Algunos depósitos presentan cierto zoneamiento desde la calcosita a través de la bornita y la calcopirita hasta llegar a la pirita periférica (Lefebure & Church, 1996). Por otro lado, los minerales de ganga son típicamente: hematita, magnetita, calcita, cuarzo, epidota, clorita y zeolita. En cuanto a la alteración asociada a estos depósitos, se da generalmente en rocas volcánicas metamorfoseadas regionalmente con minerales como calcita, zeolitas, epidota, albita, prehnita, pumpellyita, laumontita y clorita (Lefebure & Church, 1996).

5.8.7 Yacimientos tipo Red Bed en el Perú

Durante el desarrollo de este trabajo se ha recopilado información sobre los depósitos de tipo Red Bed, los cuales se encuentran en la franja metalogenética XV, que tienen una edad de mineralización registrada entre 42 y 30 Ma. Es importante mencionar que en el dominio del Sistema de Fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, se tienen cuencas continentales sinorogénicas (Carlotto et al., 2007), con mineralización de Cu tipo Red Bed alojada en capas rojas del Eoceno-Oligoceno del Grupo San Jerónimo y relacionada con el Batolito Andahuaylas-Yauri (Loza, 2004).

A continuación, se describen algunos de los depósitos más importantes tipo Red Bed en el país:

Depósito de Tambomachay

Ubicación

Se ubica en el distrito y provincia y región Cusco, en las coordenadas geográficas: 13 ° 28'36.78 "S, 71 ° 57'35.98" O, se encuentra aproximadamente 6 km al norte de la ciudad de Cuzco.

Marco geológico y estructural

El depósito de Tambomachay se encuentra alojado a lo largo de una falla con azimut N 120° emplazada en una parte de la secuencia de grauvacas feldespáticas de capas rojas de la Formación Kayra (Eoceno) y de la Formación Soncco del Oligoceno temprano, que consiste en areniscas arcosas de coloración rojiza de grano medio a grueso moderadamente redondeado. Ambas unidades conforman el Grupo San Jerónimo que posee un espesor mayor a 6000 m; se interpreta que se depositaron en un entorno fluvial en una cuenca de antepaís de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales (Carlotto et al., 2007, como se cita en Rosas et al., 2018).

Según columna estratigráfica realizada por Rosas et al. (2018), en los alrededores de Chincheros, 10 km al NE de Tambomachay, la Formación Kayra tendría un espesor aproximado de 1500 m, en cuya parte superior alberga mineralización de Cu. Esta secuencia se superpone discordantemente al Grupo Yuncaypata que en Chincheros presenta las siguientes unidades: 3000 m de arcilla roja y verde hasta la base, y arenisca bien clasificada hasta la cima de la Formación Puquín; 900 m de brechas de lutitas en matriz arenosa de la Formación Ayabacas; y 400 m de arcillas, limolitas rojas, yesos y lutitas de la Formación Maras, que es de origen marino en su parte inferior (figura 5.151) (Carlotto et al., 2011).

Esta secuencia se superpone concordantemente a las areniscas, arcillas y margas de la Formación Paucarbamba de la base del Grupo Yuncaypata. Regionalmente, debajo de estos, se encuentran rocas de la Formación Huancané del Cretácico inferior, la Formación Huambutío del Cretácico inferior - Jurásico superior, el Grupo Mitu Triásico y del basamento Paleozoico (Cámbrico a Pérmico) (Carlotto et al., 1999).

Las estructuras principales de Tambomachay presentan una tendencia ONO-ESE, como el caso de la Falla Tambomachay y de otras fallas subparalelas (Rosas et al., 2018). Según Carlotto et al. (1999, 2007, como se cita en Rosas et al., 2018), las fallas de esta orientación podrían haber controlado la configuración de las cuencas tipo pull apart (cuencas por separación en fallas de rumbo) en las que se depositaron los sedimentos clásticos del Grupo San Jerónimo. Los sedimentos podrían ser en parte

productos de la erosión de las primeras fases del Batolito de Andahuaylas-Yauri del Eoceno-Oligoceno y del arco volcánico de Anta (Rosas et al., 2018).

Alteración y mineralización

Los minerales mena de este depósito son bornita y calcopirita, en parte reemplazadas y recubiertas por digenita supergénica y covelita, y también por óxidos de Cu y Fe como malaquita, crisocola y goethita. La mineralogía se da en granulometría fina, formando agregados masivos y se presentan a lo largo de los planos de fallas y estratos, rellenando vetas que en algunos lugares contienen calcita. Se observa feldespato cloritizado y calcita; esto indicaría circulación de fluidos ligeramente ácidos a casi neutros. La materia orgánica se encuentra ocupando los espacios intersticiales de la roca caja y entre la mineralización sulfurada (Rosas et al., 2018).

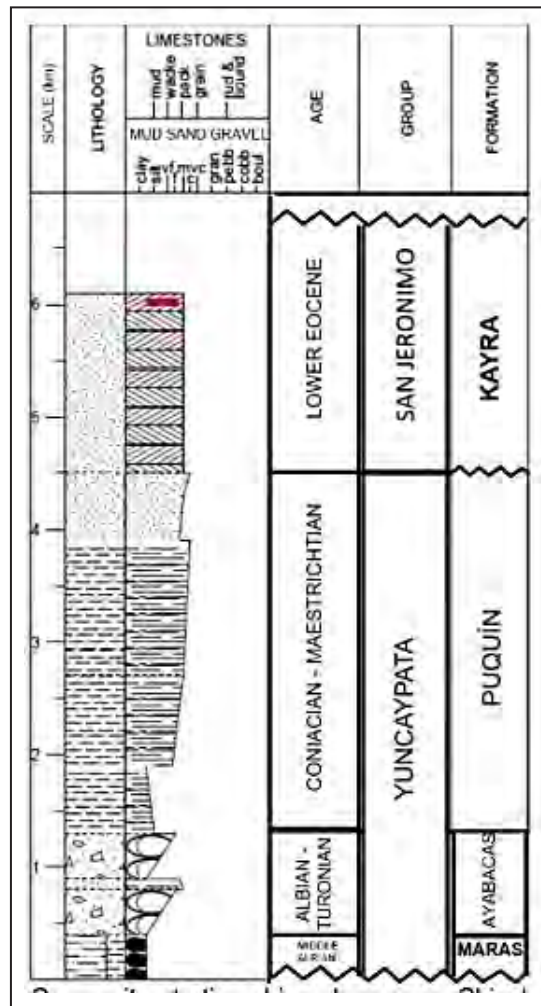


Figura 5.151 Columna estratigráfica compuesta del depósito Tambomachay

Fuente: Carlotto et al. (1999, 2009). En Rosas et al. (2018)

5.9 YACIMIENTOS DE Sn-W RELACIONADOS A INTRUSIVOS

Italo Rodríguez y Gerardo Trelles

5.9.1 Generalidades

Muchos yacimientos hidrotermales se han formado dentro o a cierta distancia de intrusivos de naturaleza félsica a intermedia. En esta categoría probablemente se encuentren la mayoría de los sistemas de yacimientos hidrotermales, aunque no siempre es claro un vínculo genético directo con estas intrusiones, pero **generalmente se infiere debido a los patrones de alteración espacial y las asociaciones mineralógicas**, así como al contexto geológico. Los sistemas hidrotermales relacionados con intrusivos están normalmente vinculados con magmas graníticos (Pirajno, 2009).

Sin embargo, otro es el caso de los yacimientos hidrotermales de Sn-W relacionados a intrusivos, debido a que estos se presentan con mayor frecuencia en sistemas tipo greisen, aunque existen algunos que directamente están relacionados a intrusiones félsicas. Por tal motivo, en este capítulo, se le da especial énfasis a este tipo de depósitos.

La greisenización fue definida por Shcherba (1970) como la alteración postmagmática de alta temperatura de la roca, por soluciones ricas en volátiles asociadas con el enfriamiento de los intrusivos graníticos. Los sistemas Greisen son el resultado de complejos procesos metasomáticos tardíos a postmagmáticos que afectan y tienen lugar dentro de una masa granítica casi consolidada y en las rocas de caja adyacentes. Estos procesos implican la concentración de componentes volátiles como F, B, Li, y la concentración y actividad progresiva de iones de Na^+ , K^+ e H^+ en un cuerpo granítico en enfriamiento.

Los sistemas Greisen son normalmente asociados con la mineralización de Sn, W, U, Mo, Be, Bi, Li y F.

Los sistemas Greisen están típicamente relacionados con magmas félsicos altamente fraccionados que han intruido en profundidades de la corteza que va de 3 a 5 km, y tienen lugar en la porción apical de cuerpos intrusivos graníticos (cúpulas), que emanan de raíces profundas de batolitos graníticos. Estos se asocian comúnmente con los sistemas de vetas (Cerny et al., 2005).

Existen varios sistemas Greisen, que se pueden agrupar en dos tipos: aquellos en donde los fluidos de greisenización son contenidos dentro de la cúpula granítica (sistema cerrado o endogreisen, donde se forman las texturas de solidificación unidireccionales); y aquellos donde los fluidos se canalizan a

lo largo de fallas y fracturas, desde dentro de la cúpula hacia las rocas encajonantes (sistema abierto o exogreisen). Existen situaciones de transición, y de hecho suelen representar el tipo más común de estos sistemas greisen (Pirajno, 2009).

Tectónica

Los ambientes tectónicos de los sistemas Greisen, incluyen plutones emplazados en el arco y trasarco, así como plutones postcolisionales, a los que se añaden plutones emplazados en sistemas de rifting postorogénicos (Pirajno, 2009). Sillitoe y Thompson (1998) destacaron que es importante tener en cuenta el hecho de que a veces es difícil distinguir los emplazamientos de depósitos orogénicos de los sistemas de vetas relacionadas a intrusivos (yacimientos tipo greisen), debido a relaciones genéticas inciertas. Sin embargo, Lang y Baker (2001) mencionaron que un punto de diferencia es el zoneamiento a escala regional en los sistemas de vetas relacionadas a intrusivos, con laminaciones ricas en Au y stockworks dentro del intrusivo gradando a vetas ricas en metales bases fuera de este (figura 5.152).

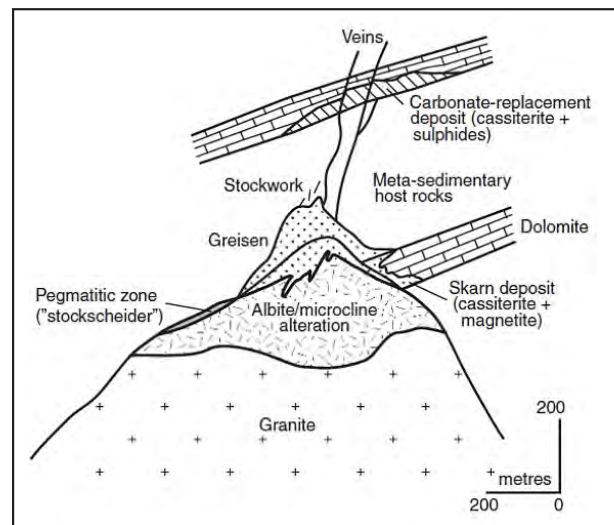


Figura 5.152 Ilustración esquemática de la mineralización en dirección vertical y horizontal. En los sistemas de arcos de tipo andino, predominan, junto a otras rocas magmáticas, granitos intrusivos del tipo "S". Estos se encuentran asociados a cinturones magmáticos de naturaleza intermedia a félsica, representados por monzonitas de cuarzo y granitos. Es precisamente en este entorno, donde se alojan los depósitos tipo greisen de Sn y W más importantes. En la zona interior de arcos de cordilleras, p. e., el altiplano peruano y boliviano (figura 5.153), los filones de Sn y W están asociados a granodioritas triásicas (Uhlrig, 1990).

Fuente: Sillitoe (1976)

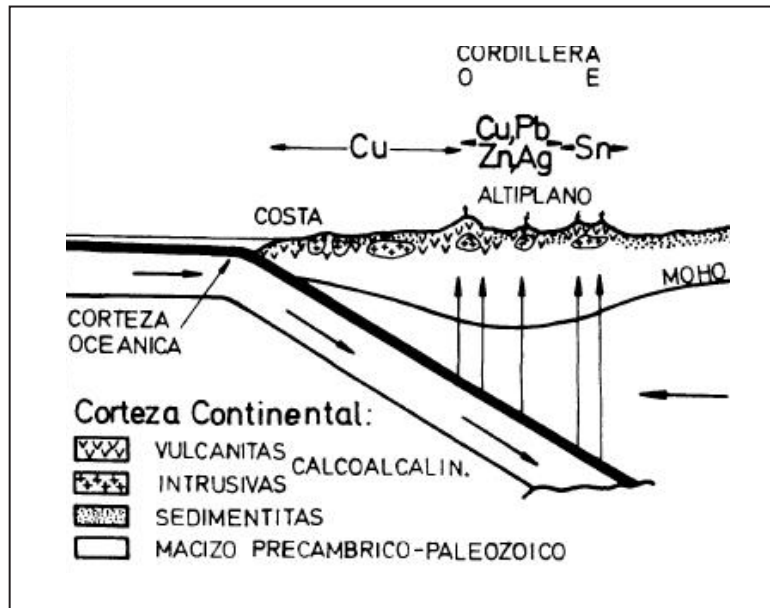


Figura 5.153 Esquema tectónico del magmatismo relacionado a la mineralización en el Altiplano peruano-boliviano.

Fuente: Uhlig (1990)

Mineralización y alteración

Los sistemas Greisen se asocian típicamente con mineralización Sn y W, generalmente acompañados de otros varios elementos como Cu, Zn, Bi, Mo, U y F. Los minerales comunes son casiterita, estanita, wolframita, scheelita, arsenopirita, pirita, calcopirita, molibdenita, esfalerita, bismuto y bismutinita. Otros minerales importantes son el topacio, la fluorita y la apatita.

La mineralización se da en forma de lentes o masas, generalmente subparalelas a los contactos arqueados del intrusivo con la roca caja; en sistemas abiertos ocupa filones y stockworks relacionados con el granito greisenizado (figura 5.154). Normalmente comienza con una fase de óxidos (casiterita, wolframita) seguida por sulfuros (pirita, calcopirita, pirrotina, bismutinita) y una de más baja temperatura de óxidos-carbonatos (calcita, siderita y óxidos de hierro) (Pirajno, 2009).

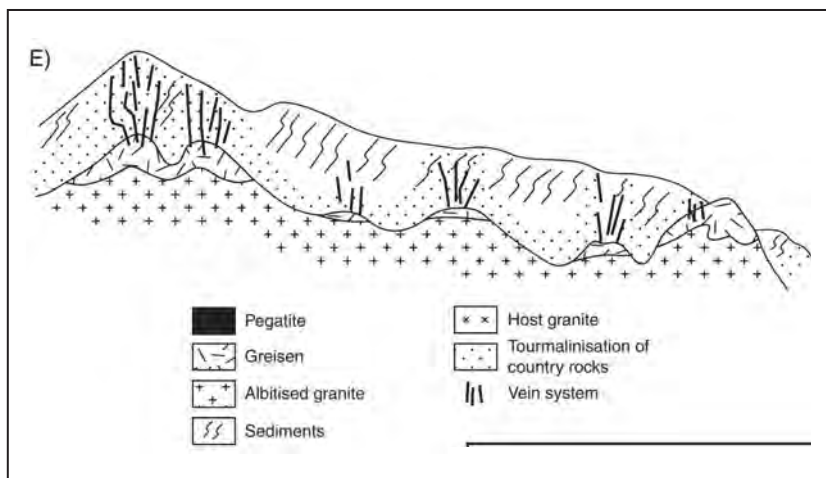


Figura 5.154 Estilo de mineralización en sistemas Greisen, alojados en las cupulas de plutones graníticos.

Fuente: Pirajno (2009)

5.9.2 Yacimientos de SN-W relacionados a intrusivos en el Perú

San Rafael

Ubicación

La unidad minera San Rafael se encuentra ubicada dentro de la Cordillera Carabaya (Cordillera Oriental), en el distrito de Antauta, provincia de Melgar, región Puno, a una altitud promedio de 4500 m s. n. m. en los flancos del glaciar Quenamari. En las coordenadas UTM son 8425765 N y 357260 E (WGS84 - Zona 19S).

Geología

Este depósito se ubica en el centro del cinturón andino de estaño, propuesto por Mlynarczyk et al. (2003) (figura 5.155). La litología de esta zona está compuesta principalmente por rocas del Paleozoico inferior y superior, las mismas que están distribuidas en un área extensa (Cordillera Oriental); estas rocas han sufrido intrusiones ígneas de dimensiones batolíticas, stock, domos, etc., fluctuando la edad de las intrusiones del período Jurásico al Cenozoico. En la región, abunda una gruesa secuencia marina del Paleozoico inferior, como las lutitas de la Formación San José (Ordovícico medio); las lutitas, areniscas y cuarcitas de la Formación Sandía (Ordovícico superior); y las lutitas pizarrosas de la Formación Ananea (Devónico-Silúrico). Las rocas del Paleozoico superior han sufrido los efectos de la tectónica Hercínica tardía, representada por areniscas y lutitas

del Grupo Ambo, de edad Missisipiana; lutitas y calizas del Grupo Tarma (Pensilvaniano), y calizas del Grupo Copacabana (Pérmico inferior). Las rocas paleozoicas de la Cordillera de Carabaya fueron intruidas por rocas peraluminosas de los plutones Limacpampa, Limbani, Aricoma y Coasa, agrupados en el Batolito de Coasa (Triásico). Hacia el noroeste se encuentra un plutón de sienita nefelínica peraluminoso y volcánicos peralcalinos, ambos del Jurásico; así mismo, el Complejo San Gabán (Kontak, 1987).

En la depresión de Crucero y en las estribaciones de la Cordillera o precordillera de Carabaya, existen rocas ígneas extrusivas e hipabisales del Cenozoico. Las rocas extrusivas comprenden lavas y piroclásticos, basaltos, shoshonitas, riocitas y riolitas de tipo S., además intrusivos hipabisales peraluminosos emplazados entre los 22 Ma y 26 Ma del Oligoceno superior-Mioceno inferior. Otro tipo de rocas comprende piroclastos e hipabisales riolíticos fuertemente peraluminosos con biotita, sillimanita, muscovita, andalucita, turmalina que fueron emplazados entre 6.5 Ma y 17 Ma del Mioceno inferior a superior.

Los cuerpos minerales de San Rafael tienen lugar en un sistema de vetas con fisura lateral sinistral, albergados en un monzogranito antiguo con 24 Ma (Oligoceno superior). La estructura principal es la veta San Rafael, la cual hospeda el 98 % de las reservas de estaño, en general las vetas principales tienen rumbos de NO-NNO y buzamientos de 40-75° al NE (figura 5.156).

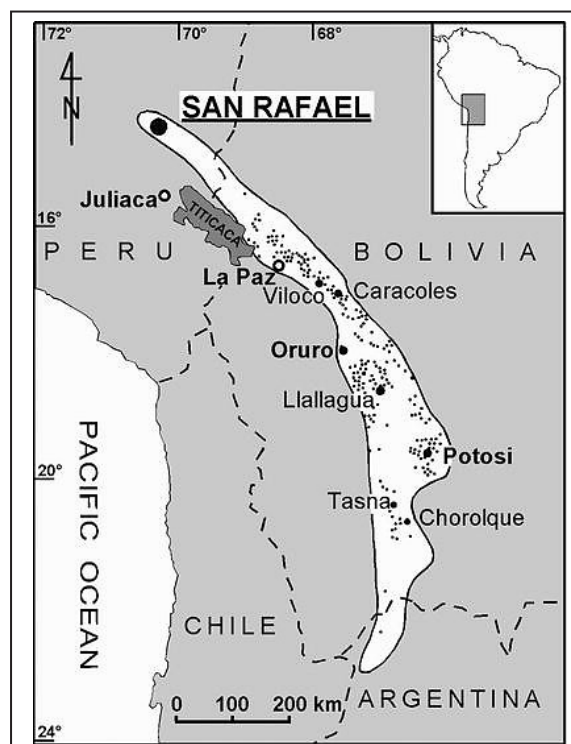


Figura 5.155 Ubicación del depósito San Rafael Sn - Cu, en el centro del cinturón andino de Sn.

Fuente: Mlynarczyk et al. (2003)

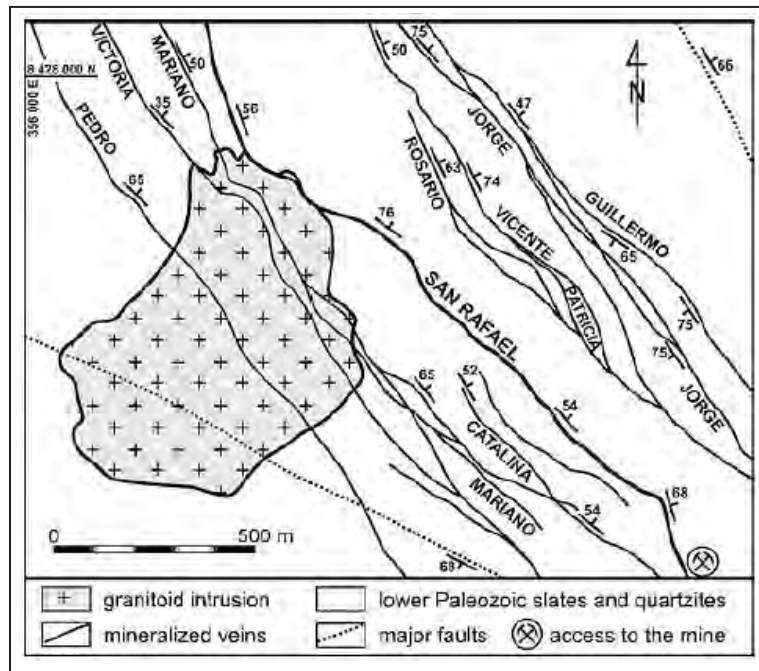


Figura 5.156 Geología del sector SO del distrito de San Rafael. El stock expuesto está compuesto de granito y granodiorita. Se observan el complejo de vetas y su veta principal San Rafael.

Fuente: Sherlock (1999)

Mineralización y alteración

El estilo de mineralización en San Rafael se presenta en vetas y cuerpos; las vetas están emplazadas en fallas preminerales del sistema andino NO-SE. Estas fallas del tipo normal con un fuerte componente horizontal al norte son desplazadas por fallas postminerales de rumbo NE-SO, los cuerpos de mineral de San Rafael son bolsonadas de gran tonelaje ricas en estaño con cobre. Una de las características principales de este yacimiento es su pronunciado zoneamiento vertical, en donde el cobre se concentra en las cercanías a la superficie, mientras que el estaño predomina en las profundidades (figura 5.157) (Mlynarczyk et al., 2003).

Palma (1981) distinguió cuatro etapas de mineralización. La secuencia de mineralización de la veta San Rafael es compleja, porque existen varias etapas en las que el cuarzo, clorita, casiterita y calcopirita fueron repetidamente precipitados.

- Primera etapa: Vetas de cuarzo-turmalina
- Segunda etapa: casiterita botroidal-cuarzo-clorita
- Tercera etapa: calcopirita-casiterita acicular-cuarzo-clorita
- Cuarta etapa: vetas de cuarzo-calcita

La alteración en San Rafael es más notoria en el intrusivo, el cual está cloritizado en las cercanías de las vetas. Palma (1981) y Kontack (1987) reconocieron tres etapas de alteración:

- Turmalina-clorita-casiterita: En la primera etapa, la turmalina está en la matriz o reemplazando al feldespato alcalino; la biotita está alterada a clorita y la casiterita está presente en varias cantidades.
- Feldespato alcalino: En la segunda etapa se formó la albita secundaria o feldespato potásico.
- Sericita: En la tercera etapa la mica blanca reemplaza a los feldespatos.

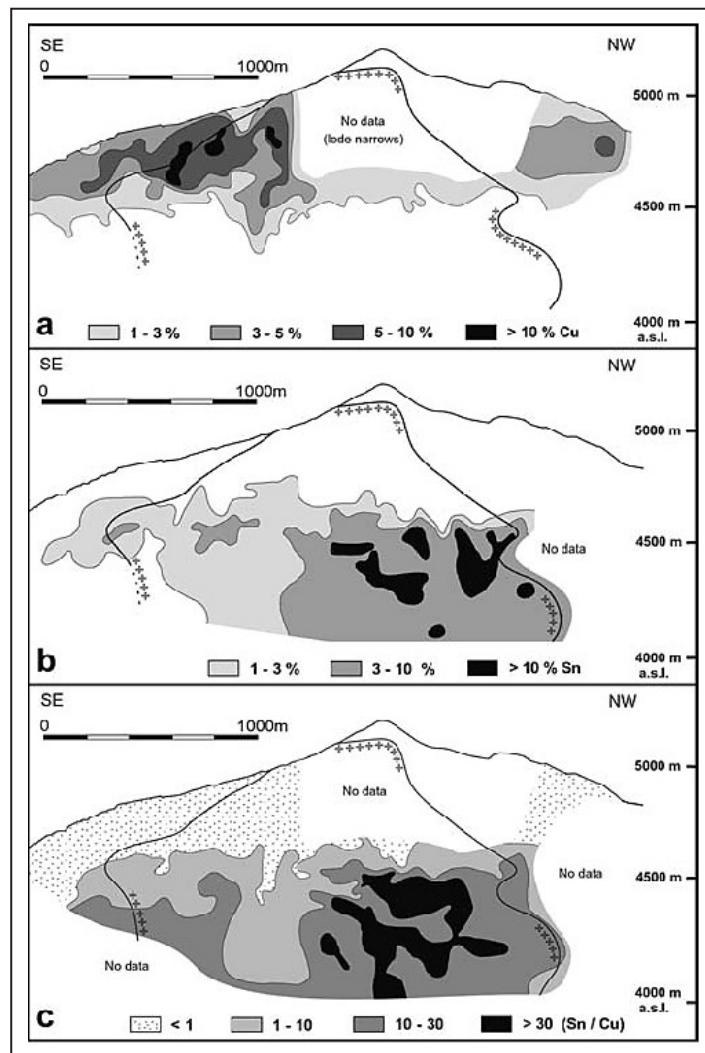


Figura 5.157 Zonación geoquímica en el yacimiento San Rafael (sección longitudinal): a) porcentaje de cobre; b) porcentaje de estaño; c) relaciones de estaño-cobre. La línea con cruces indica los límites del granitoide.

Fuente: Arenas (1999)

Recursos y reservas

La mina San Rafael es el tercer productor de estaño en el mundo y es el yacimiento de estaño con más alta ley (~5wt% de Sn) de los conocidos en la actualidad. De acuerdo al reporte de Minsur (2021), los recursos medidos e indicados 8.053 Mt @ 2.42% Sn; recursos inferidos 3.132 Mt @ 2.35% Sn y reservas de 6.342 Mt @ 2.08 % Sn.

Taucane

Ubicación

El proyecto Taucane se ubica en la provincia de Azángaro, región Puno, a 35 km al SE de la mina San Rafael, al sur de la

cuenca intramontañosa Plio-Cuaternario de Crucero, y a una altitud entre 4000 y 5100 m s. n. m.

Geología

Geológicamente en el área de proyecto Taucane está subdividida en dos dominios litoestratigráficos distintos separados por la Falla Taucane (N100°). Al norte de la falla afloran rocas del Paleozoico superior: areniscas del Grupo Ambo, areniscas-calizas del Grupo Tarma, calizas del Grupo Copacabana y capas rojas (areniscas-conglomerados) del Grupo Mitu (Laubacher, 1978; De La Cruz, 1995).

Al sur de la Falla Taucane, afloran rocas sedimentarias mesozoicas en discordancia sobre el Paleozoico; areniscas

de la Formación Quilcapunco (Sempere et al., 2004), capas rojas (limolitas – areniscas calcáreas) de la Formación Muni, areniscas cuarzosas – microconglomeráticas de la Formación Huancané, y capas rojas (limolitas-areniscas-calizas) del Grupo Moho (Laubacher, 1978; De la Cruz, 1995).

En el control estructural predomina el sistema de fallas NO – SE asociado al Sistema de Fallas San Rafael con inflexiones locales E - O como la Falla Taucane. Respecto de las fallas y la mineralización, se entiende que existe un fuerte componente estructural, siguiendo anomalías localmente fuertes de Zn y Sn (Vallancee, 2013). Las condiciones estructurales son muy similares a las que se tienen en San Rafael, donde la veta principal tiene una dirección N 330°/40°-75° NE y un movimiento sinistral durante la mineralización (Kontak & Clark, 2002; Mlynarczyk et al., 2003).

Mineralización y alteración

La mineralización en Taucane se hospeda en los niveles calcáreos de las capas rojas de la Formación Muni, siendo esta secuencia una importante roca huésped para albergar mantos-cuerpos (Chávez & Alayza, 2015); a diferencia del depósito de San Rafael donde la mineralización se hospeda en vetas en la Formación Sandía y en el granito. Las alteraciones hidrotermales en el proyecto Taucane son argilización, cloritización, carbonatación, epidotización, skarnización, turmalinización, seritización y silificación (Chávez & Alayza, 2015).

La argilización está relacionada a las fases tardías de mineralización polimetálica (Ag, Pb, Zn) y está directamente encima de una zona clorítica con estaño de más alta temperatura. La turmalinización y la skarnización estarían asociadas a las primeras fases estériles de mineralización en Taucane. La cloritización y la seritización estarían ligadas a presencia de estaño (Chávez & Alayza, 2015).

Ayawilca

Ubicación

El proyecto Ayawilca se encuentra ubicado en el distrito de San Pedro de Pillao, provincia de Daniel Alcides Carrión, región Pasco. En las coordenadas UTM: N 8845717 y E 333400, a una elevación promedio de 4100 m s. n. m.

Geología

La estratigrafía local de Ayawilca está constituida por rocas sedimentarias y volcánicas, que van desde el Proterozoico tardío hasta la el Cenozoico. Toda la secuencia ha sido plegada y empujada a lo largo de fallas andinas de tendencia N a NO, con fallas transtensionales posteriores orientadas al noreste

o este-oeste. Las rocas más antiguas documentadas en el área pertenecen al Complejo de Marañón y consisten en esquistos, gneis y rocas metaintrusivas, de edad devónica. Los afloramientos de filita forman parte del Grupo Excelsior, un constituyente del Complejo Marañón. Entre el Pérmico y Triásico inferior, el Grupo Mitu está compuesto de capas rojas que incluyen arenisca, conglomerado y lodo intercalado, con algunas ocurrencias de rocas volcánicas. El Grupo Mitu puede tener más de 100 m de espesor en algunos lugares. Entre el Triásico superior y el Jurásico inferior, las calizas del Grupo Pucará son la roca caja predominante para la mineralización tanto de zinc como de estaño, y es un importante huésped de zinc en otras partes del cinturón regional (Rosas et al., 2007). El Grupo Goyllarisquizga del Cretácico inferior se encuentra sobre las rocas del Grupo Pucará. Está formado por areniscas cuarzosas de grano grueso, intercaladas con esquistos, niveles de carbón y calizas (Redwood, 2004).

El mapeo regional enfatiza los sistemas de "cinturón de empuje y plegado" como la característica estructural prominente en la región (Cobbing y Sánchez, 1996). Al oeste del área de rocas sedimentarias cretáceas complejas y con fallas de empuje y rocas volcánicas andesíticas del Paleógeno-Neógeno (Coney, 1971).

Mineralización y alteración

La mineralización de zinc y estaño de Ayawilca se aloja principalmente dentro de una secuencia de brechas de caliza, dolomita, limolita calcárea, arenita y gris. El depósito de Ayawilca está formado por múltiples lentes de sulfuro o "mantos" que se sumergen suavemente, generalmente con espesores verticales de entre 10 y 30 m (localmente más gruesos).

El zinc se produce como varias generaciones de impregnaciones de sulfuro (principalmente marmatita, una variedad de esfalerita de alto contenido en hierro, acompañada por abundante pirita, pirrotita, clorita, carbonato de hierro (siderita) y magnetita. Los sulfuros menores incluyen esfalerita de bajo contenido en hierro, galena, calcopirita y arsenopirita. La geoquímica de elementos múltiples indica que el indio está correlacionado con la mineralización de zinc. La mineralización de zinc se asocia generalmente con la alteración argílica dentro de las rocas hospedadoras de carbonato. Los coágulos diseminados de arcillas blancas (dickita) son comunes dentro y cerca de la mineralización, y a menudo se ven vetillas de siderita coliformes en etapa tardía que cortan a los sulfuros. La alteración fuerte y generalizada de clorita ocurre generalmente de manera periférica a las áreas de mineralización de zinc, rodeando la alteración argílica.

La mineralización de estaño (predominantemente casiterita con pequeña cantidad de estannita), que se produce con cobre menor como calcopirita, se aloja en mantos de pirrotita masivos a semimasivos, típicamente de 10 m a 20 m de espesor, cerca del contacto de las rocas carbonatadas del Grupo Pucará y las filitas del Grupo Excelsior. La pirrotita es fuertemente magnética, y se cree que es la fuente principal de la gran anomalía magnética en Ayawilca.

Recursos y reservas

Según el Ministerio de Energía y Minas (2020), se tiene recursos de 56.7 Mt @ 6.25% Zn, 0.2% Pb, 16 g/t Ag. De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto Ayawilca (Tinka Resources S.A.C.) se encuentra en etapa conceptual y su puesta en marcha está por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 264 millones.

Observaciones

La configuración regional, la geometría y la mineralogía de zinc indican que Ayawilca es un depósito de reemplazo de carbonato (CRD), de los cuales hay varios ejemplos de otros tipos en el centro de Perú (por ejemplo, Cerro de Pasco, Morococha, Colquijirca y San Gregorio).

Estos depósitos se desarrollan típicamente cuando los fluidos hidrotermales reemplazan las rocas de carbonato proximales a un cuerpo intrusivo, aunque en algunos casos el cuerpo intrusivo causante puede no observarse o identificarse de manera concluyente. Los CRD se consideran más distales de la fuente que los depósitos de pórfido y skarn, pero más cercanos a la fuente que los depósitos de metales preciosos epitermales de sulfuración intermedias o bajas.

Pasto Bueno

Ubicación

La mina Pasto bueno se ubica en el distrito de Pampas, provincia de Pallasca, región Áncash. En las coordenadas UTM: N 9098811 y E 185299 (WGS84 Zona 18S), a una elevación promedio de 3900 m s. n. m.

Geología

El yacimiento Pasto Bueno se encuentra en el extremo norte del Batolito de la Cordillera Blanca, a 6 km al oeste del Nudo de Pelagatos, en una provincia tectónica compleja, debido al

desarrollo de numerosos sobreescurrecimientos. En la zona, afloran rocas metasedimentarias que forman parte de una secuencia estratigráfica que va desde el Jurásico al Cretácico, que consiste en pizarra, cuarcita y caliza. Esta secuencia metamórfica está diferenciada por tres unidades litoestratigráficas superpuestas de abajo hacia arriba, estas son las formaciones: Chicama (pizarra), Chimú (cuarcitas) y Santa (caliza).

El depósito de Pasto Bueno localmente está constituido por el emplazamiento del stock Consuzo, de composición cuarzo-monzonítico, en las unidades metamórficas-sedimentarias antes mencionadas. Las principales vetas discurren con dirección N-S cortando al stock, aunque también existen sistemas NE-SO, así como NO-SE encajados sobre las rocas metamórficas (Quispe, 2015).

Mineralización y alteración

La mineralización reconocida comprende hubnerita, tetraedrita/tennantita, esfalerita y galena, en una ganga de cuarzo, fluorita, sericita, piritita y carbonatos.

El estilo de mineralización es vetiforme; ocurre exclusivamente en vetas de hubnerita-cuarzo donde el cuarzo puede llegar hasta un 98 % entre los minerales constituyentes, con hubnerita que puede incluso alcanzar el 10 % y hasta un 5 % de tetraedrita y subordinadamente sericita y muscovita (juntas = 1 %), fluorita (hasta 1 %), la galena subordinada intercrecida con tetraedrita, piritita y esfalerita (menos del 1 %). Los minerales indicadores de hubnerita son fluorita y tetraedrita.

La alteración hidrotermal, relacionada a la mineralización, es localizada alrededor de las vetas y raramente se extienden más de 3 m en la roca caja. Esta alteración es muy intensa, variando de acuerdo con la naturaleza de la caja, como productos tenemos la sericita y montmorillonita-caolinita (menos extendida esta última). Los aspectos texturales localmente son obliterados o granos muy finos de sericita arcilla-piritita-fluorita. La piritización y silicificación son comunes cuando las cajas son lutitas y cuarcitas (Quispe, 2015).

Recursos y reservas

Según la minera Tungsteno Málaga del Perú S.A. (2016), este depósito contiene reservas de 928 338 Tn con una ley de 0.76 % de W.

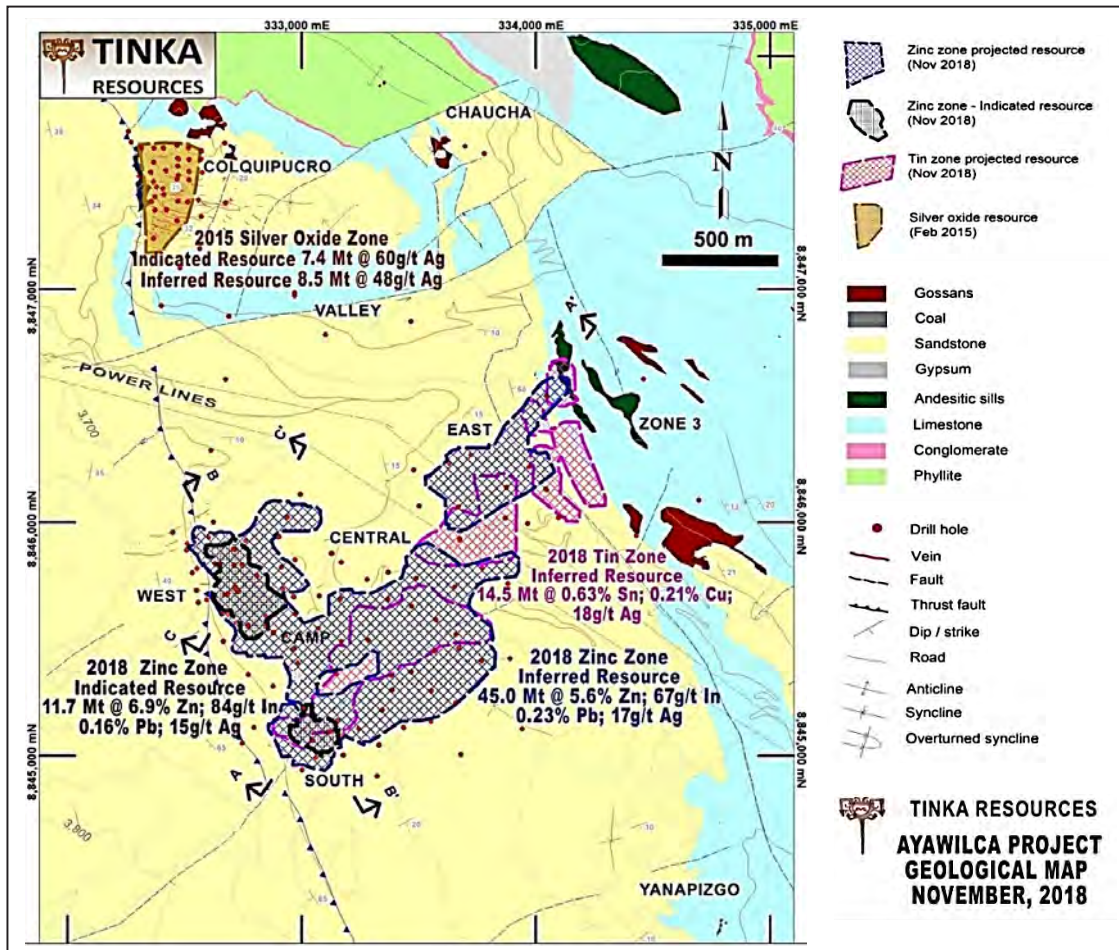


Figura 5.158 Mapa de recursos y reservas de Aywilca.
 Fuente: Tinka Resources (2018)

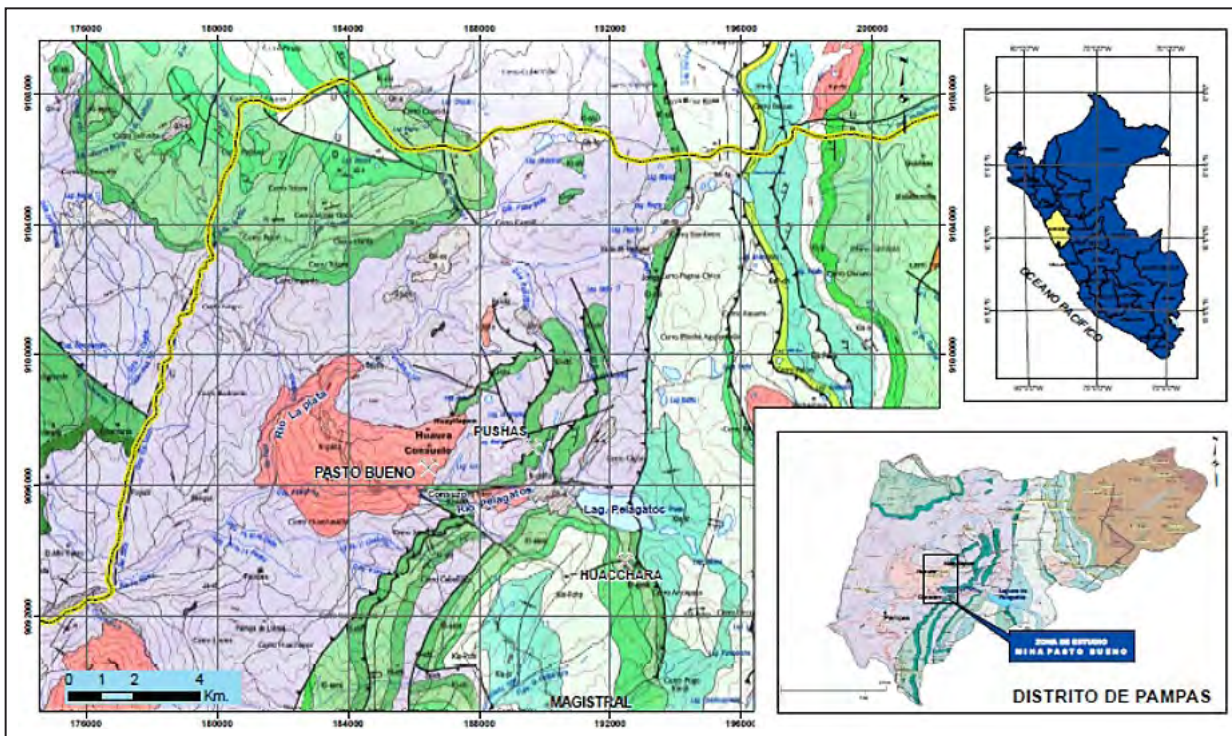


Figura 5.159 Mapa geológico de la mina Pasto Bueno.

Santo Domingo

Ubicación

El proyecto Santo Domingo se encuentra ubicado en el distrito de Nuñoa, provincia de Melgar, en la región de Puno, a una altitud de 4800 m s. n. m. Se ubica a 24 km al NO de la mina San Rafael. Sus coordenadas UTM son 33414 E y 8429293 N.

Geología

Las unidades litológicas metamórficas, sedimentarias y volcanoclásticas identificadas en Santo Domingo van desde el Paleozoico (Siluriano) hasta el Mesozoico (Triásico), correspondiendo desde la Formación Ananea hasta el Grupo Mitu.

De acuerdo con Sánchez (2016), la geología estructural del proyecto Santo Domingo presenta en sus alrededores cuatro principales lineamientos estructurales, los cuales son (figura 5.160):

- Lineamiento andino (NO-SE) es el principal control de la mineralización. Los sistemas de vetas presentan esta dirección preferencial.
- Lineamiento transandino es posterior a la mineralización e intrusión de cuerpos intrusivos tiene una orientación NE-SO con inclinaciones de 75-80 °NO.
- Lineamiento O-E se presenta al oeste del proyecto Santo Domingo, está asociado al lineamiento N-S.
- Lineamiento N-S, al parecer controla a los otros lineamientos mencionados anteriormente. Al oeste del proyecto Santo Domingo hay un lineamiento de más de 10 km de extensión; este lineamiento sería el límite oeste de la extensión de los sistemas de vetas en Santo Domingo.

Mineralización y alteración

La mineralización en el proyecto Santo Domingo se encuentra hospedada en cinco sistemas de vetas, llamadas de SO a NE, Ccasahuallata, Pucará, Santo Domingo, San Basilio y Rita. La orientación de los sistemas de vetas es andino NO-SE con

buzamientos al SO y NE. Se consideró como sistema de vetas al alineamiento de vetas, vetillas, fracturas rellenas y brechas, debido a discontinuidad e irregularidad de estas. Las estructuras son irregulares y discontinuas cuando la roca caja es la pizarra; son más definidas y continuas en los cuerpos ígneos. La mineralogía común en estas vetas es casiterita asociada con sulfuros como esfalerita, galena, pirita, arsenopirita y calcopirita (figura 5.162).

Las alteraciones hidrotermales en el proyecto Santo Domingo están relacionadas a las estructuras mineralizadas, y a las zonas de fallamiento y fracturamiento.

Las principales alteraciones localizadas son la argilización, cloritización, silicificación y turmalinización (Sánchez, 2016).

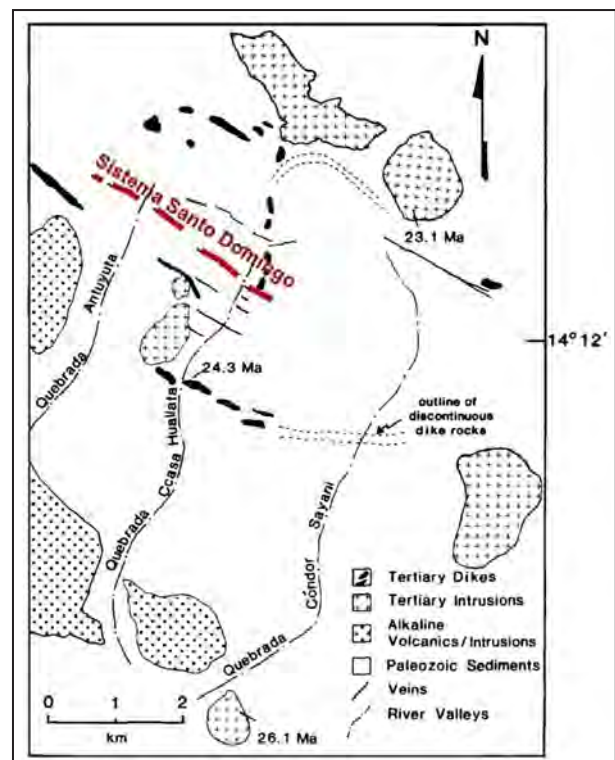


Figura 5.160 Esquema geológico del Santo Domingo.

Fuente: Kontak et al. (1987)

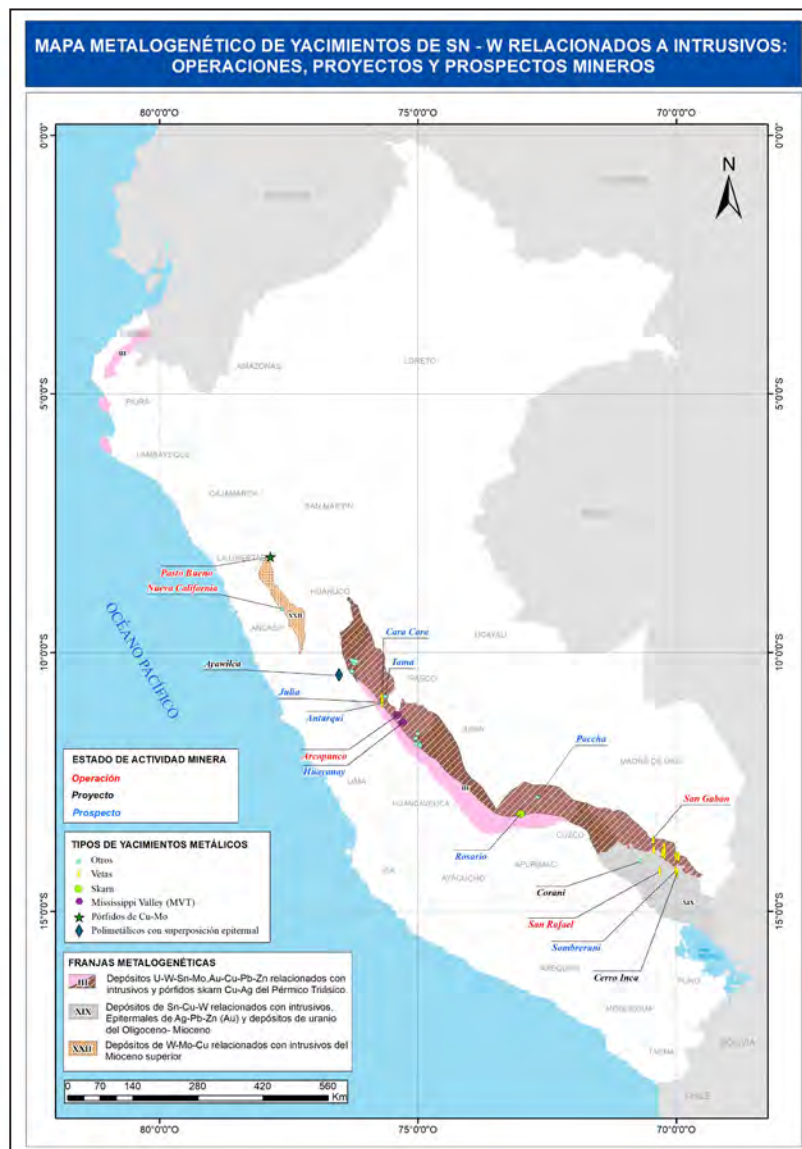


Figura 5.161 Mapa metalogénico de yacimientos de Sn-W relacionados a intrusivos: Operaciones, proyectos y prospectos mineros

5.10 DEPÓSITOS DE URANIO

Dina Huanacuni y Gerardo Trelles

5.10.1 Generalidades

El uranio es un elemento que se encuentra en la mayoría de las rocas a manera de traza, generalmente en estado tetravalente. Debido a su gran radio iónico y alta carga de electrones, el uranio no forma parte de los minerales formadores de roca. Este es un elemento incompatible, por lo que presenta un coeficiente de partición menor a 1×10^{-3} (Salters, 2016), además tiene alta afinidad al oxígeno por tal motivo es un elemento litófilo.

En ambientes primarios, el uranio forma parte del fundido residual durante casi todo el proceso de cristalización magmática; sobre todo en el estadio final (Salters, 2016). Por esta razón, las rocas máficas y ultramáficas presentan baja concentración de este

mineral en contraste a rocas félsicas e intermedias las cuales poseen concentraciones relativamente altas del mismo.

Los depósitos de uranio pueden ser formados bajo un amplio rango de condiciones. Pueden ser originados dentro de la corteza por una alta concentración de U durante la etapa final de la cristalización magmática en magmas ricos en sílice y álcalis, o pueden formarse en superficie por transporte y precipitación de fluidos enriquecidos de este elemento en condiciones reductoras que dan como resultado UO_2 (uraninita) (Salters, 2016).

Existen diferentes clasificaciones de depósitos de uranio, que se basan en las características de la roca hospedera y/o la morfología de los depósitos en sí. El objetivo de estas clasificaciones es tomar como base las raíces genéticas de estos depósitos de uranio (Cuney, 2008).

Es así que los depósitos de uranio están relacionados a todas las etapas del ciclo geológico, desde ambientes plutónicos, volcánicos, metamórficos-metasomáticos, hidrotermales, sedimentarios, superficiales entre otros (figura 5.162) (Dahlkamp, 1993). Estos depósitos se han formado desde el Neoproterozoico hasta el Cuaternario (Rivera et al., 2011).

5.10.2 Tipos de depósitos de uranio

Según la clasificación de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA por sus siglas en inglés) en el año 2020, existen diferentes tipos de depósitos de uranio, según su relación con la roca caja; así se tienen siguientes tipos de depósitos: 1) relacionados a intrusivos, 2) relacionados a rocas

graníticas, 3) relacionados a rocas volcánicas, 4) relacionados a complejos brechados polimetálicos de óxido de hierro, 5) relacionados a metasomatitas, 6) relacionados a metamorfitas, 7) depósitos disconformes relacionados a rocas proterozoicas, 8) relacionados a areniscas, 9) relacionados a conglomerados de paleo pebbles, 10) depósitos superficiales, 11) relacionados a lignita-carbono, 12) relacionados a carbonatos, 13) relacionados a fosfatos, y 14) relacionados a lutitas negras. Sin embargo, la misma institución reporta que el U en el Perú está limitado a dos principales depósitos: U en rocas volcánicas y U en fosfatos.

De esta manera, en este compendio, por tratarse de la recopilación de los depósitos minerales del Perú, solo se desarrollará los últimos depósitos mencionados.

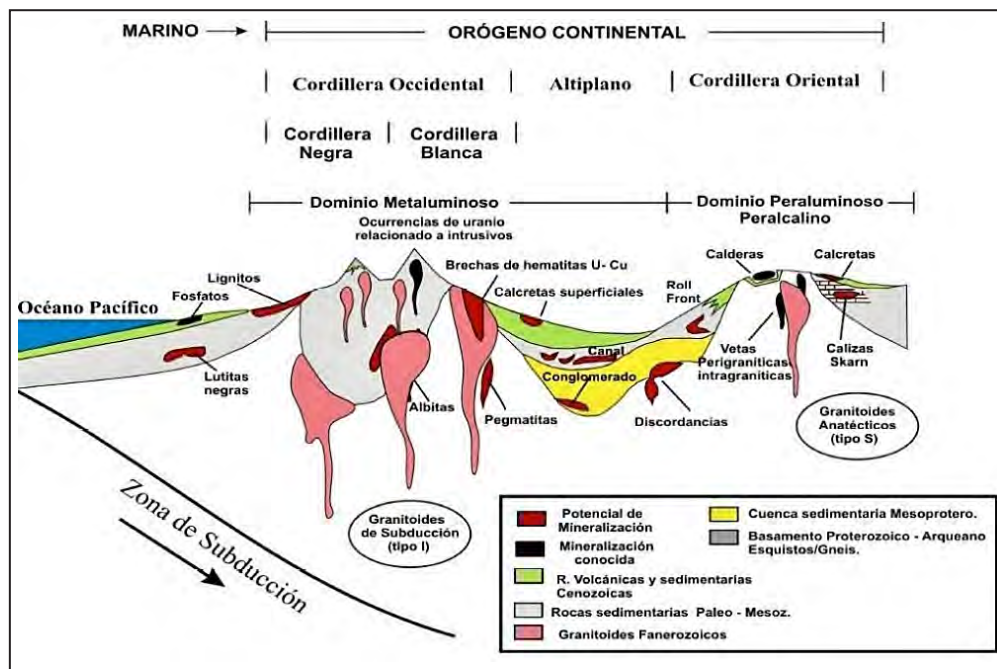


Figura 5.162 Modelos de mineralización de uranio.

Fuente: Dahlkamp (2010), modificado de Rivera et al. (2011)

Depósitos de uranio relacionados a rocas volcánicas

Según la IAEA (2020), estos depósitos ocurren en ambientes de calderas volcánicas, caracterizados por la presencia de lavas félsicas a máficas en intrusiones subvolcánicas, flujos de brechas, y piroclastos intercalados con unidades sedimentarias clásticas.

Existen tres subtipos de depósitos relacionados a rocas volcánicas: 1) estrato-ligados; 2) estructura-ligados; y 3) volcano-sedimentarios (figura 5.163). Alrededor del mundo los depósitos estratoligados de U son más comunes; sin embargo, en el Perú predominan los depósitos estructura-ligados. Los depósitos estrato-ligados de U toman forma de diseminaciones o impregnaciones en todo tipo de rocas volcánicas que sean químicamente reactivas o presenten alta

a intermedia permeabilidad. Mientras tanto los depósitos de U tipo estructura-ligados, están controlados principalmente por estructuras geológicas, tal y como su nombre lo indica, donde venillas y vetas se emplazan en rocas volcánicas, subvolcánicas y piroclásticas (IAEA, 2020). Por último, los depósitos volcano-sedimentarios de U, reportan de baja ley y la mineralización es concordante con la depositación de sedimentos calcáreos o fluviolacustrinos, los cuales son depositados en ambientes de exocalderas volcánicas.

La mayoría de este tipo de depósitos están relacionados a ambientes tectónicos de intraplaca, de puntos calientes (hot spot) y de configuraciones de rift intracontinental. Han sido emplazados en un amplio rango de edad, que va desde el Paleoproterozoico hasta el Cuaternario reciente (IAEA, 2020).

La fuente magmática de estos depósitos son magmas alcalinos enriquecidos de flúor, que actúa como principal agente de transporte del uranio. Cuando estos magmas ascienden a superficie –debido a su alta viscosidad– erupcionan explosivamente, formando grandes cráteres conocidos como calderas volcánicas. La presión ejercida por el magma antes y durante la erupción genera esfuerzos compresivos en la roca caja, lo que consecuentemente provoca fracturamiento y fallamiento, que a su vez aumenta la permeabilidad de la roca

en cuestión. Esta permeabilidad secundaria permite el ingreso de los fluidos hidrotermales enriquecidos de U y su posterior precipitación al encontrar ambientes reductores propiciados por rocas sedimentarias clásticas con contenido de materia orgánica o por rocas volcánicas/sedimentarias ricas en hierro y/o sulfato. En este tipo de depósitos, el uranio precipita comúnmente como autunita ($[(Ca(UO_2)_2(PO_4)_{10}H_2O)]$), uraninita y su isomorfo pechblenda (UO_2), asociadas a rocas afaníticas (riolitas) o a vidrio volcánico (IAEA, 2020).

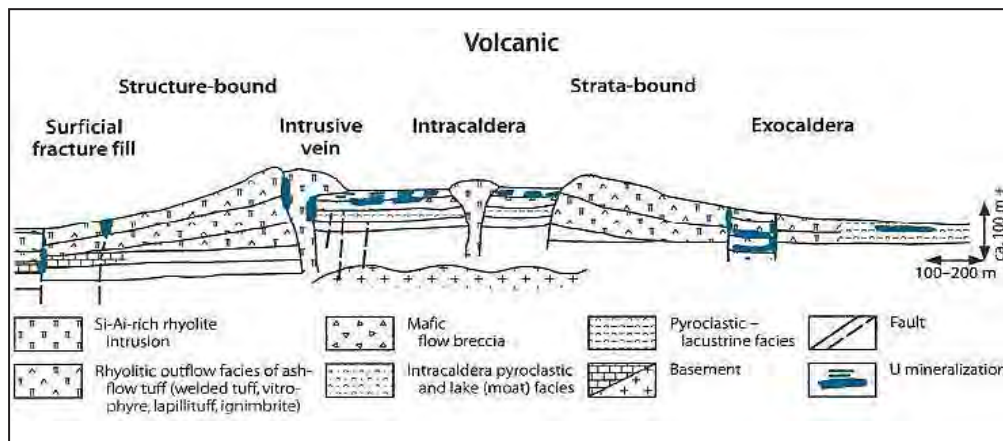


Figura 5.163 Modelo geológico de los depósitos de U relacionado a rocas volcánicas.

Fuente: Rivera (2010)

Depósitos de uranio relacionados a fosfatos

Los depósitos de fosfato, la principal fuente mundial de fósforo, pueden albergar importantes recursos de uranio de hasta varios millones de toneladas, aunque en leyes muy bajas. Los minerales de uranio toman la forma de diseminaciones estratiformes y sinsedimentarias, asociadas con la apatita de grano fino. Los depósitos de fosfato se clasifican como recursos de uranio no convencionales, con uranio de baja ley recuperable como subproducto de la minería de fosfatos (IAEA, 2020).

Existen dos tipos de depósitos de fosfatos: ígneos y sedimentarios. Los depósitos ígneos se encuentran relacionados típicamente a carbonatita, que es una roca ígnea con más del 50 % en volumen de minerales de carbonato. Los depósitos de fosfato sedimentario son un tipo de sedimento bioelemental, una clase de roca sedimentaria química compuesta por precipitados de los elementos nutritivos P, Fe o Si (, 2010). La mayoría de los minerales fosfatados sedimentarios se forman a través de surgencias, que llevan aguas profundas ricas en P a plataformas poco profundas, donde el P se extrae de la superficie del océano por el fitoplancton y se convierte en apatita. La fuente de este P disuelto proviene en última instancia de la meteorización química de las rocas continentales, que une los depósitos de

fosfato ígneos y sedimentarios a través del ciclo del P. Las rocas sedimentarias bioquímicas marinas con más del 18 % en peso de P_2O_5 se denominan fosforitas (Pufahl, 2010). Sin embargo, en el Perú solo se han reconocido depósitos de fosfatos de origen sedimentario; de esta manera, solo se describirán estos en el presente trabajo.

La formación de los depósitos sedimentarios, a diferencia de los ígneos, está tan estrechamente relacionada con los periodos de acumulación biológica global, estos generalmente registran cambios importantes en el ciclo biogeoquímico del fósforo (Pufahl & Groat, 2017). El más importante de ellos fue el evento de oxigenación del Neoproterozoico, que condujo a la generación de los primeros depósitos de fosforita gigantes. Por lo tanto, los fosfatos sedimentarios son generalmente fenómenos fanerozoicos que reflejan la influencia de una biosfera en evolución y expansión en la fijación de P (Pufahl & Groat, 2017).

El principal mineral en los depósitos sedimentarios es la francolita, una fluorapatita autigénica rica en carbonatos $[C_{a_{10ab}}Na_aMgb(PO_4)_{4-6-x}(CO_3)_{3/xyz}(CO_3)_F_{xyz}(SO_4)_zF_2]$ (Jarvis et al., 1994). Los depósitos con fósiles de vertebrados también contienen proporciones variables de dahllita $[Ca_5(PO_4)_3CO_3(OH)]$, una hidroxiapatita rica en carbonatos que forma

hueso, esmalte dental y dentina (McConnell, 1960). La francolita inalterada normalmente contiene 32 % de P_2O_5 , 52 % de CaO y 4 % de F e incluye 1.2 ± 0.2 % de Na, 0.25 ± 0.02 de Sr, $0.36\% \pm 0.03\%$ de Mg, 6.3 ± 0.3 % de CO_2 y 2.7 ± 0.3 % de SiO_2 (Jarvis et al., 1994). La meteorización y la diagénesis provocan una transición a fluorapatita, mientras que el enriquecimiento supergénico crea minerales secundarios de fosfato ricos en Fe y Al como la crandallita $[CaAl_3(PO_4)_2(OH)_5 \cdot (H_2O)]$, milisita $[(Na,K)CaAl_6(PO_4)_4(OH)_9 \cdot 3(H_2O)]$, ondilita $[(Al_3(PO_4)_2(OH, F)_3 \cdot 5(H_2O)]$ y strengita $[Fe^{3+}PO_4 \cdot 2(H_2O)]$. Cuando se ve afectado por el metamorfismo, se puede formar hidroxiapatita o fluorapatita (Girard et al., 1993; Drummond et al., 2015). La composición de química de la francolita muestra la facilidad con la que puede ocurrir sustitución iónica en su estructura cristalina. La mayoría de estos elementos sustituyen al Ca^{2+} u ocupan espacios intersticiales. Comúnmente los elementos sustitutorios son: Ag, Cd, Mo, Se, U, Y, Zn, Br, Cu, Cr, I, Pb, V y las tierras (Pufahl & Groat, 2017).

La deposición de fósforo en el océano se da través de la erosión de las rocas continentales en dos formas: disuelto y particulado. El transporte fluvial es predominante, aunque el aporte eólico es considerable en climas áridos (Drummond et al., 2015).

El P disuelto se presenta como especies de fosfato ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), las cuales son fácilmente absorbidas por organismos vivos. La mayor parte de las partículas de P se componen de granos de minerales fosfatados ígneos y metamórficos insolubles, que nunca participan en el ciclo biogénico del P, debido a que no están biodisponibles (Pufahl & Groat, 2017). Por el contrario, las partículas con P biodisponible incluyen materia orgánica detrítica, así como minerales arcillosos y óxido de Fe con P adsorbido (Filippelli, 2008). La respiración microbiana de la materia orgánica detrítica libera P para producir fosfato. El fósforo adsorbido en las arcillas y el óxido de Fe se libera por la alta fuerza iónica del agua de mar y se entierra en agua de poros reducidos (Heggie et al., 1990; Mills et al., 2004; Drummond et al., 2015).

Las arcillas arrastradas por el viento y el óxido de Fe son la fuente principal de P eólico. Una vez en el sistema marino, el P disuelto desencadena la productividad biológica (Pufahl, 2010). En aguas superficiales alejadas de la influencia de ríos o afloramientos costeros, la fijación de fosfato por el fitoplancton durante la fotosíntesis reduce su concentración a casi cero, impidiendo un crecimiento sostenido. Los niveles de fosfato aumentan en aguas más profundas y antiguas, porque la materia orgánica se recicla, lo que da como resultado la liberación de P en el agua marina (Benítez-Nelson, 2000). Tal agotamiento superficial y enriquecimiento profundo es un perfil típico de todos los elementos nutritivos (Pufahl & Groat, 2017).

Los mayores depósitos económicos de fosfato se acumularon en los márgenes continentales y en los mares epeíricos –mares interiores poco profundos– donde las aguas profundas ricas en P ascendieron a superficie a través de surgencias costeras (figura 5.164). La causa de la surgencia costera es el movimiento de agua en alta mar en respuesta a la fuerza eólica. La producción y la acumulación de materia orgánica sedimentaria alimenta la precipitación de la francolita, que también genera la diagénesis de pizarras negras, una importante roca fuente de hidrocarburos (Pufahl & Groat, 2017). Este proceso gobierna la producción biológica fotosintética en el océano durante escalas de tiempo geológicas mayores a mil años (Föllmi, 1996; Tyrell, 1999), y finalmente controla la velocidad a la que el CO_2 se elimina de la atmósfera y se deposita como carbono orgánico. La deposición de sedimentos fosfatados es, por tanto, un importante mecanismo de retroalimentación que regula el ciclo del carbono y el clima (Föllmi et al., 1993, 1994).

Cada depósito de fosfato sedimentario es la consecuencia de extremos cambios climáticos, oceanográficos y sedimentológicos interrelacionados que coincidieron en tiempo y espacio para producir una alta concentración de fosfatos (Pufahl & Groat, 2017).

Sistemas de deposición de fosfato

Los sistemas de depósito de fosfato se subdividen en función de la naturaleza de sus entornos sedimentarios o "fábricas" (Pufahl & Groat, 2017). La "fábrica de fosforita" produce francolita en sedimentos cuando los procesos de precipitación microbianos, fisicoquímicos y redox saturan las aguas con fosfato (Froelich et al., 1988; Jarvis et al., 1994); estos procesos producen granos de francolita sin sedimentarios. En condiciones adecuadas, los foraminíferos, bivalvos, braquiópodos e incluso los tejidos blandos pueden fosfatarse (Föllmi et al., 1991; Pufahl, 2010). Esta fosfogénesis es distinta de la que ocurre por reelaboración hidráulica y biológica en la "fábrica", la que puede concentrar el sedimento de fosfato en un depósito grueso, granular y de alta ley (30-35 % en peso de P_2O_5) (Glenn et al., 1994; Pufahl, 2010).

Los depósitos de fosfato peritidales se formaron solo en ambientes costeros precámbricos a partir de una fábrica que creó cuerpos minerales estratiformes, delgados y paralelos a la paleocosta (Nelson et al., 2010; Drummond et al., 2015). Este depósito de baja ley no tiene equivalente fanerozoico y fue producido por procesos fosfogénicos microbianos y abióticos en las marismas (Pufahl & Groat, 2017).

Las concentraciones más altas de P en los depósitos de fosfato están relacionadas con surgencias ricas en P, que comenzaron a acumularse a finales del Neoproterozoico y continuaron en el Fanerozoico (Pufahl & Groat, 2017). Cuando las surgencias

costeras se concentraron en la plataforma distal, se formó fosfato de margen continental (figuras 5.164 y 5.165a) (Pufahl, 2010). Los procesos bacterianos impulsaron la fábrica ubicada en sedimento rico en materia orgánica, debajo del frente de surgencia. Los depósitos de fosfato marino se formaron en mares poco profundos, antiguos y cercanos a continente, con sistemas actuales que transportan el fosfato disuelto lejos del área de surgencia activa para precipitar la francolita a través

de toda la plataforma (figuras 5.164 y 5.165b) (Pufahl, 2010). Los sedimentos fosfatados del margen continental se acumulan hoy en día donde los vientos alisios favorables inducen las surgencias. Esto ocurre a lo largo del oeste de América del Norte, América del Sur y África meridional; los depósitos económicamente significativos del Pleistoceno y Mioceno que se formaron en estas condiciones están expuestos a lo largo de estas costas (Pufahl & Groat, 2017).

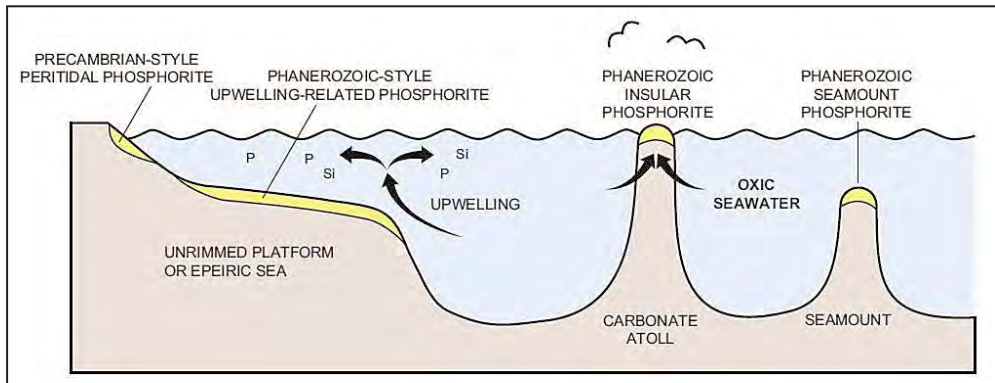


Figura 5.164 Ambientes sedimentarios de los depósitos de fosfatos.

Fuente: Pufahl & Groat (2017)

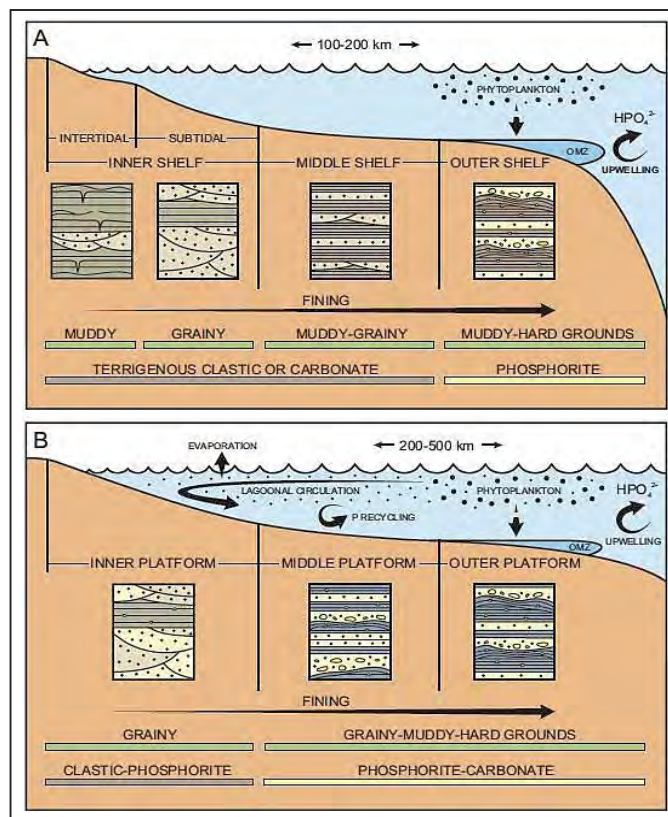


Figura 5.165 Granulometría y composición de los depósitos de fosfatos, según ambiente sedimentario.

Fuente: Pufahl & Groat (2017)

5.10.3 Depósitos de uranio en el Perú

En el Perú, existe una gran cantidad de anomalías y ocurrencias de uranio; actualmente las empresas mineras han concesionado una cantidad considerable de hectáreas para la exploración de U. Como se mencionó líneas arriba, los depósitos de uranio en el Perú (figura 5.166) están ligados básicamente a dos orígenes: volcánico y sedimentario. De esta manera, los depósitos de uranio relacionados a rocas volcánicas se ubican principalmente en el centro y sur del país (Junín, Arequipa, Cuzco y Puno), mientras que los de origen sedimentario (relacionados a fosfatos) están extendidos desde el centro al norte del Perú (Ica, Junín y Piura).

En la figura 5.167, se muestra una comparación del tonelaje de U presente en rocas volcánicas en contraste con el contenido de este en rocas fosfóricas. La información concerniente al tonelaje y ley de U para rocas volcánicas ha sido tomada a partir de los reportes anuales de las empresas concesionarias, mientras que en el caso del tonelaje de U en rocas fosfóricas se han tomado

los datos de tonelajes de las empresas; por otro lado, el dato de leyes se ha estimado a partir del artículo de Montoya (2012), quien reporta una ley promedio para depósitos de fosfatos de 0.01 % a 0.035 % de U_3O_8 . Nótese la gran diferencia de tonelaje de este mineral; esto se debe a los considerables tonelajes que presenta el yacimiento Bayóvar. Se debe tomar en cuenta que las empresas dedicadas a la extracción de fosfatos no reportan contenidos de uranio como tal; no obstante, se sabe que donde hay fosfatos, hay uranio en bajas leyes. Por tal motivo, en este trabajo se incluyen los depósitos de fosfatos como depósitos de uranio.

Cabe resaltar que en el Perú no existe una cultura minera de elementos radioactivos; no obstante, con el relativamente reciente descubrimiento de los yacimientos Macusani y Bayóvar –de grandes tonelajes de U– en el país se ha empezado a generar e implementar una normativa de extracción de estos tipos de minerales. A continuación, se describirá la geología, mineralización y recursos de los depósitos de U más importantes del Perú.

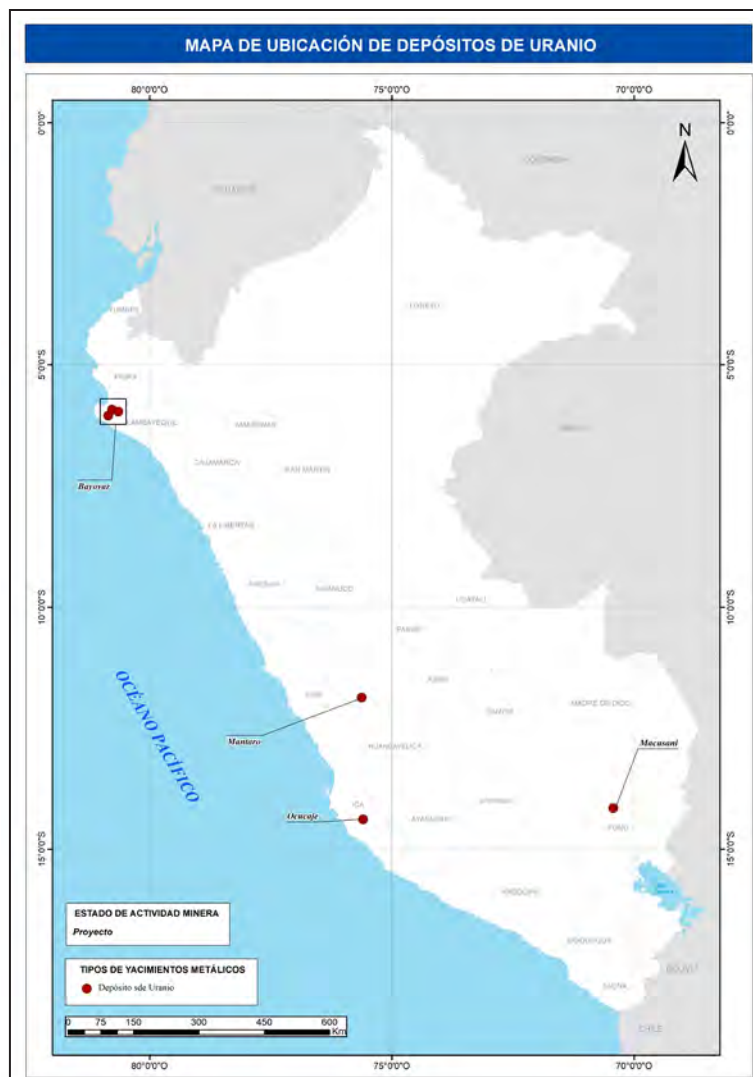


Figura 5.166 Mapa de depósitos de uranio del Perú.

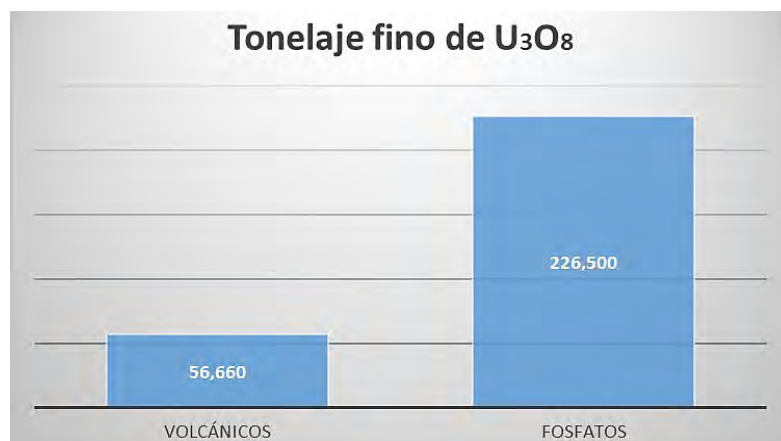


Figura 5.167 Cuadro comparativo de tonelaje de óxido de uranio según tipo de depósito.

Distrito uranífero Macusani

Ubicación

El depósito de Macusani se encuentra ubicado en el distrito del mismo nombre, en la provincia de Carabaya - región Puno, aproximadamente a 150 km al NO del lago Titicaca y a una altura de 4500 m s. n. m. En este sector, se han descubierto más de 40 ocurrencias de uranio en rocas volcánicas félsicas del Cenozoico (figura 5.168a) (Dalhkamp, 2010).

Geología

Se ubica dentro del entorno de una estructura circular de aproximadamente 2400 km². Estas ocurrencias uraníferas posiblemente también se encuentren dentro de una caldera volcánica, la cual ha desarrollado todo un complejo volcánico con una actividad magmática que duró más de 15 Ma, según dataciones K-Ar (Rivera et al., 2011).

Este campo volcánico se encuentra formado por varias capas de tobas de flujos de ceniza (ash flow tuff) de composición química y mineralógica (riolitas) muy similar, y son conocidas en conjunto como la Formación Quenamari. Esta formación se encuentra dividida en tres miembros conocidos como Yapamayo (miembro superior), Sapanuta (miembro medio) y Chacaconiza (miembro inferior). Económicamente, los miembros superior y medio –de aproximadamente 40 m a 50 m de espesor juntos– son los de mayor importancia, a causa de que la mineralización de U se deposita generalmente en estos, donde las leyes de mineralización promedian 0.1 % a 0.4% de U (Dalhkamp, 2010). Estas rocas se caracterizan por sus colores claros (blanquecinos) con cambios de facies horizontales y verticales muy bruscos. La presencia de clastos de origen sedimentario es común, con un diámetro de hasta 5 cm, lo que demuestra su carácter explosivo de la estructura volcánica, propia de estos sistemas volcánicos ricos en uranio (Rivera et al., 2011). Las ignimbritas del Mioceno-Plioceno de la Formación Quenamari

de 350 m de espesor descansan de manera disconforme sobre un basamento afectado eventos tectónicos y compuesto por esquistos, pizarras, cuarcitas, calizas, dolomitas y rocas piroclásticas del Carbonífero al Permo-Triásico (Grupo Mitu). Sobreyaciendo a las rocas del Neogeno, se disponen los depósitos cuaternarios fluviales y glaciares que rellenan valles, mientras que los depósitos lacustres y aluviales rellenan las depresiones intraandinas (figura 5.168b) (Dalhkamp, 2010).

A finales del Mioceno, los lineamientos regionales iniciados por la Orogenia andina desplazaron el basamento hacia estructuras tipo horst y graben. Los grabens han sido rellenos por sedimentos lacustres y piroclásticos, incluida la ignimbrita que alberga uranio de la Formación Quenamari, que se emplazó en el Graben Macusani y que forma la Meseta Quenamari de unos 500 km² de superficie (Dalhkamp, 2010).

Alteración y mineralización

Solo hay una alteración mínima de la ignimbrita que alberga uranio. Las rocas son normalmente frescas, excepto por una menor argilización y sericización de la matriz y fenocristales de feldespato, cloritización limitada de biotita y cierta hematización asociada con vetillas de cuarzo y calcita. Sin embargo, localmente las ignimbritas se han alterado a caolinita y cuarzo a lo largo de zonas subverticales fuertemente fracturadas, de 100 m a 300 m de ancho paralelas a las fallas de San Gaban y Corani, que son los principales desplazamientos en el área. La intensidad de la alteración es más fuerte en la base de la secuencia volcánica y también afecta a las rocas paleozoicas subyacentes del Grupo Mitu (Dalhkamp, 2010).

En cuanto a la mineralización, los principales minerales de uranio encontrados fueron la pechblenda y la coffinita, y se asocian con calcopirita, melnicovita, piritita y galena dispersa. La pechblenda se transforma en gran medida en gummita, autunita, meta-autunita y otros minerales de U⁶⁺.

Además de la mineralización principal emplazada en los miembros superiores de la Formación Quenamari, también existe mineralización de menor ley debajo de esta unidad y en sedimentos fluvio-lacustres de 1 a 5 m de espesor entre dos unidades piroclásticas con leyes de 0.02 % - 0.03% U. En ambos casos, solo están presentes minerales U6+, supuestamente de origen redistribuido.

Los minerales rellenan juntas y fracturas subverticales y subhorizontales en forma de vetas de unos pocos centímetros a varios metros (aproximadamente 10 m de largo y hasta 10 cm de ancho). La mineralización diseminada alojada en la toba se extiende desde las vetillas a lo largo de varias decenas de metros hasta la pared de roca (figura 5.168c).

Geoquímica

Según estudios realizados por Rivera et al. (2011), el volcanismo en el campo volcánico de Macusani es de composición riolítica a riolítica alcalina, con moderadas y altas concentraciones de sílice, así como tenores de potasio altos, propio de magmas peraluminosos. Por otro lado, de acuerdo con la clasificación geoquímica de Irving y Barajar (1971), las rocas de este depósito son calcoalcalinas, con alto contenido de K; no obstante, de acuerdo con el diagrama de alcalinidad vs. subalcalinidad de Kuno (1966), estas rocas serían de naturaleza alcalina. Según el aspecto geoquímico-tectónico, estas rocas corresponden a

una fuente magmática granítica del tipo S, es decir, de origen sedimentario, que conforme a Wilson & Akerblom (1982) poseen gran afinidad de albergar depósitos de uranio.

La principal característica geoquímica de estas rocas volcánicas está relacionada a su baja concentración de CaO, y una muy alta concentración de alúmina (Al₂O₃) y sílice (SiO₂), siendo clasificadas como rocas peraluminosas con un índice de saturación de alúmina mayor a 1.0 (Rivera et al., 2011). Todas estas características geoquímicas indican un posible origen anatóxico, siendo la posible fuente de estos magmas una fusión parcial de la corteza continental muy rica en alúmina (sedimentos pelíticos) (Rivera et al., 2011).

Recursos y reservas

De acuerdo a American Lithium (2021), los recursos indicados son: 95.19 Mt con un valor de 248 ppm U3O8, conteniendo 51.9 M lbs U3O8 (23.549 M kg U3O8); y los recursos inferidos son de: 130.02 M con un valor de 251 ppm U3O8, conteniendo 72.1 M lbs U3O8 (32.708 M kg U3O8). Posteriormente, según la presentación de PLU sobre el proyecto Macusani (2021), los recursos medidos e indicados de Li2O son 0.67 Mt @ 0.12 % Li2O; los recursos inferidos son 109 Mt @ 0.12 % Li2O. Mientras que de U3O8, los recursos son de 0.24 Mt @ 248 ppm U3O8; y los recursos inferidos de 72.1 Mt @ 251 ppm U3O8.

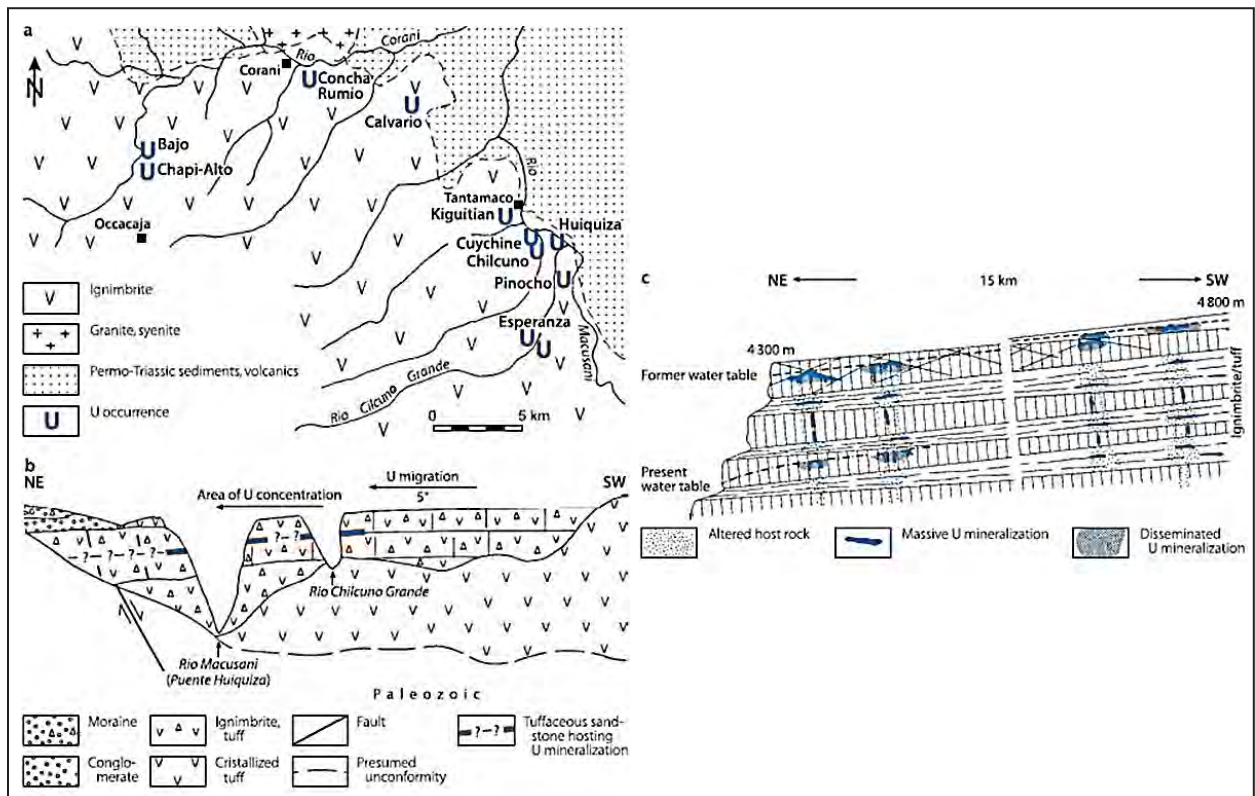


Figura 5.168 a) Ocurrencias uraníferas; b) secuencias litoestratigráficas; y c) mineralización de U del campo volcánico Macusani.

Fuente: Dalhamp (2010)

Fosfatos Bayóvar

Ubicación

Los extensos yacimientos de fosfatos se encuentran ubicados en el distrito y provincia de Sechura, región Piura, en la zona denominada Bayóvar, al sur de la bahía de Sechura, aproximadamente a 1000 km al norte de Lima (Cabezas, 2016).

Geología

Los fosfatos del yacimiento de Bayóvar son depósitos marinos que se diferencian de otros en el mundo, porque están formados por capas intercaladas de fosforitas y diatomita. Los gránulos en la fosforita contienen apatitos carbónicos deficiente de flúor de un tipo no conocido en otros depósitos marinos. Estos depósitos subyacen por una serie de espesores de sedimentos marinos de un rango de edad del eoceno al plioceno y son depositados en una cuenca poco profunda, de 1600 m aproximadamente, direccionada al lado sureste entre los andes y las montañas de

Illescas. Sobreyacen por arena aluvial y arena transportada por el viento (Canales, 2017).

Se exponen unidades ígneas, metamórficas, precámbricas y paleozoicas que conforman el complejo basal de la costa, el cual es un macizo de arquitectura cratónica conformadas por las rocas del basamento cristalino. Las rocas sedimentarias conforman la cuenca Sechura, iniciándose en el terciario con la deposición de las formaciones Verdún y Chira (figura 5.169).

En el Mioceno, la cuenca Sechura adquirió su máxima extensión depositándose las formaciones Montera, Zapallal y Miramar. En el Plioceno, se produce la sedimentación de la Formación Hornillos y durante el Pleistoceno como consecuencia de la surgencia de costas se desarrollan los Tablazos; en el Cuaternario reciente, se acumularon depósitos deltaicos que sufrieron erosión en las superficies anteriormente formadas, tanto por denudación como por la intensa actividad eólica, lo que dio como resultado el rasgo morfológico actual (Canales, 2017).

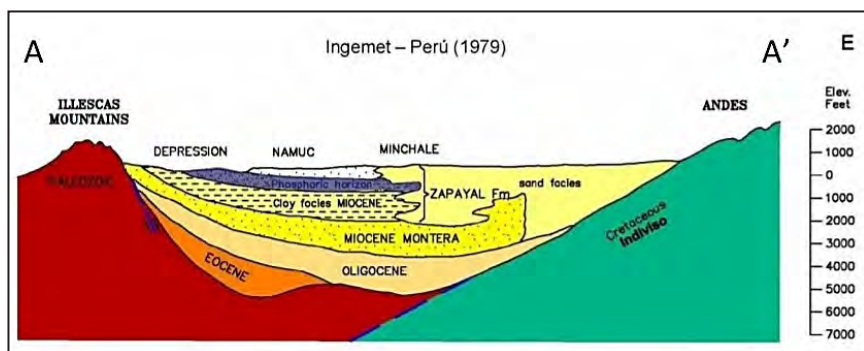


Figura 5.169 Sección geológica de la cuenca Sechura.

Fuente: Ingemet (1979). En Canales (2017)

En la región Sechura-Bayóvar se encuentra la zona morfotectónica costera del noroeste peruano, la misma que se encuentra bien diferenciada por dos unidades morfotectónicas: el macizo de Illescas (al oeste) afectado por una tectónica de basamento, y la cuenca Sechura (al este), por una tectónica de cobertura. La Falla de Illescas constituye el elemento principal que favorece esta división morfotectónica de la zona costera.

Entre las estructuras mayores de fracturas, destacan la Falla Illescas, Falla Tric Trac y fallas del basamento preterciario. La Falla Illescas presentan un salto vertical promedio de 700 m; se sugiere que inicialmente fue una falla de desgarre que separó el basamento en dos bloques: el bloque occidental constituido por el Macizo de Illescas y el bloque oriental que dio lugar a la cuenca Sechura (Canales, 2017).

Mineralización

Los fosfatos básicamente son de origen marino y consisten mayormente de fosforita. La fosforita es un material friable y se desintegra con facilidad en el agua. Las capas de fosforita son generalmente masivas y no muestran ninguna evidencia aparente de estratificación plana. Presenta estratificación cruzada comúnmente en la parte baja de las capas fosfóricas, siendo esta muy variable.

El contacto superior de la capa fosfórica con diatomita es siempre plano y muy marcado, pero la parte baja del contacto con las capas de diatomita es casi siempre irregular y gradacional. La parte superior de las capas de diatomitas contienen packets y stringers de fosfatos, y la parte baja de las capas de fosforita contienen masas irregulares y dispersas de diatomitas.

Las capas de fosforita tienen un alto grado de clasificación y son altamente porosas; sin embargo, mucho de los espacios porosos están rellenos con diatomita y partículas de limo de tamaño. Los gránulos de apatito están mayormente carentes de estructuras (Canales, 2017).

Recursos y reservas

De acuerdo con las cifras del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) (2019) y la empresa Independent Mining Consulting INC (2016), el yacimiento Bayóvar presenta un total de recursos y reservas de 1219 millones de toneladas con una ley promedio de 15.49 % de P_2O_5 y con un potencial contenido de 219 400 toneladas de U_3O_8 .

Fosfatos Mantaro

Este proyecto está ubicado a 250 km de Limay 30 km al oeste de Huancayo en la margen derecha del Valle del Río Mantaro en Junín. Es un depósito de origen sedimentario marino, y sus reservas podrían ser mayores a 2 mil millones de toneladas de mineral (Revista del Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2011).

Geología

La mineralización por fosfatos en esta zona estaría restringida al miembro superior de la Formación Aramachay, sobre todo al horizonte de arenisca de grano medio, de matriz calcárea, de color gris amarillento, poco consolidada, que contiene pellets de francolita ($Ca_5[PO_4][CO_3]$), variedades minerales de fluorapatito, por ser la que registra los valores altos en el contenido de fosfato. Este horizonte de roca fosfórica se presenta a manera de un manto mineralizado y puede alcanzar un espesor de hasta 30 m aproximadamente, dando valores de hasta 20 % de P_2O_5 (Zegarra, 2015).

Recursos y reservas

De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) (2019), el proyecto Manchay conocido como Fosfatos Mantaro presenta un total de recursos de 39.5 millones de toneladas, con una ley del 10 % P_2O_5 y con un potencial contenido de 7100 toneladas de U_3O_8 . De acuerdo a la Cartera de proyectos de Inversión Minera (2023), el proyecto de Ampliación Bayóvar (Compañía Minera Miski Mayo S.R.L.) se encuentra en etapa de factibilidad y su puesta en marcha estaría por definir, cuenta con una inversión CAPEX de US\$ 450 millones.

5.11 DEPÓSITOS TIPO PLACER

Gerardo Trelles y Dina Huanacuni

5.11.1 Generalidades

La explotación de los depósitos tipo placeres es una actividad económica que aprovecha el oro detrítico depositado en

terrazas, placeres, llanuras, cauces de ríos, etc., y que ha sido transportado por agentes erosivos, principalmente aguas de escorrentía. Esa condición geológica permite que los mineros artesanales obtengan con mayor facilidad el material aurífero, usando tecnología rudimentaria y mano de obra poco calificada (Arista, 2018).

Definición de depósitos placeres de oro

El vocablo "placer" es un término que utilizaron los mineros españoles en América para caracterizar los depósitos auríferos acumulados en arenas, gravas y en el lecho vivo de los ríos Villadeval (2005). Slingerland & Smith (1986) definen los placeres como "un depósito de minerales en granos, detríticos o residuales, de valor económico, que han sido concentrados por agentes mecánicos".

En una acepción más amplia, Villadeval (2005) define los depósitos de tipo placer como: "la acumulación económica de minerales de alta resistencia fisicoquímica procedentes de la desmantelación de yacimientos, de zonas preenriquecidas, de desechos antrópicos o de todo el conjunto a la vez, cuyo vector de concentración ha sido la actividad de los agentes de transporte exógenos tales como el agua, el hielo y el viento".

A partir de su definición, Villadeval (2005) considera que para la formación de depósitos económicos de tipo placer, es necesaria la interacción de tres fenómenos:

- Un fenómeno propiamente litosférico como la presencia de un área fuente enriquecida o preenriquecida y susceptible de proporcionar los elementos minerales de interés económico.
- Un fenómeno ambiental de tipo climático, que puede también ser local, susceptible de liberar a partir de minerales de baja resistencia química (hidrólisis y oxidación), minerales de elevada resistencia mecánica.
- Un fenómeno geodinámico-geomorfológico, susceptible de acumular y preservar los elementos minerales liberados.

Asimismo, será necesaria la interacción de otros fenómenos de tipo hidráulico ligados en el espacio y en el tiempo, con los dos últimos, y que serían la causa de la liberación o del desprendimiento de las partículas, y del transporte y la sedimentación de los minerales pesados en las cuencas fluviales, lacustres y marinas.

5.11.2 Clasificación de depósitos Tipo placeres

La clasificación de estos depósitos (figura 5.168a) se da en función los distintos tipos de fenómenos físico – químicos que los producen, los placeres se clasifican en:

Placeres eluviales

Son aquellos que se forman a expensas de una zona enriquecida o preenriquecida en función del clima. En estos, los fenómenos químicos son más predominantes que los físicos (Villadeval, 2005). En vista de que han sido formados a partir de la descomposición de la roca madre in situ, son conocidos también como depósitos residuales (Toscano, 2012). Estos depósitos sobreyacen o se localizan en la proximidad de la roca fuente, y el grado de concentración de los minerales más resistentes está muy condicionado por la topografía y el clima. En proceso de enriquecimiento o concentración en estos depósitos se produce a consecuencia de la disolución de minerales en las aguas meteóricas y del transporte de los minerales ligeros, que son arrastrados por los agentes erosivos, como el agua y/o viento (Toscano, 2012).

Placeres coluviales o diluviales

Son una transición entre depósitos residuales (componente química) y aluviales (componente física) (Villadeval, 2005). Son acumulaciones al pie de la ladera generadas por desplazamiento gravitacional, donde predomina directamente la velocidad de enterramiento de los minerales, ya sean pesados o ligeros, y la velocidad de desplazamiento de las partículas en la pendiente (Toscano, 2012).

Placeres fluviales o aluviales

Son el conjunto de partículas no consolidadas que se compone esencialmente de grava, arena, limo y/o arcilla, depositado y/o que está depositándose principalmente a lo largo de las corrientes fluviales. Según su ubicación, con respecto al curso fluvial principal, se clasifican en: 1) depósitos de terrazas, que son concentraciones clásicas formadas por los ríos y afluentes, durante etapas más antiguas en diferentes periodos de avenida de los ríos, y que están constituidos por arcilla, limo, arena y/o grava, dispuestos horizontalmente; y 2) depósitos fluviales recientes, que son sedimentos depositados periódicamente en el mismo curso de los ríos y que están relacionados con las avenidas en época de lluvias. Las zonas con mayor probabilidad

de acumular metales pesados están relacionadas con los cambios bruscos de energía de la corriente. La regla general que determina la distribución de sedimentos puede enunciarse de la siguiente manera: "el agua erosiona las orillas cóncavas y deposita en las convexas" (figura 5.170b); como efecto principal, los bancos de sedimentos se depositan en las partes convexas del lecho, donde la velocidad de la corriente fluvial es menor, situándose los fragmentos mayores próximos a la corriente, y la grava fina y arena en el lado opuesto. Además, existen otras zonas de depósito de sedimentos, tales como las uniones de cursos fluviales con diferentes velocidades (figura 5.170c), zonas accidentadas del lecho del río (figura 5.170d) o zonas donde se concentra el flujo turbulento y pueden llegar a generar cavidades excavadas en el lecho rocoso de los cauces conocidos como marmitas (figura 5.170e) (Toscano, 2012).

5.11.3 Depósitos tipo placer en el Perú

Es importante destacar que, dentro de todos los tipos de depósitos de placeres, los depósitos aluviales son los más abundantes en el Perú, es por tal motivo que en esta sección se referirá a los placeres como aluviales. Los depósitos aluviales se encuentran ampliamente distribuidos en el territorio nacional, debido a las sencillas condiciones para su formación. Sin embargo, se concentran principalmente en algunas regiones del Perú, como son Madre de Dios, Puno, Huánuco y Cuzco (figuras 5.169 y 5.170), esto de acuerdo con la geología de los Andes que condiciona la geomorfología, el clima, la hidrografía y la metalogenia.

Según información del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) en el 2016, la región con mayor producción de oro aluvial fue Madre de Dios seguida por Puno, Arequipa y Piura.

A causa de la gran cantidad de depósitos aluviales de oro en el Perú, en el presente acápite se ha dividido al territorio nacional en dos sectores (norte y sur); esto con la finalidad de explicar el marco global geológico, hidrográfico y metalogenético, y también para describir y detallar los depósitos aluviales de oro más importantes de cada sector.

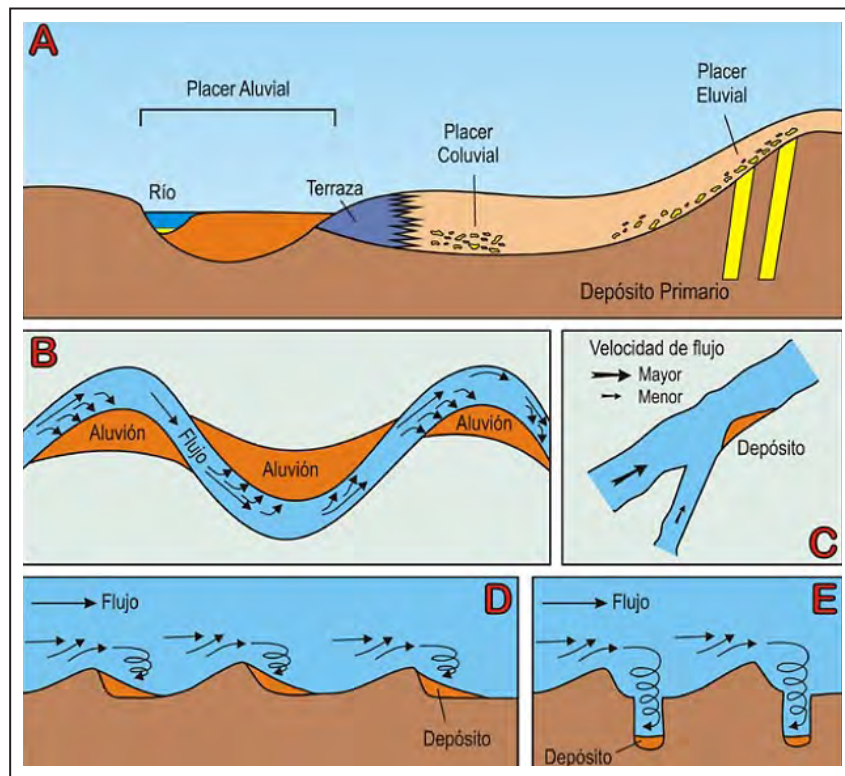


Figura 5.170 A) Sección esquemática de un valle fluvial y las relaciones entre los depósitos de tipo eluvial, coluvial y aluvial. Formación de depósitos aluviales que actúan concentrando minerales pesados; B) las curvas de los ríos (meandros); C) la confluencia de dos ríos con diferentes velocidades; D) las zonas accidentadas del lecho del río; y e) las marmitas (potholes) que se forman en lechos rocosos.

Fuente: Ingemmet (1979). En Canales (2017)

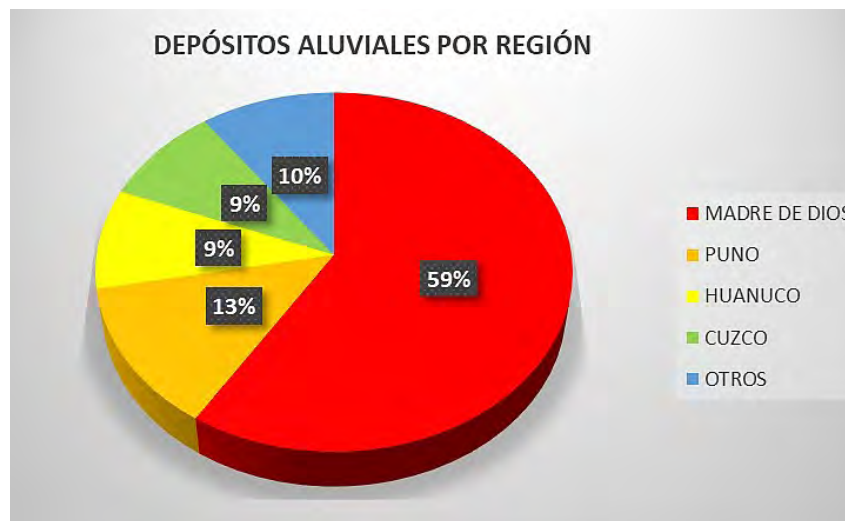


Figura 5.171 Diagrama de depósitos aluviales de oro por región.

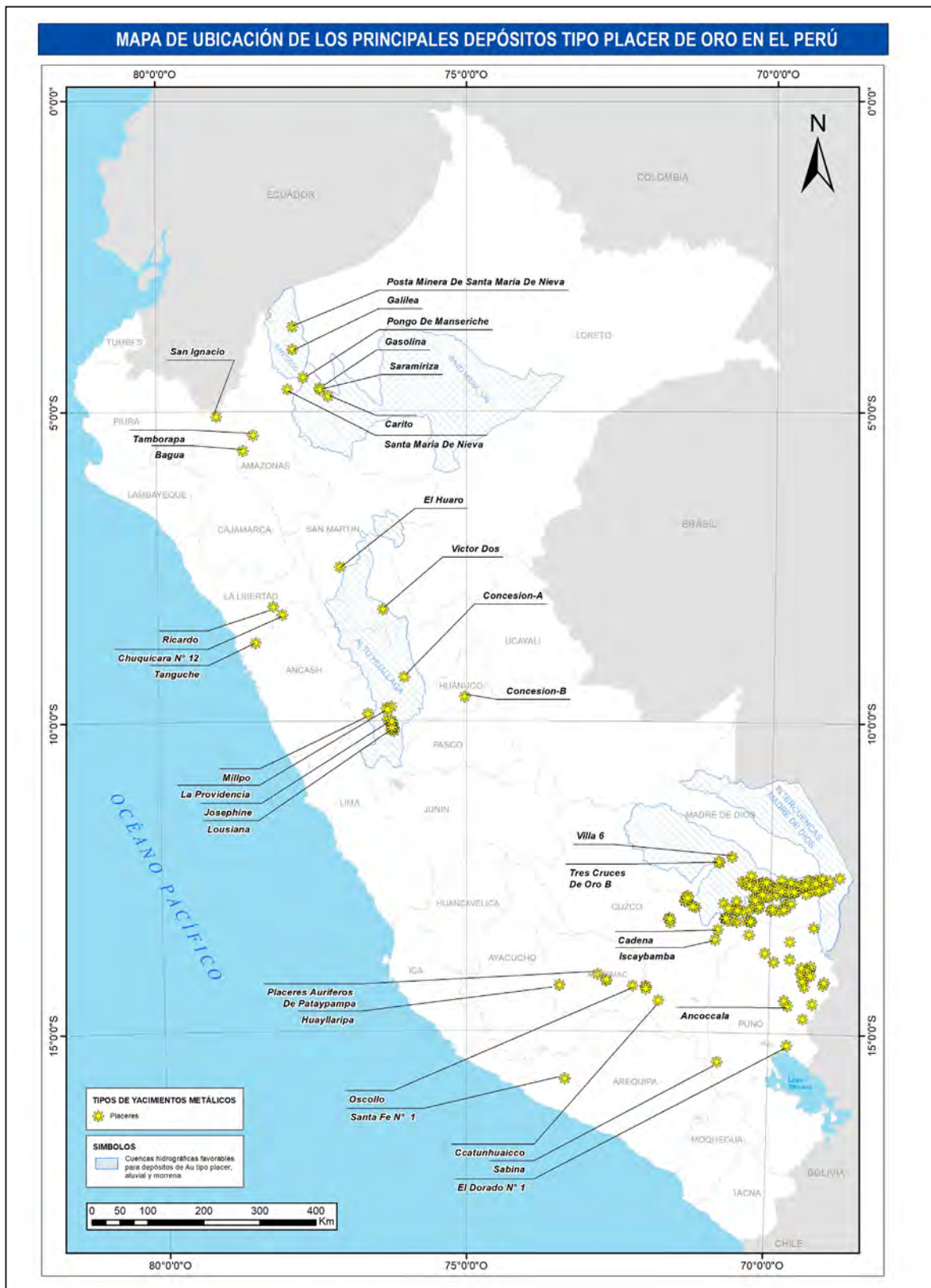


Figura 5.172 Mapa de los principales depósitos aluviales de oro en el Perú (Ingemmet).

5.11.4 Depósitos aluviales de oro – Sector Norte

En este sector, la mayor presencia de depósitos aluviales de oro ha sido reportada en la región Huánuco. Esto se da gracias a la red hidrográfica del río Huallaga; esta es una corriente de orientación norte-nororeste y de vertiente atlántica, la cual en su recorrido erosiona secuencias metamórficas del Complejo

Marañón y el Grupo Ambo, así como también secuencias clásticas y carbonatadas de los Grupos Mitu, Goyllarisquizga y Pucará, respectivamente, donde se encuentran alojados depósitos minerales del tipo Skarn de Cu-Ag (Rondoni), de Cu-Au (Atacocha, El Porvenir); además de yacimientos polimetálicos (Vinchos y Ayawilca) y epitermales indiferenciados de Au (Marcocochoa) (figura 5.173).

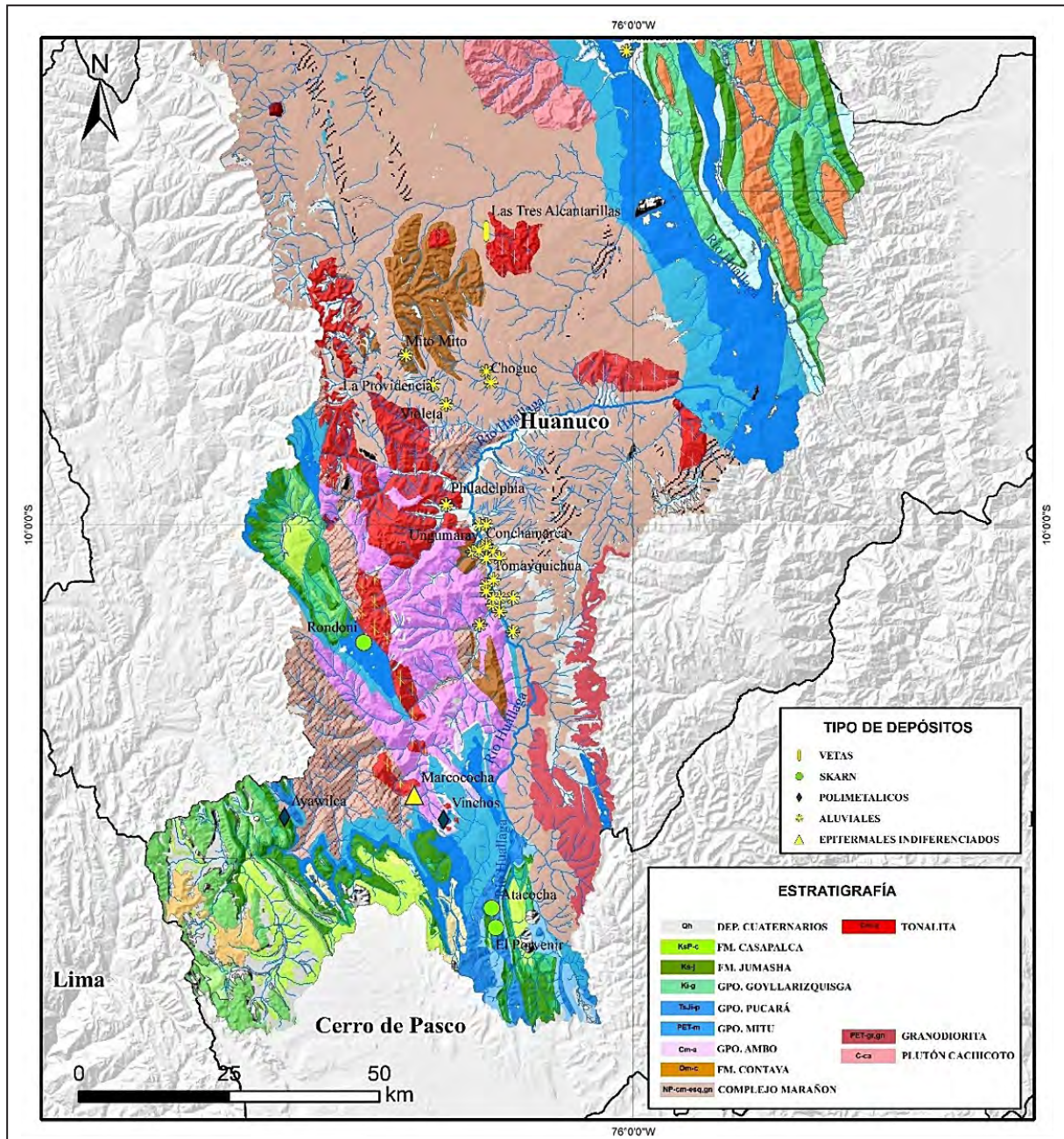


Figura 5.173 Mapa geológico de la cuenca hidrográfica Huallaga.

Paz et al. (2006) asumen como origen de la mineralización los enjambres de vetillas de cuarzo blanco de poco espesor con contenido de oro, emplazadas en esquistos cristalinos del Precámbrico que muestran leyes hasta de 50 g/t de Au.

Tal parece que las aguas del río Huallaga desgastaron estas rocas y transportaron los detritos desprendidos a una distancia de 50 km, aproximadamente, donde fueron depositados. Según se observa en el perfil topográfico del río Huallaga (figura 5.174), esto ocurre a causa del cambio brusco en la pendiente del curso fluvial (caída de energía potencial), donde es notable que el

terreno se vuelve ligeramente plano. Los depósitos aluviales de oro están ubicados en el tramo Ambo-Huánuco, en ambas márgenes del río Huallaga, en las localidades de Cayhuayna, Conchamarca, Quicacan, Ungumaray, Tomayquichua y Ayancocha (Paz et al., 2006).

Es importante mencionar que, en el sector norte, existen otras regiones con depósitos aluviales de oro, como son Amazonas, Áncash y La Libertad. Sin embargo, hay muy poca cantidad de depósitos de este tipo; por lo tanto, no se ha visto conveniente describirlos en este capítulo.

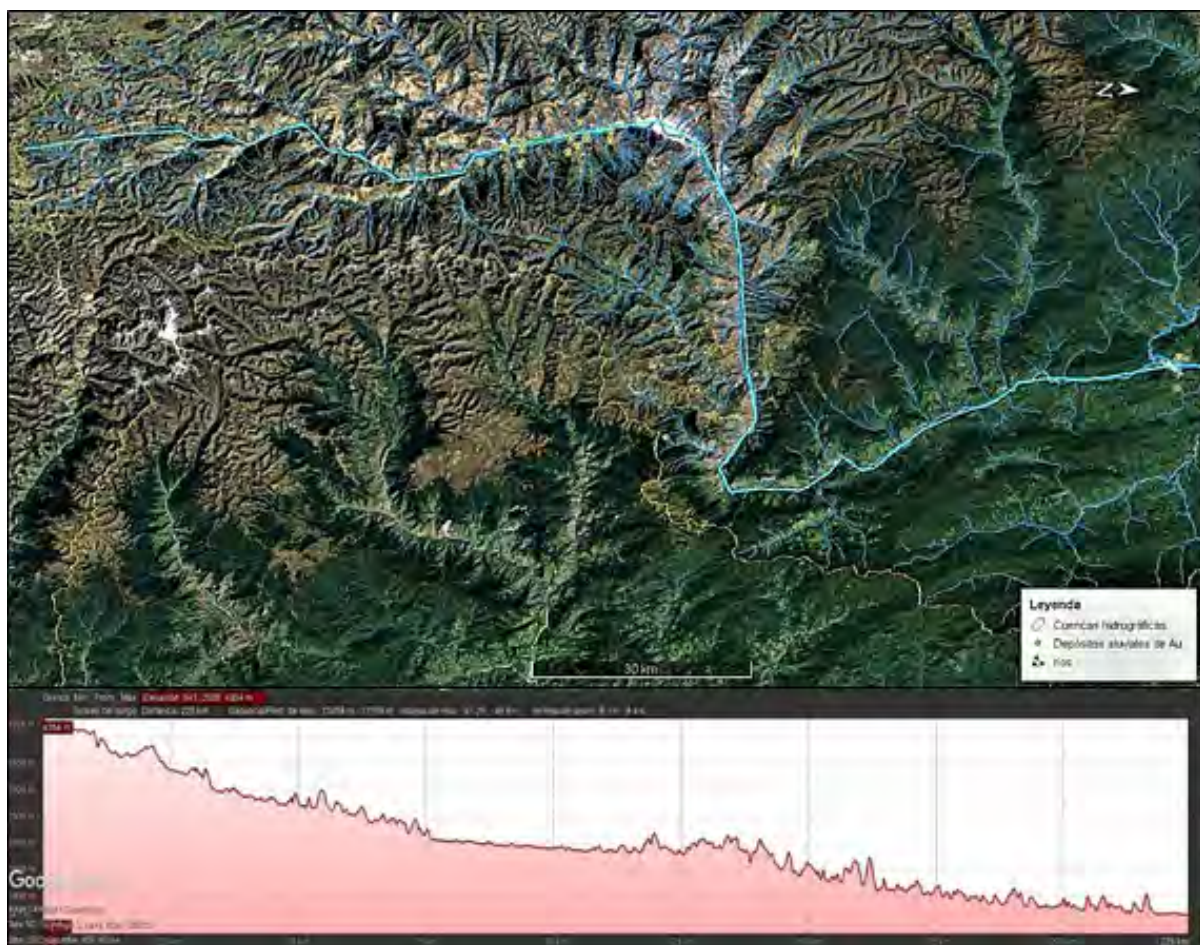


Figura 5.174 Imagen satelital y perfil topográfico de la cuenca del río Huallaga.

Según lo mencionado anteriormente, los depósitos aluviales de Au en este sector se concentran en un área restringida de la región Huánuco, que abarca las provincias de Ambo, Huánuco y Pachitea. Por lo tanto, comparten el mismo contexto geológico, cuyas unidades litoestratigráficas principales serán descritas a continuación:

En este sector, el Neoproterozoico está representado por el Complejo del Marañón cuyos afloramientos están distribuidos ampliamente en la región de Huánuco, a ambas márgenes del río Huallaga, constituidos por esquistos micáceos de color gris verdoso, con abundantes vetas de cuarzo lechoso, y sectores con gneis bandeados, con cristales de cuarzo, feldespatos

y micas de texturas bandeadas (Arcos & Calderón, 2017). Estructuralmente, está controlado por fallas regionales de orientación andina (NO-SE).

El Paleozoico está bien expuesto en ambas márgenes del río Huallaga, en donde afloramientos de esquistos micáceos y cuarcitas del Ordovícico pertenecientes al Grupo Contaya, calcarenitas del Pérmico (Grupo Tarma-Copacabana), areniscas rojas con niveles de conglomerados del Pérmico superior del Grupo Mitu, areniscas del Carbonífero (Grupo Ambo) son expuestos a lo largo del recorrido de este río (Arcos & Calderón, 2017).

El Complejo del Marañón se configuró como un alto estructural. A causa de esto, las secuencias mesozoicas carbonatadas y clásticas como los grupos Pucará y Goyllarisquiza, y las Formaciones Chulec-Pariatambo, Jumasha, Celendín y Casapalca se depositaron en ambas márgenes del río, lo que dio como resultado dos cuencas: una occidental y otra oriental (De la Cruz, 1995).

El Cenozoico está bien expuesto en este sector y está representado por las secuencias volcánicas andesíticas del Grupo Calipuy y volcánicos riolíticos de las formaciones Rumillona, Pacococha y Huallay. Por otro lado, se tiene a los depósitos morrénicos y glaciofluviales, observados en las partes altas de la Cordillera Occidental (Cobbing et al., 1996).

Estas secuencias metamórficas, sedimentarias y volcánicas han sido intruidas por diversos pulsos magmáticos de tipo plutónico y subvolcánico. El macizo plutónico está representado por el Batolito de Huánuco de composición tonalítica/granodiorítica a diorítica de edad estimada Cretáceo-Neógeno, y el macizo de San Rafael de composición granítico/monzogranítico de edad probable Paleozoico superior. En áreas elevadas de la Cordillera Occidental y cercanías de Cerro de Pasco se observan grupos de intrusivos menores de características subvolcánicas relacionados a yacimientos hidrotermales que se distribuyen irregularmente a lo largo de la Cordillera Occidental y Oriental, denominados como stocks de alto nivel (Cobbing & Sánchez, 1996).

Cuadro 5.7

Principales depósitos aluviales de oro del sector norte

ID	Nombre	Tipo	Este	Norte	Datum	Zona
1	Chuquicara 12	Mina	171692	9083517	84	18
2	Placeres Auríferos De Pataypampa	Prospecto	734308	8442346	84	18
3	Ricardo	Mina	816283	9097996	84	17
4	Madre De Dios	Ocurrencia	241252	8581534	84	19
6	Concesion-A	Prospecto	389071	8972928	84	18
7	Dirigible	Mina	364108	8889909	84	18
8	Gasolina	Prospecto	237055	9488902	84	18
9	Isabel Cecilia	Mina	367429	8881074	84	18
10	Lousiana	Mina	370712	8882192	84	18
11	Pongo De Manseriche	Prospecto	208121	9507611	84	18
12	Santa Fe 1	Mina	675686	8255822	84	18
13	Tres Cruces De Oro A	Mina	299862	8644013	84	19
14	Valdirrosa	Mina	366296	8891023	84	18
15	Villa 6	Ocurrencia	321561	8654110	84	19
16	Voy	Mina	366321	8884387	84	18
17	Pataypampa Placer	Ocurrencia	749747	8430574	84	18
18	Augusto	Mina	366191	8919775	84	18
19	Concesion-B	Prospecto	496708	8937707	84	18
20	Josephine	Mina	365188	8894336	84	18
21	La Providencia	Mina	357424	8917531	84	18
22	Posta Minera De Santa Maria De Nieva	Prospecto	188927	9598289	84	18

Continuación...

ID	Nombre	Tipo	Este	Norte	Datum	Zona
23	Ro Alia	Mina	370732	8876662	84	18
24	Hortencia Lidia	Mina	368529	8879972	84	18
25	Sabina	Proyecto	302671	8288552	84	19
27	Sabaluyocli	Mina	258346	8563218	84	19
28	Ancoccala	Mina	425665	8391333	84	19
29	Carito	Prospecto	252641	9474571	84	18
30	Huayllaripa	Mina	666135	8422969	84	18
31	Carbón	Ocurrencia	245021	8573738	84	19
32	Mapacho	Ocurrencia	210950	8541635	84	19
33	Quebrada Paulirama	Proyecto	750139	8432580	84	18
34	Rio Jarjanto	Ocurrencia	819601	8420941	84	18
35	El Dorado 1	Mina	425884	8320542	84	19
36	Galilea	Prospecto	189061	9557342	84	18
37	Millpo	Prospecto	324562	8907435	84	18
38	Oscollo	Mina	796739	8421764	84	18
39	Pedro 2	Mina	367396	8889321	84	18
40	Philadelphia	Mina	359694	8897633	84	18
41	Trapiche 3	Mina	453720	8368175	84	19
42	New York	Mina	368496	8888819	84	18
43	Ccatunhuaicco	Ocurrencia	196097	8395960	84	19
44	Yunguyo	Ocurrencia	243670	8583005	84	19
45	Bagua	Prospecto	765857	9377149	84	17
46	Cuba	Mina	368521	8882184	84	18
47	8 Canal	Mina	366304	8888811	84	18
48	Santa Maria De Nieva	Prospecto	180438	9486479	84	18
49	Tres Cruces De Oro B	Mina	297678	8645105	84	19
50	Violeta	Mina	359630	8914221	84	18
51	Colquemavo	Ocurrencia	211960	8543186	84	19
53	Rio Collota	Ocurrencia	820748	8420085	84	18
54	Rio Unupulla	Ocurrencia	820012	8416114	84	18
55	Sabaluyoc I	Mina	253612	8564922	84	19
56	Sabina	Mina	419354	9400191	84	19
57	Salvación	Ocurrencia	244124	8579523	84	19
58	San Ignacio	Prospecto	718399	9438160	84	17
59	Tamborapa	Prospecto	783711	9404736	84	17
60	Victor Dos	Prospecto	273783	9169343	84	18
61	Don Juan	Mina	365250	8877748	84	18
62	Mapache (Tocohuaylla)	Ocurrencia	213946	8535256	84	19
63	Chuquicara	Prospecto	783877	9034027	84	17
64	Consuelo	Mina	366284	8894340	84	18

Continuación...

ID	Nombre	Tipo	Este	Norte	Datum	Zona
65	Panama	Mina	367425	8882180	84	18
66	Saramiriza	Prospecto	238176	9485587	84	18
67	Suches	Mina	469832	8394745	84	19
68	Washington	Mina	366325	8883282	84	18
83	Quebrada Pilco	Ocurrencia	212887	8541686	84	19
69	San Antonio De Poto	Mina	442797	8377605	84	19
70	Río Ocoña	Prospecto	699113	8239027	84	18
71	Chuquirá N 12	Prospecto	171932	9084072	84	18
72	Calavera	Prospecto	170319	9088700	84	18
73	Tablachaca	Ocurrencia	827534	9084369	84	17
74	Ananea	Mina	451039	8377939	84	19

5.11.5 Depósitos aluviales de oro – Sector Sur

Los ríos de vertiente atlántica: Bajo Madre de Dios, Tambopata, Medio Madre de Dios, Inambari y Alto Madre de Dios, que tienen su recorrido en las regiones de Cuzco, Puno y Madre de Dios, principalmente, nacen en los picos de la Cordillera Oriental y han erosionado por miles de años las secuencias estratigráficas y cuerpos ígneos de la misma. En este cinturón morfoestructural, se alojan gran cantidad de depósitos orogénicos de Au. Estos son la fuente principal de aporte del mineral aurífero para la formación de los depósitos aluviales de oro ubicados en la Zona Subandina y la llanura amazónica de las regiones mencionadas líneas arriba (figura 5.175).

La aparente facilidad de “desprender” oro de los depósitos orogénicos se debe al estilo de mineralización y al tipo de mineralización que ocurre en estos depósitos. El estilo de mineralización es de tipo vetoide y/o mantoide, debido a un régimen estructural frágil-dúctil (Groves et al., 1997), lo cual parece generar en afloramientos superficiales un alto grado erosivo. Por otro lado, el tipo de mineralización de estos depósitos es oro relacionado a óxidos de hierro y cuarzo; en este sentido el oro se encuentra libre, es decir, no forma parte de la estructura cristalina de ningún mineral, en oposición a otros depósitos donde el oro se encuentra formando parte de complejos aniónicos (epitermales de alta y baja sulfuración).

La llanura amazónica del Sur del Perú es una cuenca geológica sedimentaria, está ubicada en una depresión tectónica entre el escudo brasileño y los contrafuertes andinos. Las rocas expuestas en este sector son fundamentalmente areniscas, cuarcitas, calizas, esquistos, limos, arcillas y conglomerados, cuyas edades oscilan entre el Paleozoico inferior y el Cuaternario reciente (Pastor, 1991).

El oro se halla en los lechos actuales, playas fluviales, llanuras aluviales, paleocanales, lagos, donde se ha depositado junto a secuencias compuestas por limos, arcillas, arenas y gravas, cuyos espesores alcanzan hasta los 5 metros. La ley estimada del depósito es de 0.25 g/T, llegando a tener concentraciones anómalas de decenas en los llamados “rápidas”; su pureza es de 0.96 g/T (Pastor, 1991).

Cálculos referenciales realizados en este sector muestran una reserva potencial del orden de los 47 millones de onzas de oro. El oro encontrado muestra morfología de charpas, laminado, en polvo, pudiendo ser además angular, esférico. Existe una relación directa entre el tamaño de la partícula y el grosor (Pastor, 1991).

De lo expuesto, se puede deducir que en este sector existen las condiciones propicias para la formación de depósitos aluviales de oro de tonelajes considerables.

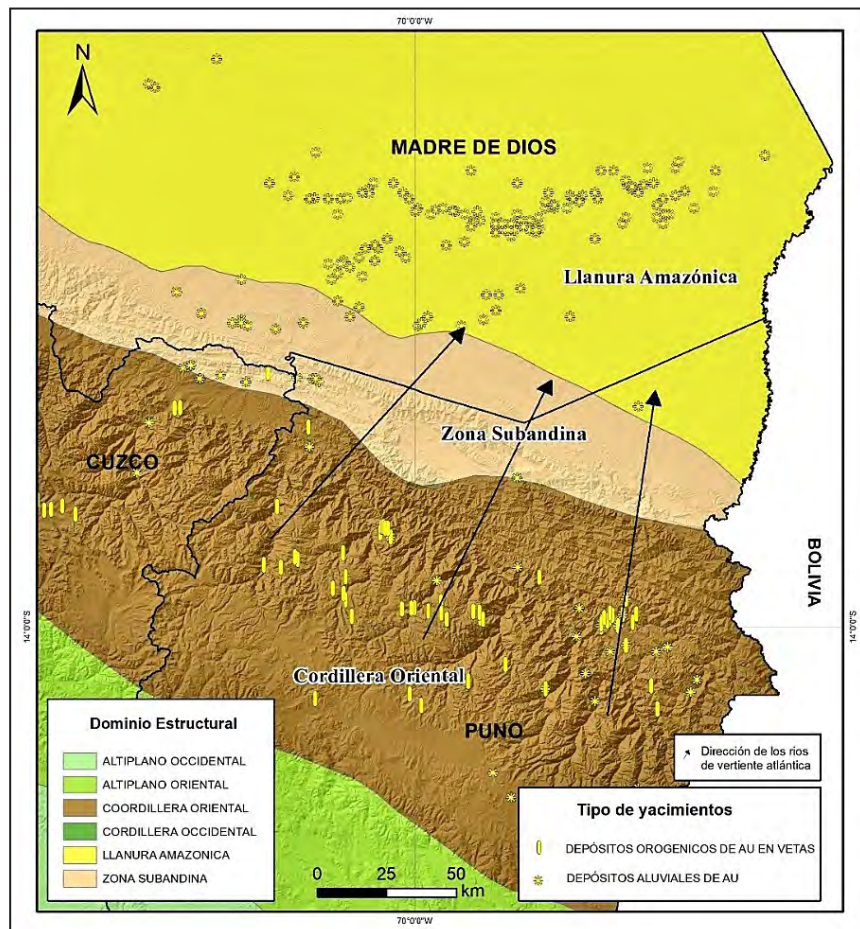


Figura 5.175 Mapa de los depósitos aluviales de oro en sur el Perú, mostrando el aporte de los depósitos orgénicos por la erosión fluvial.

A continuación, se enumeran los depósitos aluviales más importantes del sector sur (cuadro 5.7); se detalla su ubicación. Hay que tener en cuenta que la gran mayoría de esos depósitos –debido a su menor contenido económico en comparación con otros depósitos de mayor tonelaje– son explotados principalmente por la pequeña minería y mineros artesanales;

por este motivo, la información de cada depósito es limitada. Sin embargo, estudios realizados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - Ingemmet en los años 2017, 2019 y 2020, brindan información de algunos depósitos aluviales de oro en las regiones de Ayacucho, Huánuco, Cuzco, Áncash y Madre de Dios, respectivamente.

Cuadro 5.8
Principales depósitos aluviales de oro del sector sur

ID	Unidad	Tipo	Este	Norte	Datum	Zona
1	Acuario	Mina	407833	8559393	84	19
2	Flor De Jesus	Mina	454691	8425690	84	19
3	Pase 28	Mina	340305	8609970	84	19
4	Buenos Amigos Cuatro	Mina	458960	8454453	84	19
5	El Rebelde	Mina	460057	8443395	84	19
6	Los Dorados	Mina	399500	8468668	84	19
7	Pase 25	Mina	408787	8599211	84	19
8	Pase 27	Mina	346848	8605581	84	19
9	Pase 29	Mina	348986	8612229	84	19
10	Serpiente De Oro	Mina	488132	8429046	84	19
11	Ten Paciencia	Mina	425097	8591517	84	19
12	Tres Cruces De Oro A	Mina	299862	8644013	84	19
13	Alicia H	Mina	433774	8594856	84	19
14	Cecy 1	Mina	476109	8602665	84	19
15	Pase 18	Mina	365321	8604568	84	19
16	Pase 19	Mina	389219	8604671	84	19
17	Pashaquillar	Mina	352519	8560258	84	19
18	Playa Rolin Uno	Mina	482623	8605987	84	19
19	Rosita IV	Mina	440274	8601506	84	19
20	Santa Josefina	Mina	464357	8456673	84	19
21	Urcos Uno A	Mina	480455	8599351	84	19
22	Urcos Uno B	Mina	479369	8599350	84	19
23	Ancoccala	Mina	425665	8391333	84	19
24	Estrella Del Sur	Mina	451435	8435638	84	19
25	Juan Carlos	Mina	416475	8570480	84	19
26	Pase 17	Mina	372915	8606815	84	19
27	Pase 24	Mina	405526	8600306	84	19
28	Playa Buena Esperanza	Mina	483702	8618152	84	19
29	Playa Felicidad	Mina	420814	8570492	84	19
30	Siempre Solitario	Mina	419666	8592608	84	19
31	Urcos Uno	Mina	489141	8601567	84	19
32	Urcos Uno C	Mina	478286	8596031	84	19
33	Los Reveldes	Mina	444618	8601515	84	19
34	Pase 21	Mina	360976	8604547	84	19
35	Pase 26	Mina	354459	8604515	84	19
36	Pase 30	Mina	412052	8597009	84	19
37	Rosita	Mina	439186	8602610	84	19

Continuación...

ID	Unidad	Tipo	Este	Norte	Datum	Zona
38	San Rafael 2	Mina	465429	8462204	84	19
39	Trapiche 3	Mina	453720	8368175	84	19
40	Rivera Alta	Mina	419650	8598138	84	19
41	Caymanchayoc	Mina	364411	8568062	84	19
42	Chavinsa #4	Mina	342770	8557992	84	19
43	Concepcion 1	Mina	457878	8455557	84	19
44	Don Roberto J	Mina	476113	8598241	84	19
45	Pase 20	Mina	391408	8600255	84	19
46	Pase 22	Mina	396842	8599170	84	19
47	Pase 23	Mina	401178	8601397	84	19
48	Providencia	Mina	456803	8452237	84	19
49	Tres Cruces De Oro B	Mina	297678	8645105	84	19
50	Vulcania	Mina	456802	8453343	84	19
51	Pase 5	Mina	421828	8595932	84	19
52	Antonieta	Mina	457877	8455556	84	19
53	Sabina	Mina	419354	8400191	84	19
54	Cesar Uno	Mina	395892	8562668	84	19
55	Lucky Strike	Mina	448171	8448903	84	19
56	Pibe Tres	Mina	427220	8610323	84	19
57	San Antonio	Mina	383219	8484085	84	19
58	Buen Suceso	Mina	490288	8433471	84	19
59	Delfi Marina	Mina	465452	8445615	84	19
60	Japon	Mina	356548	8621117	84	19
61	Koricancha 1	Mina	449231	8458859	84	19
62	Playas San Francisco	Mina	496741	8614839	84	19
63	Roberto 1	Mina	316703	8563362	84	19
64	Rosa Aurora	Mina	383765	8610179	84	19
65	Suches	Mina	469832	8394745	84	19
66	San Antonio De Poto	Mina	442797	8377605	84	19
67	Mima	Proyecto	445779	8562811	84	19
68	Santiagopata	Mina	480000	8445100	84	19
69	Ananea	Mina	451039	8377939	84	19

CAPÍTULO VI

DESARROLLO DE LA MINERÍA EN EL PERÚ

Carlos Bustamante

6.1 PANORAMA ECONÓMICO-MINERO 1980-1990

6.1.1 Contexto panorámico previo a la privatización

Situación de la economía en los años setenta

El inicio de la década de los años 80 muestra una economía mundial en donde existía la expectativa de encontrar soluciones a la crisis económica que registraban los países industrializados como consecuencia del agotamiento de las políticas económicas aplicadas durante la postguerra. Los países habían puesto en marcha políticas fiscales para la ejecución de proyectos, infraestructura y bienestar general de la población.

Ese modelo entró en crisis en los años 70 y se evidenció en un conjunto de medidas que se tomaron en esa época, iniciándose con la decisión de Estados Unidos de abandonar el patrón oro-dólar; esto significó el término del sistema que establecía que una onza de oro equivalía a 35 dólares, de manera que los dólares ya no iban a estar respaldados por oro depositados en el Banco Central de Reserva de EE. UU., más conocida como Reserva Federal.

La medida dio paso a un periodo de inestabilidad de las monedas de los principales países industrializados, aunque también les proporcionaba facilidades para la emisión de dinero con el fin de financiar los considerables gastos fiscales. Esto derivó en procesos inflacionarios y la consecuente pérdida del poder adquisitivo de la población.

En general, el crecimiento de los países industrializados, que eran los que demandaban la producción minera peruana, había descendido y ya no registraban las altas tasas de la década anterior. Eso incluía a Japón, que había registrado una expansión anual promedio superior a 10 %, o los países europeos líderes (República Federal Alemana, Francia, Inglaterra e Italia).

Los aumentos del precio del petróleo en 1973 y en 1979 incidieron en procesos inflacionarios y en variaciones de las cotizaciones de los minerales. En el debate de las políticas económicas a aplicar para retornar a un contexto de estabilidad en Europa (Inglaterra con Margaret Thatcher) y en EE. UU.

comenzó a ganar predominancia, las políticas de liberalización de los mercados y de una menor presencia del Estado.

La esencia del denominado "modelo neoliberal" era aplicar un conjunto de medidas monetarias y fiscales orientadas a controlar la emisión monetaria por parte de los bancos centrales y una reducción de los gastos fiscales. Esto iba acompañado de una reducción de los aranceles que los países subieron en la década de los años 70, como una reacción proteccionista orientada a proteger a sus industrias, pero que también generaban una pérdida de competitividad.

El Fondo Monetario Internacional afirmaba que en la situación económica mundial entre 1979 y mediados de 1980 había tres asuntos de preocupación: las altas tasas de inflación, el descenso de la producción en las economías industrializadas que amenazaban la expansión del comercio y el riesgo de llevar a otra recesión internacional, y las dificultades de los países importadores de petróleo para sostener los grandes déficits en la cuenta corriente.

El entorno internacional de inicios de los años 80 implicaba que la tarea de los gobiernos en esa década se orientaría a aplicar políticas económicas encaminadas a alcanzar un marco de estabilidad macroeconómica, aun cuando ello iba implicar alcanzar menores tasas de crecimiento de las economías con el consiguiente efecto en la demanda de materias primas. Un aspecto importante en esa época fue que los dos países más poblados del mundo: China e India no jugaban un rol preponderante en la economía mundial. Tras la definición del grupo que iba a dirigir el gigante asiático en la era post Mao Zedong, China comenzaba a sentar las bases del extraordinario crecimiento económico que llevaría a este país a ser el actor central de la economía industrial en el mundo, en el siglo XXI. Al estar al margen de los organismos internacionales que establecen los marcos generales del desarrollo del sistema financiero, económico y del comercio internacional, no existían estadísticas oficiales del avance de China en materia económica e industrial. Mientras tanto la India, con un esquema muy intervencionista del Estado en su economía, tampoco era un actor relevante en las relaciones comerciales del mundo.

Tabla 6.1
Países industrializados: Producción y precios, 1963-1979 (Var %)

	Promedio	Cambio (%) con respecto al año anterior						
	1963-72 (1)	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
PNB Real								
Canadá	5.5	7.6	3.6	1.2	5.5	2.2	3.4	2.7
Estados Unidos	3.9	5.5	-1.4	-1.3	5.9	5.3	4.4	2.3
Japón	10.5	10	-0.6	1.5	6.5	5.4	6	6
Francia (2)	5.5	5.4	2.8	0.3	4.6	3	3.6	3.3
Rep.Fed. de Alemania	4.5	4.9	0.4	-1.8	5.3	2.6	3.5	4.4
Italia (2)	4.8	6.9	4.2	-3.5	5.9	1.9	2.6	5
Reino Unido (2)	2.9	7.8	-1.2	-0.7	3.7	1	3.5	0.9
Otros países (3)	4.9	5.5	3.5	-0.3	3.6	1.6	2.2	2.8
Países industriales	4.7	6.2	0.3	-0.6	5.3	3.8	4	3.4
Siete principales países	4.7	6.3	-0.2	-0.7	5.6	4.2	4.3	3.5
Países europeos	4.5	5.7	1.9	-1.1	4.4	2.3	3	3.4
PNB deflator								
Canadá	3.6	9.2	15.2	10.8	9.5	7	6.3	10.3
Estados Unidos	3.6	5.7	9.4	9.6	5.2	6	7.3	8.9
Japón	4.9	10.8	20	8.6	5.7	5.5	4.1	2
Francia (4)	4.8	7.7	11.2	13.1	9.7	9.1	9.7	9.6
Rep. Fed de Alemania	4.1	6	6.8	6.7	3.2	3.8	3.9	3.9
Italia (4)	5	11.7	18.3	17.4	18	18.9	14.1	15.1
Reino Unido (4)	5.1	6.7	14.9	27.2	14.3	13.8	10.6	14.4
Otros países (3)	5.6	9.5	12.4	13.1	10.6	10.1	9.1	8
Países industriales	4.3	7.4	12.1	11.3	7.6	7.6	7.4	7.7
Siete principales países	4.1	7.1	12	11	7	7.1	7.1	7.7
Países europeos	5	8	11.6	13.6	9.7	9.7	8.6	8.7

(1) Tasas de cambio anual compuestas

(2) PBI a precios de mercado

(3) Incluye Australia, Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Islandia, Irlanda, Luxemburgo, Holanda, Nueva Zelanda, Noruega, España, Suecia y Suiza.

(4) Deflator del PNB

Fuente: Fondo Monetario Internacional

Una situación diferente ocurría con Japón y Alemania Occidental (o República Federal Alemana) que aprovechaban la disponibilidad de una moderna capacidad instalada construida en la postguerra y que en la década de los 80 continuarían registrando tasas de crecimiento por encima del resto de países industrializados.

La incertidumbre generada por la inestabilidad económica y financiera (alentada por las fluctuaciones de monedas y las tasas de interés) motivó la búsqueda de activos de refugio y la

especulación. El caso más famoso de la época fue la progresiva acumulación de inventarios de plata por parte de los hermanos Hunt (William, Lamar y Bunker); que adquirieron importantes volúmenes de plata desde 1973, cuando la cotización de ese metal era de US\$1.95 /onza y continuaron haciéndolo hasta enero de 1980, cuando la cotización había aumentado a US\$50/onza. La caída brusca de la cotización de la plata por medidas adoptadas por el gobierno estadounidense llevó a la quiebra a estos empresarios vinculados al negocio petrolero.

6.1.2 Economía peruana y contexto internacional en los años ochenta

Las dimensiones de la economía peruana a inicios de los años 80 distan mucho de los niveles que habitualmente observamos en el siglo XXI. El producto bruto interno (PBI) a precios corrientes sumaba US\$14 428 millones y equivalía 2.6 veces el PBI de 1970 (US\$5 544 millones). Sin embargo, el significativo aumento del tamaño de la economía no se debía a una extraordinaria expansión registrada en la década de los 70, sino fundamentalmente al proceso inflacionario registrado en el segundo lustro de dicha década.

En el frente externo, la falta de dinamismo de la economía mundial en la década de los ochenta se reflejó en los niveles

de expansión de la economía internacional que fluctuaron en 0.7 % (1982) y 4.1 % (1988). El inicio de la década no fue muy auspicioso en razón que el principal socio comercial del Perú, Estados Unidos, registraba bajos niveles de expansión e incluso una caída de 0.3 % en 1982, como consecuencia de los ajustes derivados de la política económica liberal aplicada por el presidente Ronald Reagan.

La inestabilidad en los mercados cambiarios y sobre todo financieros en donde las altas tasas de interés reflejaban los niveles inflacionarios prevalecientes generaron la denominada "crisis de la deuda latinoamericana", que estalló en 1982, cuando México declaró la moratoria de su deuda externa ante la imposibilidad de honrarla.

Tabla 6.2
Producción mundial 1981-1990 (Var %)

	Promedio										
	1971-80	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Mundo	3.9	1.8	0.7	2.8	4.5	3.4	3.2	3.2	4.1	3.3	3.2
Países industriales	3.2	1.5	-0.3	2.8	4.9	3.4	2.6	3.4	4.1	3.3	2.9
Estados Unidos	2.8	1.9	-2.5	3.6	6.8	3.4	2.8	3.4	3.9	3.1	2.5
Japón	4.8	3.7	3.1	3.2	5.1	4.9	2.5	4.5	5.7	4.5	4.4
Rep. Fed. de Alemania	2.7	-	-1	1.9	3.3	1.9	2.3	1.8	3.4	2.4	2.9
Otros países industriales	3.2	0.7	0.7	2.1	3.1	3.1	2.5	3.2	3.6	2.9	2.6
Países en desarrollo	5.5	1.9	2.2	2.2	4.1	3.6	4.2	3.3	4.3	3.3	4.2
Por región											
África	3.8	1.9	2.5	-0.9	0.5	3.5	2.2	1.2	1.7	2.3	3.3
Asia	5.3	5.9	5.4	7.8	8.2	6.7	6.6	7.2	9	6.4	6.2
Europa	5	-0.1	1.4	2.5	4.1	2.3	4.2	2.4	2.5	2.3	3
Medio este	7.2	-1.3	1.3	1.7	0.1	-1.4	0.9	-1.6	3.9	2.3	2.8
Hemisferio Occidental	5.9	0.3	-0.8	-2.7	3.7	3.6	4.1	2.6	0.9	0.8	3.2
Por criterio analítico											
Exportadores petróleo	6.6	1.1	0.7	-0.5	0.7	0.9	0.6	-0.3	2.2	2.3	2.9
No exportadores de petróleo	5	2.3	2.9	3.5	5.8	4.8	5.8	4.8	5.2	3.7	4.7
Prestatarios de mercado	5.9	1.7	0.9	-0.4	4	2.9	4.1	3.3	2.8	2.6	3.8
Prestatarios oficiales	3.7	-0.3	1.6	3.1	3.8	3.8	4.5	2.8	4.4	4	4.4
Países con recientes dificultades en el servicio de la deuda	5.2	-0.6	0.7	-1.5	2.7	3.3	3.7	2.2	1.9	1.4	3.2
Países sin dificultades en el servicio de la deuda	5.1	5.1	4.7	6.4	7.1	6.1	5.7	6.1	7.6	5.4	5.4
Otros países	5	2.8	2.9	3.6	3.1	3.4	4.1	2.5	3.8	3.3	3.3

Fuente: Reporte Anual (1990), Fondo Monetario Internacional

El Perú no fue la excepción a esta crisis que se reflejó en las dificultades para obtener nuevo financiamiento de los bancos privados de EE. UU. y Europa. La ausencia de ahorros internos en los países latinoamericanos y los desequilibrios macroeconómicos llevó a que los bancos exigieran a los países el visto bueno del FMI para renegociar las deudas. Se trataba de una labor compleja para los tecnócratas del FMI que exigían a los gobiernos equilibrar las finanzas públicas con el fin de tener espacio para atender sus obligaciones; entre ellos

el servicio de la deuda externa, a cambio de ello se otorgaban nuevos préstamos.

En la década de los ochenta, también comenzaron a hacer su aparición en la escena del comercio internacional los nuevos países industrializados conocidos con el apelativo de los NIC. Eran países asiáticos (Corea del Sur, Hong Kong, Singapur y Taiwán) que habían logrado incursionar con éxito en la fabricación de productos industriales.

Tabla 6.3
Producción Industrial Real y Demanda interna 1971-1990 (Var %)

	Promedio										
	1971-80	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
PNB Real											
Canadá	4.6	3.7	-3.2	3.2	6.3	4.6	3.2	4	4.5	2.9	2.5
Estados Unidos	2.8	1.9	-2.5	3.6	6.8	3.4	2.8	3.4	3.9	3.1	2.5
Japón	4.8	3.7	3.1	3.2	5.1	4.9	2.5	4.5	5.7	4.5	4.4
Francia	3.6	1.2	2.5	0.7	1.4	1.6	2.1	2.3	3.4	2.8	2.8
Rep.Fed de Alemania	2.7	-	-1	1.9	3.3	1.9	2.3	1.8	3.4	2.4	2.9
Italia	3.1	1.1	0.2	1.1	3.2	2.9	2.9	3.1	3.8	3.4	3
Reino Unido	1.9	-1.3	1.8	3.6	2.1	3.5	3.2	4.6	4.4	3.3	2.1
Otros países industriales	3	0.5	0.4	2.2	3.6	3.2	2.1	2.7	3.1	2.6	2.5
Todos los países industriales	3.2	1.5	-0.3	2.8	4.9	3.4	2.6	3.4	4.1	3.3	2.9
De ellos,											
Siete principales países	3.2	1.7	-0.4	2.9	5.1	3.4	2.7	3.4	4.2	3.4	3
Países europeos	2.9	0.2	0.7	2	2.6	2.5	2.4	2.7	3.6	2.8	2.7
Total, demanda doméstica real											
Canadá	4.9	4.7	-6.6	4.1	5.3	5.1	3.9	4.7	5.5	4.6	2.7
Estados Unidos	2.5	2.2	-1.9	5.1	8.7	3.8	3.7	3	3	2.8	2.6
Japón	4.2	2.1	2.8	1.8	3.8	4	4.1	5.2	7.7	5	4.9
Francia	3.5	-0.1	3.5	-0.7	0.4	2.2	3.9	3.4	3.7	2.7	2.8
Rep.Fed. de Alemania	2.7	-2.7	-2	2.3	2	0.8	3.6	3.1	3.5	2.2	3.3
Italia	2.9	-1.2	0.3	0.2	4	3.1	3.2	4.6	4.2	4	3.4
Reino Unido	1.7	-1.5	2.2	4.8	2.6	2.7	3.9	5	6	3.9	1.1
Otros países industriales	2.9	-1.2	0.7	0.7	2.5	3.5	3.8	3.3	3.7	2.8	2.7
Todos los países industriales	2.9	0.6	-0.2	3	5.2	3.4	3.7	3.7	4.3	3.4	3.1
De ellos,											
Siete principales países	2.9	1	-0.3	3.3	5.7	3.4	3.7	3.8	4.4	3.4	3.2
Países europeos	2.8	-1.8	0.7	1.4	2.1	2.4	3.9	3.8	4	3	2.7

Fuente: Reporte Anual (1990), Fondo Monetario Internacional

Los mercados internos de los países industrializados no mostraron un gran dinamismo continuo en la década. En el caso de Estados Unidos, con la excepción de 1983 y 1984 donde la demanda mostró tasas de crecimiento excepcionales, el resto de la década, los países registraron una expansión moderada de los mercados internos, lo cual tuvo un correlato con la evolución de las cotizaciones de los minerales que se producía, en particular, el cobre en esa época en el Perú.

La economía china que iba ser la principal demandante de cobre en el mundo en el siglo XXI recién comenzaba a modernizar parte de su aparato productivo, en particular en las zonas costeras más apropiadas para participar en el comercio internacional.

Se puede apreciar en el gráfico que durante la década de los ochenta la participación de las actividades secundarias, en particular, la industria en China comienza a tomar impulso desde 1985. Como en varias épocas de su milenaria historia, el gigante asiático había reducido su radio de acción hacia su zona de influencia, en el sudoeste del continente asiático.

Sin embargo, también el tránsito hacia una verdadera internacionalización ocurrió en la década de los ochenta, cuando la actividad agrícola cedió progresivamente su importancia a las actividades industriales y de servicios, que demandaban mayor mano de obra calificada por parte de las grandes empresas constituidas en la costa, tales como Shanghai.



Figura 6.1 Participación de los sectores primario, secundario y terciario en la economía de China.

6.1.3 Perú y principales minerales ofertados al mundo

Descenso de Perú en el ranking de productores de cobre

A medida que transcurrió el siglo XX, el Perú fue tomando protagonismo en el mercado mundial de minerales por ser fuente de varios minerales, principalmente el cobre, demandados por los procesos de industrialización de los países desarrollados y desde luego por las necesidades militares en las épocas de grandes conflictos bélicos.

En 1980, el Perú ocupaba el sexto lugar en la producción de cobre en el mundo, a pesar de tener detectados un conjunto de yacimiento de nivel mundial para ser explotados. La ausencia de una política minera orientada a atraer grandes capitales extranjeros para la explotación minera jugó en contra del Perú, ya que en 1990 se ubicó en el puesto octavo en producción de cobre en el mundo, registrando una caída de 13.3 % en la producción entre 1980 y 1990.

Tabla 6.4

Oferta y demanda de cobre a nivel mundial

Producción mundial de cobre		
Producción de mina (miles de TM)		
Países	1980	1990
Chile	1068	1588
EE. UU.	1181	1587
Canadá	716	794
Zambia	596	496
Polonia	343	370
Congo	460	356
Australia	244	327
Perú	367	318
China	177	296
México	175	291
Indonesia	59	169
Mundo	7864	8997
Producción Minera Total	7864	8997
Producción de Refinados Total	9390	10 809
Total, Oferta	9390	10 809
Consumo de refinados	9385	10 780
China	286	512
Estados Unidos	1868	2150
Alemania	870	1028
India	77	135
Total, Demanda	9385	10 780
Brecha (Oferta-Demanda)	5	29

Fuente: Banco Mundial

Una política económica orientada a alcanzar una estabilidad macroeconómica en los años 80 hubiera posibilitado obtener financiamiento de mediano y largo plazo para el portafolio de proyectos que manejaba Minero Perú, en una alianza público-privada o, por último, transferir los activos al sector privado, una decisión que finalmente ocurrió a partir de la siguiente década.

El mercado mundial de cobre es dinámico y en ese sentido en 1980 se advertía un pequeño superávit de 5 mil Tm del metal rojo. En 1990, un crecimiento de la oferta de 15 % con relación a 1980, versus un crecimiento de 14 % en la demanda en similar periodo condujo al superávit de 29 mil Tm.

Mantenimiento del protagonismo en el zinc

A pesar del entorno adverso para la actividad minera local durante la década de los ochenta, el Perú logró mantenerse como el cuarto productor mundial de zinc. Ello fue posible por la expansión de 19.7 % de la producción de zinc de Perú entre 1980 y 1990, aunque fue una expansión muy inferior a las registradas por sus más cercanos competidores: China (408 %) y Australia (90 %). La entrada en operaciones de la Refinería de zinc de Cajamarquilla, en 1981, otorgó un mayor dinamismo a la producción y exportación de zinc del Perú en la década de los ochenta. Igual importancia tuvo Centromín Perú, que operaba el complejo metalúrgico de La Oroya.

Tabla 6.5

Oferta y demanda de zinc a nivel mundial

Producción mundial de zinc		
Producción de mina (miles de TM)		
Países	1980	1990
Canadá	1059	1203
Australia	495	940
China	150	763
Perú	488	584
EE. UU.	349	571
México	243	307
Irlanda	229	167
Suecia	167	160
Brasil	70	110
Bolivia	50	108
India	32	70
Mundo	6172	7176
	1980	1990
Producción Minera Total	6172	7176
Producción de Refinados Total	6159	6698
Total, Oferta	6159	6698
Consumo de refinados	6131	6568
China	200	369
Estados Unidos	810	992
Corea	68	230
India	95	135
Total, Demanda	6131	6568
Brecha (Oferta-Demanda)	28	130

Fuente: Banco Mundial

Perú, un actor importante en producción de plomo

A pesar de una leve reducción de 0.5 % en la producción de plomo de 1990 con relación a 1980, el Perú mantuvo la cuarta ubicación de la producción mundial de plomo. Los competidores más cercanos del Perú en la producción de este mineral registraron resultados dispares, ya que mientras Australia y China registraron incrementos de 43.2 % y 127.5 %, respectivamente entre 1980 y 1990, Estados Unidos retrocedió 12.3 % en dicho periodo. De otro lado, en el mayor superávit de los inventarios de plomo en 1990 con relación a 1980 se advierte una demanda que no registró crecimiento, mientras que la oferta creció apenas 0.7% en el periodo de comparación.

Tabla 6.6
Oferta y demanda de plomo a nivel mundial

Producción mundial de plomo		
Producción de mina (miles de TM)		
Países	1980	1990
Australia	398	570
EE. UU.	562	493
China	160	364
Perú	189	188
México	146	174
Suecia	72	84
Corea	125	70
Polonia	48	45
India	15	26
Bolivia	16	20
Turquía	8	18

Continuación...

Producción mundial de plomo		
Producción de mina (miles de TM)		
	1980	1990
Irán	12	9
Mundo	3595	3150
	1980	1990
Producción Minera Total	3595	3150
Producción de Refinados Total	5424	5460
Total, Oferta	5424	5460
Consumo de refinados	5348	5348
China	210	244
Estados Unidos	1094	1275
Corea	54	80
India	33	147
Total, Demanda	5348	5348
Brecha (Oferta-Demanda)	76	112

Fuente: Banco Mundial

Evolución de precios de los principales metales

La evolución de la cotización del cobre, el principal mineral que exportaba el Perú, registró dos fases en la década. Una primera de declinación desde el alto nivel alcanzado en 1980 hasta 1986 y desde allí una tendencia alcista que benefició a los productores de cobre peruanos, a pesar de haber registrado una menor producción.

El dinamismo de la economía japonesa, uno de los principales importadores y consumidores de cobre en el periodo de análisis con crecimientos anuales cercanos a 5 % hacia el final de la década, incidieron en el incremento del precio del cobre.



Figura 6.2 Cotización del cobre entre los años 1970 y 1990.

Fuente: BCRP

En el caso de la plata, la cotización al final de la década de los setenta alcanzó niveles récord. En efecto, los movimientos especulativos realizados por los hermanos Hunt –en el segundo lustro de dicha década y principalmente entre fines de diciembre de 1979 y enero de 1980– hicieron que el precio de este metal precioso se elevara hasta el nivel histórico de US\$50.5/onza.

Las decisiones adoptadas por las autoridades bursátiles de Estados Unidos redujeron el margen de especulación y la cotización descendió en forma notoria, aunque tardó unos dos años para retornar a los niveles previos a la ola especulativa de los Hunt. Hacia el final de la década, la cotización de este metal con una interesante demanda industrial retornó a los niveles de 1978.



Figura 6.3 Cotización de la plata entre los años 1970 y 1990.

Fuente: BCRP

En cuanto a la cotización del zinc, se puede advertir que dicha variable no mostró grandes variaciones en el periodo 1976-1987, por lo que el precio fue una variable que no incentivó el aumento de la producción de este mineral, que en la década de los ochenta estaba concentrado en un conjunto de medianas

empresas de capital privado, así como en la estatal Centromín. Asimismo, merece destacar el aporte en la producción de la también estatal Refinería de Zinc de Cajamarquilla, que inició fase de operaciones en 1981.

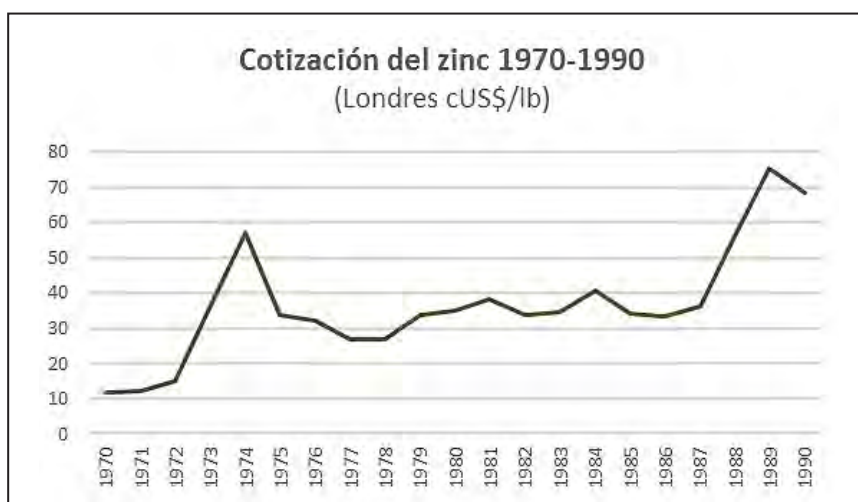


Figura 6.4 Cotización del zinc entre los años 1970 y 1990.

Fuente: BCRP

De otro lado, en la cotización del plomo, se observó un fuerte crecimiento a fines de los años 70 para después caer notoriamente hasta el año 1986, a partir del cual se dio una recuperación sostenida hasta 1990, pero que no

recuperó el nivel pico de 1979. El Perú era uno de los principales productores de este mineral que en la década de los ochenta todavía no concitaba mucha preocupación por su impacto en el medio ambiente.



Figura 6.5 Cotización del plomo entre los años 1970 y 1990.
Fuente: BCRP

El Perú no era un importante productor de oro en la década de los ochenta, de allí que la evolución de la cotización del oro no era una variable de gran atención en el ámbito minero ni tampoco en las autoridades monetarias. La producción fundamentalmente era de origen aluvial en la zona de Madre de Dios.

Luego de una tendencia marcadamente alcista entre 1979 y 1980, debido a su carácter de activo de refugio frente a la incertidumbre de los mercados, el precio del oro estuvo fluctuando alrededor de US\$400/onza durante dos periodos 1981-1983 y 1987-1990.



Figura 6.6 Cotización del oro entre los años 1971 y 1990.
Fuente: BCRP

Minería atrajo mínima inversión extranjera

La orientación de la política económica aplicada durante la década de los ochenta fue relativamente distinta a la vigente durante el periodo 1968-1980, ya que si bien se intentó abandonar la predominancia estatal al final se terminó en un manejo errático y enredado en controversias políticas. Además, no existían las condiciones sociales y políticas para avanzar en la ejecución de reformas de mercado de la forma en que se hizo una década después.

De manera que los incentivos para atraer mayores inversiones a la economía peruana fueron pocos o se perdieron en el contexto de permanente desequilibrio de la macroeconomía que caracterizó a dicha década. Por el contrario, las necesidades de divisas para hacer frente a las demandas de importaciones y a

las obligaciones del Estado condujeron a reducir los márgenes de libertad para la disposición de los dólares generados por las empresas mineras.

La política cambiaria que alentó varias cotizaciones del dólar y obligó a negociar permisos de la burocracia para acceder a moneda extranjera desalentó el incremento de la inversión extranjera hacia el Perú y hacia la minería, en particular.

Según las cifras de Proinversión, el incremento de la Inversión Extranjera Directa (IED) registrada oficialmente (como aumentos de capital) ascendió a US\$538.7 millones, a nivel nacional, en la década 1981-1990. Mientras que la IED a la minería le correspondió solamente US\$49.2 millones. Asimismo, la minería ocupó el quinto lugar en monto de recepción de IED en la década, tal como se advierte de las cifras de Proinversión.

Tabla 6.7

Inversión extranjera directa entre 1981-1990 (en millones de dólares)

Sector	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	Aumento en década 1990-1980
Minería	379.3	395.1	396.5	400.6	406.7	411.7	412.8	411.4	415.2	427.9	428.6	49.2
Comunicaciones	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Finanzas	33.2	49.5	84.1	107.9	109.5	109.4	101.9	91.4	82.1	82.2	102.1	68.9
Energía	1.4	1.4	1.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.8
Industria	229.4	299.8	321.0	352.2	371.2	368.9	382.8	398.2	402.5	405.8	422.5	193.0
Comercio	81.7	111.1	131.2	153.0	164.1	175.9	180.2	192.7	207.0	210.8	216.1	134.4
Servicios	1.9	1.9	3.9	6.0	6.4	7.9	12.1	12.6	13.9	15.2	15.9	14.0
Petróleo	23.9	24.0	24.0	24.0	24.2	30.1	46.4	79.7	80.5	80.5	80.7	56.9
Transporte	2.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.6	3.9	4.4	4.5	4.6	5.3	3.2
Construcción	0.5	0.6	0.9	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.9	2.0	2.1	1.6
Pesca	0.6	2.8	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.2	3.3	3.3	2.7
Turismo	0.5	9.6	9.9	10.6	10.6	10.6	10.6	10.3	10.3	10.3	10.3	9.8
Agricultura	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.2	1.2
Vivienda	2.4	10.7	11.6	4.7	4.7	4.2	4.0	4.1	5.7	5.8	5.8	3.4
Silvicultura	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	1.2
Total general	759.9	912.7	993.9	1070.2	1108.9	1130.5	1163.1	1212.8	1230.6	1253.2	1298.6	538.7

1/Considera aportes provenientes del exterior de estimados al capital social de empresas nacionales

Fuente: Proinversión

6.1.4 Política económica y política minera

El desafío de gobernar en tiempos de democracia

El inicio de la década de los ochenta encuentra al Perú en un proceso electoral que implicaba el retorno a la democracia tras 12 años de vigencia de una dictadura militar de corte socialista, que incrementó la presencia del Estado en todos los aspectos de la economía. De manera progresiva hasta 1975, el gobierno había ido estatizando empresas extranjeras y nacionales en diversas actividades.

Un cambio de la orientación socialista del gobierno militar se produjo tras el cambio de gobierno en agosto de 1975. El nuevo gobierno se dedicó fundamentalmente a administrar la herencia dejada por la primera fase. Los desequilibrios macroeconómicos de la falta de disciplina fiscal debían corregirse; pero el nuevo gobierno no tuvo éxito sino hasta 1979, cuando una mejora del

precio de los minerales y del petróleo generaron incrementos de las exportaciones y una bonanza fiscal.

Se puede advertir que las cotizaciones de los principales minerales que exportaba el Perú en la década de los 70: cobre, zinc, plomo y plata registraron notorios incrementos en 1974, en un contexto del aumento del precio del petróleo. Tras un descenso con algunas fluctuaciones hasta 1978, las cotizaciones de los minerales volvieron a incrementarse en 1979, con el segundo fuerte aumento del precio del petróleo y cuyo impacto continuó observándose en 1980.

Las elecciones que llevaron al poder a Fernando Belaúnde Terry por segunda vez se realizaron el 18 de mayo de 1980 y ganó las elecciones al obtener el 45 % de los votos válidos. Acción Popular (AP) en alianza con el Partido Popular Cristiano (PPC) contaba con mayoría en un Congreso que, en esa época, estaba compuesto de dos cámaras (Diputados y Senadores).

Tabla 6.8

Cotizaciones de los principales minerales de exportación

	Precio unitario	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
COBRE Londres	cUS\$/lb	58.63	42.98	42.08	77.32	92.88	54.87	63.52	59.44	61.64	89.9	98.83
PLATA New York	US\$/Oz.Tr.	1.77	1.54	1.67	2.55	4.68	4.42	4.35	4.62	5.4	11.05	20.6
Londres	US\$/Oz.Tr.	1.76	1.51	1.62	2.54	4.67	4.43	4.35	4.64	5.41	11.13	20.83
PLOMO Londres	cUS\$/lb	14.34	13.13	13.42	14.72	26.87	18.91	20.25	28.07	29.86	54.02	41.2
ZINC Londres	cUS\$/lb	11.66	12.05	14.83	36.72	56.8	33.79	32.25	26.75	26.8	33.59	34.9

Fuente: REUTERS

Mientras el cambio de gobierno generaba expectativas de mejora en la población por el retorno a la democracia con partidos políticos que representaban al espectro político existente, en el distrito de Chuschi, provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, se registraba el primer acto terrorista por parte del Partido Comunista del Perú-Sendero Luminoso, que ciertamente pasó desapercibido en esa época.

Sin embargo, dicho acto fue el inicio de una década dolorosa para la historia del país, debido a la intensa actividad de una organización terrorista particular que generó zozobra en la población, y que destruyó la infraestructura y activos críticos del país, además de desalentar la inversión en actividades como la minería que operan en zonas alejadas de las ciudades.

La gestión de gobierno en los años 80 enfrentó diversas particularidades. Los impulsos iniciales del conjunto de medidas de política económica que dieron resultados aceptables no

podieron ser sostenidos. En el primer quinquenio, la crisis de la deuda externa de 1982 y el severo Fenómeno del Niño de 1983 desbordaron la administración Belaúnde, mientras que el proyecto de estatización de la banca terminó por distanciar a la inversión privada con el gobierno.

La capacidad de diagnóstico que tuvo el Estado para conocer qué era este grupo terrorista, cómo funcionaba y encontrar sus debilidades demoró casi toda la década, por lo que la estrategia adecuada para derrotarlo igualmente demoró en ponerse en marcha. De esa manera, el accionar terrorista aumentó no solo en aspectos cuantitativos sino también en aspectos cualitativos en desmedro de la inversión, en particular en el caso de la minería e hidrocarburos.

El accionar terrorista generó un aumento de costos de las empresas mineras, ya que se veían obligadas a destinar una parte del presupuesto a gastos de seguridad. Dicha desviación

de recursos hacia la protección de la actividad productiva y el personal implicó menores recursos para proyectos de inversión en paralelo al aumento del riesgo de invertir en actividades extractivas.

Alta inflación no pudo disminuir

La economía peruana ingresó a la década de los ochenta registrando un desequilibrio en las principales variables macroeconómicas (inflación, déficit fiscal, producto bruto interno, balanza en cuenta corriente) y las políticas económicas aplicadas no solo fracasaron en estabilizar tales variables; sino que, por el contrario, alentaron el desorden macroeconómico que culminó con el proceso hiperinflacionario entre 1988 y 1989, que destruyó la riqueza creada y empobreció aún más a cientos de miles de pobladores de todo el territorio.

La mirada a lo ocurrido en la economía peruana, en términos del crecimiento entre 1950 y el 2010, muestra claramente que la década de los ochenta registró una caída promedio anual de 1. %; a diferencia del resto de décadas donde la expansión promedio anual de la economía fluctuó entre 3. % (década de los setenta) y 5. % (primera década del siglo XXI). Esa es la razón por la que a los años 80, muchos expertos acostumbran a calificarla como la “década perdida”.

La inflación, una variable clave que refleja cómo evolucionan las expectativas de precios de los actores económicos y el desorden existente en la economía, había alcanzado tasas de 73.8 % en 1978 y 66.7 % en 1979. El nuevo gobierno no tenía mucho margen de acción para cambiar la estructura de fijación de precios de la década de los setenta con precios controlados y precios no controlados.

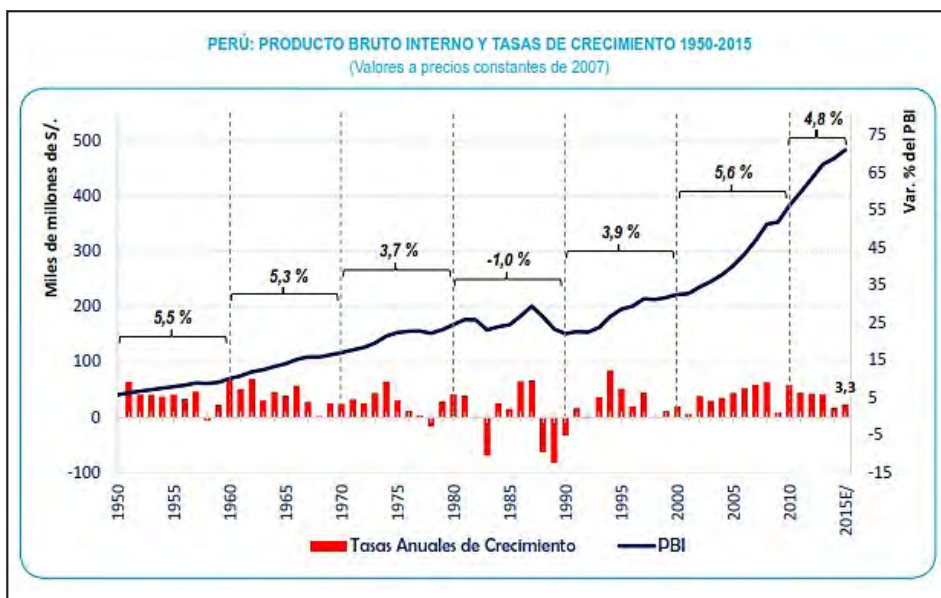


Figura 6.7 PBI y Tasas de crecimiento de Perú entre 1950 y 2015.

Fuente: INEI

La orientación de la política económica apeló a una reducción de precios vendría con la competencia extranjera y en ese sentido inició una moderada disminución de aranceles a pesar de la fuerte resistencia de sectores industriales. El fracaso de

la política económica del primer quinquenio de la década de los ochenta se advierte por la trayectoria ascendente que registró la inflación.

Tabla 6.9
Precios con inflación acumulada 1981-1990

	Pond.	Anual									
		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Indice general	100	72.7	72.9	125.1	111.5	158.3	62.9	114.5	1,722.30	2,775.30	7,649.60
Produc. controlados	21.97	99.2	77.6	160.5	129	148.6	25.5	74.2			
Alimentos	9.92	99.9	63	160.8	110.9	136.7	38.6	76.4			
Combustibles	4.31	130	117.8	213.8	116.6	144.2	1.3	34.5			
Transportes	5.64	78.9	68.6	122.4	152.6	182.6	21.8	98.9			
Serv. Público	2.1	96.8	82.3	115.5	205.7	133.6	53.2	91.1			
Produc. no controlados	78.03	67	71.7	115.8	105.9	161.7	75.4	124.2			
Produc. transab.	31.69	61.9	59.6	123.3	122.9	160.9	62.8	109.8			
Alimentos	12.97	64.6	62.9	133.3	126.4	145.3	61.2	90.3			
Textil y calz.	7.2	47.7	46.4	76.6	122	172.6	112	100.6			
Aparat. electrod.	2.46	54.7	53	125.9	105.5	160	31.5	162.8			
Otros trans.	9.06	71.7	65.8	138.8	122	176.8	46.3	134.1			
Produc. no trans.	46.34	70.8	80.2	111.1	94.8	162.2	84.8	133.6			
Alimentos	13.44	53.2	88	122.5	70.6	184	78.2	87.6			
Comida fuera del hogar	8.69	87.2	80.9	120.1	94.3	165.6	93.1	127.4			
Servicios	4.42	110.8	86.4	92.6	121.1	157.4	124.9	176.5			
Alquileres	10.82	47.5	53.2	67.1	66.5	98	41.8	84.2			
Otros	8.92	78.1	87.1	129.9	123.1	164.8	72.5	166.3			

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (1990)

Tasas de inflación que superaron el 100 % se registraron entre 1983 y 1985, lo cual hacía difícil la convergencia hacia niveles inflacionarios de países ordenados en lo macroeconómico. La política económica aplicada en 1985 tampoco tuvo éxito en la disminución de la inflación a un dígito; por el contrario, el "embalse de precios" generado incidió en la escalada de precios registrado en los años siguientes que terminaron en la hiperinflación.

Las exportaciones se estancaron en la década

A fines de los años 70, la mejora del entorno internacional para los precios de los minerales y el petróleo, en 1979, en circunstancias en que la producción petrolera del Perú aumentó significativamente con la puesta en marcha del Oleoducto

Norperuano –en un contexto de aumento de precios–, permitió alcanzar una mejora en la balanza comercial y también en las finanzas públicas.

La trayectoria positiva de las exportaciones mineras se observa en las ventas de US\$936 millones en 1978 y de US\$1517 millones en 1979, un aumento de 62 %. Dicha situación continuó en 1980 cuando las exportaciones mineras alcanzaron el récord de US\$ 1795 millones, equivalente a 45.8 % del total exportado. Por su parte, las exportaciones petroleras alcanzaron los US\$652 millones, en 1979, un aumento de 250 % con respecto a 1978; la evolución positiva continuó en 1980 al alcanzar US\$792 millones de ventas externas, que fue el nivel más alto de exportaciones petroleras en la década de los ochenta.

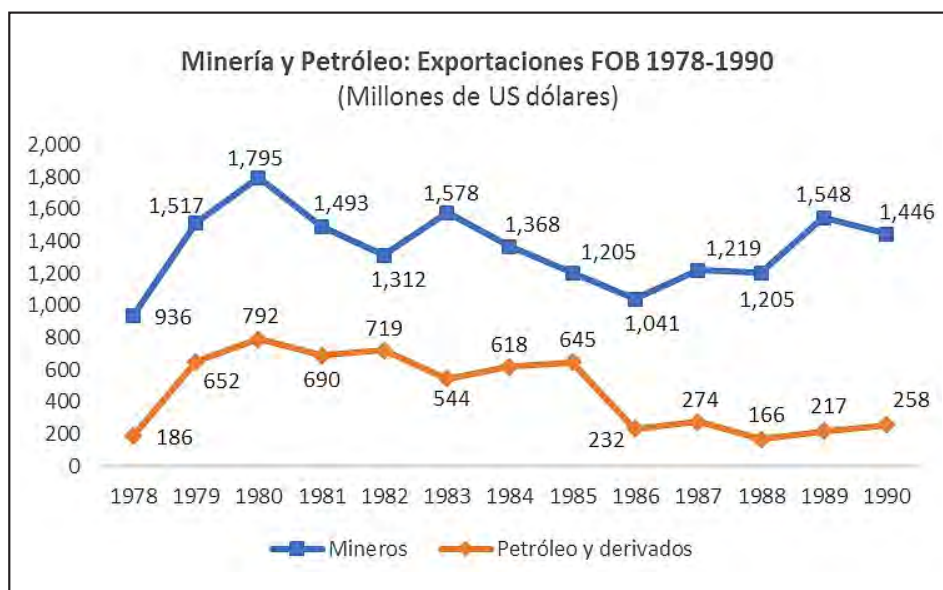


Figura 6.8 Exportaciones, en millones de dólares, de sector minero y de petróleo entre 1978 y 1990.

Fuente: BCR (1990)

La ausencia de una política económica orientada a incrementar las exportaciones se observó durante toda la década y peor aún el nivel de exportaciones fue descendiendo en forma progresiva, tras la decisión de nacionalizar los activos de la empresa Belco Petroleum, en diciembre de 1985.

La beligerancia del gobierno que asumió el poder en 1985 con los organismos financieros internacionales –al anunciar que iba a destinar el 10 % de las exportaciones al pago del servicio de la deuda externa– implicó el deterioro de la imagen del Perú como receptor de capitales extranjeros.

Las cifras de la época demuestran que el único año en el que se cumplió el grandilocuente anuncio fue en 1990, cuando la administración gubernamental vigente dejaba la posta al nuevo gobierno. En ese año, las exportaciones ascendieron a US\$3231 millones y el desembolso de la deuda externa sumó US\$245 millones, lo que equivalió a 7.5 % de las exportaciones.

De otro lado, el entorno internacional de un moderado crecimiento de las economías industrializadas no favoreció una mejora continua de las cotizaciones de los principales

minerales que exportaba el Perú, con la excepción de 1988 y principalmente de 1989, lo cual incidió en la recuperación del nivel de las exportaciones hacia el final de la década.

Una mirada global al frente externo de la economía durante la década de los ochenta muestra un persistente déficit de la balanza en cuenta corriente debido a la falta de dinamismo del sector exportador. Los valores positivos en 1985 y 1989 se debieron a un descenso de las importaciones, aunque en 1989 también influyó el notable aumento de las exportaciones. Las importaciones en 1985 ascendieron a solo US\$1806 que equivalía a la mitad del monto importado en 1981 (US\$ 3802 millones) y reflejaba la gravedad de la crisis en el mercado interno esa época. La tendencia declinante de los capitales de largo plazo muestra las dificultades del Perú para atraer inversiones extranjeras, durante ambos periodos gubernamentales (1980-1985 y 1985-1990). Si hay una diferencia en cuanto a los desembolsos anuales por el servicio de la deuda, se debe a que estos superaron los US\$1000 millones entre 1981-1984 y fueron inferiores a US\$500 millones entre 1985-1990.

Tabla 6.10
Cotizaciones de productos mineros: 1980-1990

	Cobre (2)	Plomo (2)	Zinc (2)	Plata (3)	Oro (2)
	c/US\$/lb.	c/US\$/lb.	c/US\$/lb.	US\$/Oz. Troy.	US\$/Oz. Troy.
1980	98.83	41.19	34.87	20.6	607.87
1981	79.04	32.9	38.38	10.53	460.82
1982	67.2	24.8	33.79	7.94	376.22
1983	72.23	19.29	34.68	11.44	422.47
1984	62.46	20.05	40.58	8.14	360.36
1985	64.29	17.72	34.21	6.14	317.18
1986	62.13	18.4	34.2	5.47	367.68
1987	80.79	27.05	36.2	7.01	446.52
1988	117.93	29.73	56.26	6.54	437.15
1989	129.15	30.51	75.12	5.5	381.28
1990	120.72	36.72	68.85	4.82	383.51

(1) Valor CIF, promedio anual

(2) Londres

(3) Nueva York

Fuente: Reuter - Banco Central de Reserva del Perú (1990)

Tabla 6.11
Balanza de pagos 1981-1990 (Millones de US dólares)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
I. Balanza en cuenta corriente	-1,729	-1,609	-871	-221	125	-1,079	-1,477	-1,091	522	-1,092
A. Balanza comercial	-553	-429	293	1,007	1,172	-65	-521	-99	1,402	340
Exportaciones FOB	3,249	3,293	3,015	3,147	2,978	2,531	2,661	2,691	3,542	3,231
Importaciones FOB	-3,802	-3,722	-2,722	-2,140	-1,806	-2,596	-3,182	-2,790	-2,140	-2,891
B. Servicios financieros	-1,019	-1,033	-1,130	-1,165	-1,011	-821	-714	-773	-649	-1,014
Sector público	-456	-548	-636	-806	-707	-605	-538	-594	-483	-883
Sector privado	-563	-485	-494	-359	-304	-216	-176	-179	-166	-131
C. Servicios no financieros	-318	-314	-253	-221	-170	-343	-422	-376	-386	-665
D. Pagos de transferencia	161	167	219	158	134	150	180	157	155	247
II. Capitales a largo plazo	565	1,194	1,384	1,189	691	630	767	796	722	783
E. Sector público	305	989	1,431	1,392	814	606	679	718	637	796
Desembolsos	1,620	1,934	1,530	1,026	693	495	585	350	380	245
Refinanciación	80	109	1,024	499	201	-	-	-	699	0
Amortización	-1,394	-1,054	-1,145	-1,441	-1,329	-1,453	-1,591	-1,492	-1,206	-1,143
Otros capitales	-1	-	22	1,308	1,249	1,564	1,685	1,860	764	1,694
F. Sector privado	260	205	-47	-203	-123	24	88	78	85	-13
III. Balanza neta básica (I+II)	-1,164	-415	513	968	816	-449	-710	-295	1,244	-309
G. Capitales a corto plazo	660	539	-553	-721	-536	-68	-75	-103	-316	445
IV. Balanza de pagos (III+G)	-504	124	-40	247	280	-517	-785	-398	928	136

Fuente: Reuter - Banco Central de Reserva del Perú (1990)

Asimismo, se observa cómo en el segundo quinquenio de la década una disminución de los montos transados con el exterior que, en realidad, correspondían a una economía que se había reducido en un 30 %, como consecuencia de la caída de la producción, en el contexto hiperinflacionario vivido en esos años.

6.2 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LA MINERÍA

La geología peruana es muy rica en diversos minerales; aunque la demanda en el mercado internacional en la década de los ochenta habitualmente se concentraba en un grupo, principalmente cobre, zinc, plomo y plata. En cuanto al hierro, el Perú no era un gran actor en el mercado internacional y la relevancia de Hierro Perú, ex Marcona Mining Company, se debe a su ubicación en la costa cerca al puerto de exportación.

Cuadro 6.1

Estructura de la industria minera peruana en 1990

Peru: Structure of the mineral industry in 1990				
(thousand metric tons unless otherwise specified)				
Commodity		Major operating companies	Location of main facilities	Annual capacity
Antimony	tons	Empresa Minera del Centro del Perú (Centromin Perú)	Smelter at La Oroya, Region Andres A. Caceres	300
Barite		Barmine S.A.	Santa Cruz de Cocachacra, Region Lima	NA
Bentonite		Minerales Andinos S.A.	Vichayal Mine, Region Grau	9
Bismuth	tons	Centromin Perú	Refinery of La Oroya	515
Copper		Southern Perú Copper Corp. (SPCC)	Cuajone, Region Jose Carlos Mariategui	
			Toquepala, Region Jose Carlos Mariategui	300
			Smelter at Ilo, Region Jose Carlos Mariategui	300
Do.		Concentrate Perú	Cobrizar, Region Libertadores-Wari, Casapalca and Yauricocha, Region Lima, Morococha, Region Andres A. Caceres	60
			Smelter at La Oroya	62
			Refinery of La Oroya	58
Do.		Empresa Regional Minera Tintaya	Tintaya, Region Inka	60
Do.		Empresa Minera del Perú S.A. (Mineroperú)	Cerro Verde, Region Arequipa	33
			Refinery at Ilo	125
Dolomite		Minera Baribent S.A.	Esperanza, Region Chavin	25
Gold	kilograms	Cía. De Minas Orcopampa S.A.	Orcopampa, Region Arequipa	2000
Do.	do.	Cía. Minera Poderosa S.A.	Poderosa, Region San Martin La Libertad	1600
			Refinery at Pataz, Region San Martin La Libertad	4800
Do.	do.	Centromin Perú	Refinery at La Oroya	1200
Do.	do.	Cía. Aurífera Río Inambari S.A.	Río Caichive, Region Inka	20
Iron ore		Empresa Minera del Hierro del Perú	Marcona, Region Libertadores-Wari	13000
Lead		Centromin Perú	Cerro de Pasco, Casapalca, San Cristobal, Morococha, Yauricocha and Andaychagua Mines	85

Continuación...

Commodity		Major operating companies	Location of main facilities	Annual capacity
			Smelter at La Oroya	93
			Refinery at La Oroya	95
Do.		Cía. Minera Milpo S.A.	El Porvenir Mine, Region Andres A. Caceres	24
Do.		Cía. De Minas Atacocha S.A.	Atacocha, Region Los Libertadores-Wari	16
Do.		Fundición de concentrados S.A.	Smelter at Oyón, Region Lima	24
Molybdenum		SPCC	Cuajone and Toquepala Mines	NA
Silica sand		Minera Baribent S.A.	María G. and Martín I., Region Andres A. Caceres	27
Silver	tons	Centromin Perú	Casapalca, Cerro de Pasco, Cobriza, Morococha, San Cristobal, Yauricocha and Andaychagua Mines	466
			Refinery at La Oroya	809
Do.	do.	Cía. De Minas Buenaventura S.A.	Julcane Mine, Regions Los Libertadores-Wari	
			Uchucchacua Mine, Region Lima	187
Do.	do.	Cía. De Minas Orcopampa S.A.	Orcopampa Mine, Region Arequipa	161
Steel		Empresa Siderúrgica del Perú	Chimbote, Region Chavin	550
Do.		Empresa Laminadora del Pacífico S.A.	Pisco, Region Los Libertadores-Wari	180
Tellurium	tons	Centromin Perú	Refinery at La Oroya	12
Tungsten	do.	Minera Regina S.A.	Palca XI, Region Puno	1400
Do.	do.	Fermín Málaga Santolalla	Pasto Bueno, Region Chavin	100
Zinc		Centromin Perú	Casapalca, Cerro de Pasco, Cobriza, Morococha, San Cristobal, Yauricocha and Andaychagua Mines	235
			Refinery at La Oroya	70
Zinc		Minero Perú	Refinery at Cajamarquilla	102
Do.		San Ignacio de Morococha	San Vicente Mine, Region Andres A. Caceres	70
Do.		Perubar	Santa Cruz de Cocachacra, Region Lima	65

En los años ochenta, la producción de estaño del Perú recién comenzaba a notarse en los mercados internacionales. La mina San Rafael, ubicada en Puno, perteneciente a Minsur, era la única productora de estaño del país que había comenzado su explotación en 1977.

El cobre fundamentalmente era producido por Southern Perú Copper Corporation (SPCC), la empresa controlada por la estadounidense Asarco. Aunque también había una producción menor de las empresas estatales: Centromín, Tintaya y Minero Perú a través de sus operaciones en Cerro Verde a través de sus unidades Cerro Verde y la Refinería de Ilo.

En el caso del zinc, plomo y plata había importante participación de las empresas estatales, en particular de Centromín; así

como de un conjunto de medianas empresas controladas por capitales peruanos y que entre ellas destacaban: Cia. de Minas Buenaventura, Milpo, San Ignacio de Morococha. Asimismo, en el caso de zinc comenzaba a destacar la Refinería de Zinc de Cajamarquilla que se encontraba bajo la administración de la estatal Minero Perú.

El Perú no era un gran productor de oro antes de 1993; aunque en la producción aurífera destacaban Compañía de Minas Buenaventura (con varias unidades mineras), Compañía de Minas Orcopampa y la naciente Compañía Minera Poderosa, que iba a convertirse en la segunda productora de oro tres décadas después. En la extracción aluvial, además del conjunto de pequeños productores, destacaba Compañía Aurífera Río Inambari.

La producción de Centromín, la ex Cerro de Pasco Copper Corporation, sin duda, era relevante al tener entre sus activos al Complejo Metalúrgico La Oroya, que obtenía un conjunto de minerales (antimonio, bismuto y telurio, etc.) entre los subproductos del proceso de fundición y refinación de los concentrados extraídos de las diversas unidades y activos que el Estado había dejado bajo su control tras su estatización en 1974.

El Estado tuvo un peso importante en la estructura empresarial

Antes de la privatización de los activos del Estado, había pocas empresas extranjeras en el Perú, debido a la desinversión realizada por las empresas foráneas, principalmente de capital estadounidense, ya sea por la decisión de estatización impulsada por el gobierno militar o por la propia decisión de las empresas de irse del Perú ante el desaliento a la inversión extranjera en la minería peruana.

La estructura empresarial de la minería estaba constituida por la gran, mediana y pequeña minería. El primer grupo de empresas lo conformaban en su mayoría empresas estatales que habían sido expropiadas a capitales extranjeros y SPCC. El segundo grupo eran fundamentalmente iniciativas de capitales peruanos que iniciaron como pequeñas explotaciones que fueron incrementando sus dimensiones e importancia en el tiempo.

Había también una gran cantidad de pequeñas empresas que desarrollaban sus actividades de una manera formal y se dedicaban a extracción de volúmenes de diversos minerales. La extracción aurífera de forma aluvial que se desarrollaba en Madre de Dios era vendida al Estado; aunque a medida que el manejo cambiario se distorsionó, el incentivo para vender al Banco Minero disminuyó significativamente.

Southern Perú Copper Corporation, la gran productora cuprífera

Hay varias versiones respecto al porqué siendo una empresa extranjera y controlada por capitales de Estados Unidos, como las otras grandes empresas que dominaban

la minería en el Perú, Southern Perú Copper Corporation (SPCC) no fue estatizada por un gobierno militar marcadamente antiestadounidense. Lo cierto es que finalmente Asarco mantuvo el control de SPCC y logró sacar adelante el yacimiento Cuajone en 1976.

De manera similar a las otras grandes empresas extranjeras de la minería peruana (Cerro de Pasco Copper Corporation o Marcona Mining Company), SPCC desarrolló un importante trabajo de exploraciones en la zona sur del país en busca de yacimientos donde incursionar.

A pesar de las restricciones en el manejo de los dólares generados por sus exportaciones y otros desincentivos al aumento de la capacidad productiva, SPCC supo desarrollar mejoras y convertirse hacia el final de la década, en la empresa más importante de la minería peruana al producir el 61 % de la producción de cobre ayudada ciertamente por el incremento de la cotización del cobre.

La predominancia estatal en la gran minería

A pesar de que en los años 80 se había introducido modificaciones al marco legal minero para una mayor receptividad hacia la inversión extranjera, la incursión de capitales foráneos en la minería todavía no mostraba un gran dinamismo. La minería peruana destacaba por la presencia de grandes empresas estatales en los rankings empresariales que comenzaron a elaborarse en esa época.

Como era de esperarse, las productoras de cobre lideraron el ranking empresarial minero en 1984, destacando la comercializadora de minerales Minero Perú Comercial (Minpeco), seguida de Empresa Minera del Centro del Perú (Centromín Perú), que hasta una década había sido la famosa Cerro de Pasco Copper Corporation.

En tercer lugar, aparecía la estadounidense SPCC que registraba una importante pérdida (US\$28.7 millones), aunque mucho menor que Minero Perú (US\$73.2 millones), que muy probablemente se debió a las inversiones realizadas por esta empresa para poner en operación el yacimiento Tintaya y las otras unidades a su cargo. La disminución de la cotización del cobre y otros problemas afectaban a las productoras cupríferas, que obtenían mínimas ganancias que imposibilitaban la reinversión en proyectos o ampliaciones.

Diversos problemas de gestión empresarial y ausencia de recursos para destinar a inversiones afectaron a Hierro Perú, la empresa estatal productora de hierro, desde su estatización en 1975. Su nivel de producción mantuvo una declinación y sus ingresos ascendieron a US\$65.3 millones en 1984, obteniendo ganancias de solo US\$1.5 millones.

Tabla 6.12
Principales empresas mineras en Perú (1986)

Empresa	Ingresos	Utilidad neta
MINERO PERU COMERCIAL – MINPECO	617.46	0.18
EMPRESA MINERA DEL CENTRO	463.52	9.33
SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION S.A.	307.78	-28.68
MINERO PERU	161.87	-73.23
HIERRO PERU	65.31	1.47
CIA. MINERA MILPO S.A.	39.81	12.02
CIA. MINERA BUENAVENTURA	37.84	2
CIA. MINERA MINSUR S.A.	37.76	19.17
CIA. MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA	34.39	7.16
CIA. MINERA ARCATA	31.98	5.61
CIA. MINERA HUARON	27.19	1.44
CIA. MINERA SANTA LUISA	25.88	2.79
CIA. MINERA ORCOPAMPA	23.9	7.42
CIA. MINERA RAURA	22.79	1.42
CORPORACION MINERA NOR PERU S.A.	19.57	1.63
CIA. MINERA ATACOCHA S.A.	18.84	2.31
CIA. MINERA CAYLLOMA S.A.	17.81	1.4
CIA. MINERA EL BROCAL S.A.	16.11	1.36
VOLCAN CIA. MINERA S.A.	14.54	1.35
CIA. MINERA CASTROVIRREYNA S.A.	14.07	3.3
CIA. MIENRA ALIANZA S.A.	13.4	-4.78
CIA. MINERA SANTANDER INC.	12.96	1.82
CIA. MINERA DEL MADRIGAL	11.05	0.06
CIA. MINERA SANTA RITA	10.25	0.82
PERUBAR S.A.	9.58	3.04
CIA. MINERA PATIVILCA	9.24	0.92

Fuente: Peru The Top 2500, Peru's leading companies 1987

Portafolio de proyectos mineros e inversiones

La predominancia del Estado en la minería a través de la propiedad y gestión de empresas, y la administración de prospectos heredados de las grandes empresas estatizadas se puede advertir en Minero Perú. Una empresa creada el 14 de abril del 1970 (Decreto Ley 18225) a la cual se le asignó la mayoría de los derechos mineros no explotados correspondientes a la gran minería.

La empresa estatal desarrollo cuatro proyectos minero-metalúrgicos con inversiones realizadas en la década de los ochenta:

- a) Refinería de cobre de Ilo que se construyó en 1975 con una capacidad de 150 000 Tm/año de cobre refinado y que fue ampliada en 1989 a 175 000 Tm/año. En 1991, nuevamente se amplió hasta 187 000 Tm/año.
- b) Cerro Verde comprendió una mina de 20 000 Tm/día y la planta hidrometalúrgica con capacidad de 33 000Tm/año de cátodos de cobre, que se construyó en 1977, y una planta concentradora de 3000 Tm/día de capacidad de tratamiento construida en 1990.
- c) Refinería de Zinc de Cajamarquilla que fue puesta en operaciones en 1981 con una capacidad de producción de 101 600 Tm/año de zinc refinado.

d) Tintaya comprendió la mina con una capacidad de 8000 Tm/día de mineral de sulfuros de cobre y planta concentradora con una capacidad de producción de 150 000Tm/año de concentrado de cobre (50 000 Tm finas de cobre). Este fue el único proyecto que adoptó la razón social Empresa Minera Especial Tintaya, siempre bajo el control de Minero Perú.

Esta empresa estatal también desarrolló con recursos propios varios proyectos menores, entre ellos:

- San Antonio de Poto, la explotación piloto de una mina y planta gravimétrica con una producción anual de 150 kg de oro refogado.

- Bayóvar, una mina y planta concentradora con capacidad de 90 000 Tm/año de roca fosfórica concentrada con 30.5 % P2O5.

- Izcaycruz, una mina y planta concentradora piloto con una capacidad de tratamiento de 100 Tm/día y una producción de 32 Tm/día de concentrado de zinc.

- Callacuyán constituida por una mina subterránea con una capacidad de 120 000 Tm/año de carbón antracítico.

De otro lado, Minero Perú realizó estudios a diferentes niveles, desde exploraciones e investigaciones de laboratorio hasta estudios de factibilidad en las concesiones mineras asignadas, entre las cuales destacan:

Cuadro 6.2

Metales de diferentes concesiones

Concesiones	Mineral	Reservas Mill. de TM	Antigüedad Años
Antamina	Cu (Zn,Ag)	166	21
Alto Chicama	Cu	59	20
Berenguela	Cu (Ag)	14	21
cañariaco	Cu	380	21
Coroccohuayco	Cu	15	19
Chalcobamba	Cu	28	21
Ferrobamba	Cu	1	21
La Granja	Cu	319	11
Michiquillay	Cu	544	23
Proyectos Auríferos	Au	-	1
Quellaveco	Cu	388	21

La mediana minería y capitales nacionales

La explotación de zinc, plomo y plata en minas subterráneas estaba a cargo fundamentalmente de un conjunto de empresas controladas por capitales nacionales. Una parte de las minas explotadas por las medianas empresas habían sido pequeñas operaciones que fueron expandiéndose en el transcurso del siglo XX debido al impulso innovador de jóvenes ingenieros de minas y geólogos, quienes habían ganado experiencia durante su paso por las grandes mineras estadounidenses.

En otros casos, el clima antiestadounidense que existió durante la primera fase del gobierno militar de los años 70 había llevado a empresas de EE. UU. a deshacerse de sus inversiones en Perú. La conocida empresa W.R. Grace & Co vendió sus

participaciones (29 %) en Cia. Minera Atacocha a Inversiones Breca, una empresa del grupo Brescia, en 1977.

Ese mismo año, los Brescia también adquirieron el 67% que W.R. Grace & Co tenían en Minsur Partnership Ltd., que en esa época era una productora de cobre. Y en el plano local, este grupo empresarial sumó a sus intereses la Cia. Minera Alianza S.A., lo que le permitió alcanzar un espacio importante en la actividad minera.

En general, el panorama de las principales empresas de la mediana minería indicaba que a pesar de la crisis en el sector la mayoría había logrado obtener mínimas ganancias hacia mediados de la década; aunque en 1984 destacaron Milpo y Minsur por el nivel de ganancias alcanzadas con relación a sus ingresos.

Sin embargo, el ambiente empresarial minero seguía mostrando una preocupación por el avance del terrorismo, que generaba un riesgo en las tareas de exploración tanto para las empresas estatales como privadas, el acceso a fuentes de financiamiento para proyectos y la fuerte actividad sindical derivada de un proceso inflacionario que la política económica aplicada no podía disminuir.

Los resultados en plena hiperinflación

A medida que transcurría la década de los ochenta, los problemas políticos y económicos habían derivado en un

proceso hiperinflacionario iniciado en agosto de 1988. El gobierno trataba de mantener la situación económica sin grandes cambios a la espera de que la política de sinceramiento de precios la realice un nuevo gobierno, a partir del 28 de julio de 1990, una situación que efectivamente ocurrió; mientras tanto, la hiperinflación afectaba a las empresas, en particular a aquellas orientadas al mercado interno y cuyos precios inevitablemente se fijaban en moneda nacional.

Tabla 6.13

Principales empresas mineras en Perú (1989)

Empresa	Ingresos	Utilidad neta
SOUTHERN PERU COPPER CORP	645.82	127.32
MINERO PERU COMERCIAL – MINPECO	478.58	1.05
CENTROMIN	461.01	39.17
MINERO PERU	195.59	-113.65
EMPRESA MINERA DE HIERRO - HIERRO PERU	87.41	0.74
EMPRESA MINERA TINTAYA S.A.	78.48	1.28
CIA. MINERA HUARON S.A.	60.92	-29.55
CIA. MINERA SAN IGNACIO DE M4OROCOCHA S.A.	59.15	2.52
CIA. DE MINAS ORCOPAMPA S.A.	46.01	-10.58
CIA. MINERA MILPO S.A.	45.79	-8.26
CIA. MINERA ATACCOCHA S.A.	32.78	3.55
PERUBAR S.A.	28.79	12.03
CIA. MINERA SANTA LUISA S.A.	27.68	0.8
CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.	26.51	-18.2
CIA MINERA RAURA S.A.	22.79	1.12
MINSUR S.A.	21.34	2.55
VOLCAN CIA. MINERA S.A.	16.62	1.26
SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.	16.6	-3.06
MINAS DE ARCATA S.A.	15.94	-2.99
CORPORACIÓN MINERA NOR PERU S.A.	15.41	3.48
CONSORCIO MINERO S.A. – CORMIN	15.06	0.01
MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.	14.6	5.05
CIA. MINERA DE CAYLLOMA S.A.	13.02	-5.73
CIA. MINERA SANTA RITA S.A.	12.84	0.84
CIA. MINERA PATIVILCA S.A.	11.29	1.16
	11.01	1.52
CIA. MINERA PODEROSA S.A.	10.98	2.09

Fuente: Peru The Top 2500, Peru's leading companies 1990

Aun cuando los ingresos de las empresas mineras provenían del exterior, en moneda extranjera, las dificultades para disponer de esos recursos con libertad se sumaban al conjunto de problemas internos que incidían negativamente en el patrimonio. En suma, las empresas mineras no se libraron del proceso de descapitalización que enfrentaron las empresas que operaban en el Perú.

Nuevamente, Minero Perú fue la empresa que reportó pérdidas récord ascendentes a US\$114 millones, en 1989, en un escenario de recuperación de la cotización del cobre. En cambio, SPCC, la empresa controlada por Asarco, reportó ganancias de US\$127 millones; pero las dificultades para repatriar obligaron a destinar parte de las ganancias a actividades fuera del negocio minero.

En cuanto a las medianas empresas, se observó que varias de ellas productoras de plata reportaron pérdidas significativas, muy probablemente como consecuencia de la evolución de la cotización del metal precioso.

En el ranking de las medianas mineras, hizo su aparición Cia. Minera Poderosa, la productora de oro ubicada en el distrito y provincia de Pataz, en el departamento de La Libertad, que fue descubierta una década atrás y que, bajo la dirección de Jesús Arias Dávila, había logrado salir a flote en medio de circunstancias adversas en la década de los 80.

6.3 INSUFICIENTE DINAMISMO EN LA PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE MINERALES

Entorno económico adverso

A inicios de la década de los 80, el ingreso de un nuevo gobierno generó expectativas de inversión, en la medida en que se anticipaban impulsos para reducir el intervencionismo del Estado. Las nuevas reglas de juego en el sector hidrocarburos posibilitó la suscripción de media docena de contratos petroleros, en tanto que las productoras de cobre Southern Perú Copper Corporation y las empresas estatales Minero Perú y Tintaya también mostraron un ánimo inversor, de manera que la inversión creció 29.8 % en 1980 y 22.2 % en 1981.

Cabe precisar que Minero Perú tenía bajo su administración un conjunto de unidades y proyectos, entre los que destacaban: Cerro Verde I, Refinería de Cobre de Ilo (entró en operaciones en 1976), Refinería de Zinc de Cajamarquilla (puesto en operación en 1981).

Sin embargo, el optimismo empresarial fue decayendo en la medida que el impacto de la crisis financiera internacional prácticamente bloqueó el acceso a financiamiento de mediano y largo plazo en la banca privada internacional. Por su parte, la incertidumbre creada por un entorno inflacionario dificultaba encontrar financiamientos para proyectos de mediano plazo en el sistema financiero local.

Tabla 6.14

Oferta y demanda en Perú entre 1981 y 1990

Componentes	Decenio	Quinquenio	
	1981-1990	1981-1985	1986-1990
Oferta Global	-1.2	-1	-1.5
Producto Bruto Interno	-1	0	-2
Agricultura	1.8	2.7	0.9
Pesca	8.3	9.1	7.6
Extracción de petróleo y minerales	-4	-0.7	-7.3
Manufactura	-1.9	-2.1	-1.7
Electricidad, gas y agua	2.7	0.8	4.7
Construcción	-0.5	-4.1	3.2
Comercio	-1.8	-2.3	-1.4
Servicios Gubernamentales	-0.7	3.6	-4.9
Otros servicios (1)	0.1	1.1	-0.9
Importaciones	-2.8	-8	2.6
Demanda Global	-1.2	-1	-1.5
Demanda Interna	-1.2	-1.4	-1

Continuación...

Componentes	Decenio	Quinquenio	
	1981-1990	1981-1985	1986-1990
Consumo Privado	0.1	0.7	-0.5
Consumo Gobierno	-3.9	-0.8	-6.9
Formación Bruta de Capital	-4.1	-10	2.1
Exportaciones	-1.4	1.2	-3.9

(1) Incluye impuestos

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (1990)

Hay que recordar que la gestión gubernamental 1980-1985 tuvo dos elementos exógenos consecutivos que incidieron en los resultados negativos: la crisis financiera de 1982 y el Fenómeno del Niño de 1983, en un contexto en que las finanzas públicas mostraban un crónico alto déficit.

Una mirada panorámica de lo ocurrido en la década muestra que hubo un nulo crecimiento anual promedio en el primer quinquenio, de acuerdo con las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), y una caída anual promedio de -2.0 % durante el segundo quinquenio. A nivel

sectorial, la producción de petróleo y minerales fueron las actividades de peor desempeño en la década, en particular en el periodo 1986-1990.

Otra mirada a lo ocurrido en la década se observa en la evolución sectorial en términos de soles constantes (millones de intis de 1979). Al término de la década de 1990, el valor de la producción de la mayoría de las actividades productivas, que incluía a la minería (y dentro de ella al sector hidrocarburos), era inferior al que tenían al inicio (1980).

Tabla 6.15

Producto Bruto Interno por sectores productivos: 1981-1990 (Millones de intis de 1979)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Agropecuario	395.4	405.5	366.3	406.6	414.9	431.7	453.9	480.5	462.9	421.7
Pesca	18.7	20.9	13	21.7	24.5	31.8	28.1	36.3	37.7	37.8
Minería	449.8	463.9	441.6	464.2	495.4	475.8	458.1	383.9	404.1	390.8
Manufactura	897.4	853.8	696	747.8	794.1	936.9	1,065.70	920.8	750.4	714.9
Construcción	248.8	251.7	199.9	199.8	178.3	221.2	256.5	246.2	206.5	215.1
Gobierno	239.7	241.8	258	277.6	279	302.5	313.3	321.7	290.4	282.2
Otros	1,599.80	1,603.10	1,380.60	1,432.80	1,442.10	1,560.70	1,712.70	1,538.70	1,321.40	1,259.50
Producto Bruto Interno	3,849.60	3,840.70	3,355.40	3,550.50	3,628.30	3,960.60	4,288.30	3,928.10	3,473.40	3,322.00

Fuente: BCRP (1990)

Las dos excepciones fueron los sectores agropecuarios, que a pesar de la insensatez del terrorismo los productores respondieron a las necesidades de la demanda interna; mientras que en la pesca hubo una recuperación de la biomasa que había sido exageradamente extraída en la década anterior hasta provocar una escasez de la anchoveta.

Ausencia de dinamismo en la producción minera

El volumen de la producción minera durante la década de los años 70 registró un moderado crecimiento en los casos del cobre, plata, plomo, zinc y oro; mientras que el hierro fue el único que registró una fuerte declinación. Ello ocurrió a partir de

1975, cuando el gobierno militar nacionalizó la Marcona Mining Company y creó la Empresa Minera del Hierro del Perú (Hierro Perú), generando un desorden en la gestión de la empresa.

En 1974, el último año de operaciones de Marcona Mining Company produjo 6.2 millones de toneladas de hierro, mientras que a finales de esa década la producción descendió hasta 3.7 millones de toneladas. La producción de Hierro Perú registró altibajos con una leve recuperación entre 1981 y 1982, así como entre 1985 y 1986, para nuevamente caer al mínimo de 2.7 millones de toneladas en 1984. Así tras una década de haber estado en manos del Estado, la producción de hierro del Perú descendió el récord de 56.%.

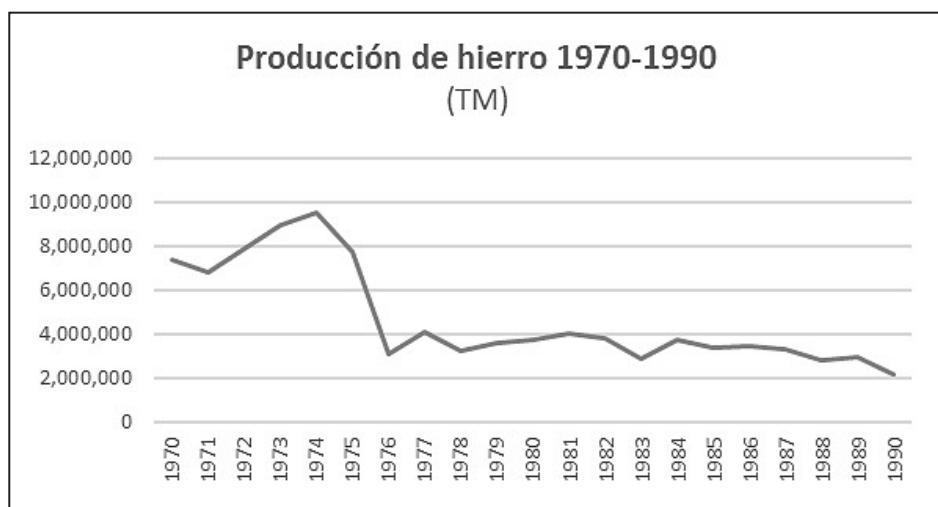


Figura 6.9 Producción de hierro entre 1970 y 1990.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Tabla 6.16

Producción minera por principales productos: 1974-1980 (miles de unidades)

		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Minería metálica								
Cobre	TMF	222	176	221	337	381	405	346
Plata	Kg. F	1,215	1,201	1,233	1,399	1,439	1,506	1,394
Plomo	TMF	178	168	178	208	203	191	187
Zinc	TMF	450	433	462	514	504	490	493
Hierro	TMF	6,220	5,067	3,138	4,033	3,275	3,262	3,783
Oro	Gr. F	3,350	3,368	3,038	3,956	4,965	4,983	4,915
Minería no metálica								
Petróleo crudo	(Barr.)	28,142	26,294	27,965	33,271	55,071	69,952	71,335

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

La única gran empresa extranjera de origen estadounidense que no fue expropiada por el gobierno militar fue Southern Perú Copper Corporation, que extraía cobre en su yacimiento Toquepala desde los años cincuenta. Un conjunto de circunstancias hizo que la empresa controlada por Asarco no cayera en manos estatales.

La expectativa de la puesta en marcha del yacimiento Cuajone jugó en contra del objetivo de nacionalización de activos mineros controlados por inversionistas estadounidenses. El ingreso de operaciones de Cuajone (58 mil Tn/día) en 1976 significó un aumento cualitativo de la producción de cobre del Perú al

augmentar de niveles de 220 mil toneladas a 330 mil toneladas de 1977 para adelante.

En el caso de la plata, cuya cotización registraba un incremento, en parte por la especulación de los hermanos Hunt, la producción aumentó 24 % entre 1974 y 1979. En los otros minerales, la producción creció de la siguiente manera: cobre 82.8 %, oro 48.7 %, zinc 8.8 % y plomo 7.3 %; mientras que el hierro cayó 47.2 %. Uno de los metales cuya producción avanzó en forma significativa en los años ochenta fue la plata, aunque hacia el final de la década registró un leve retroceso. La evolución de la producción de este metal precioso con importante demanda industrial se debió al efecto precio que tuvo entre 1979 y 1980.

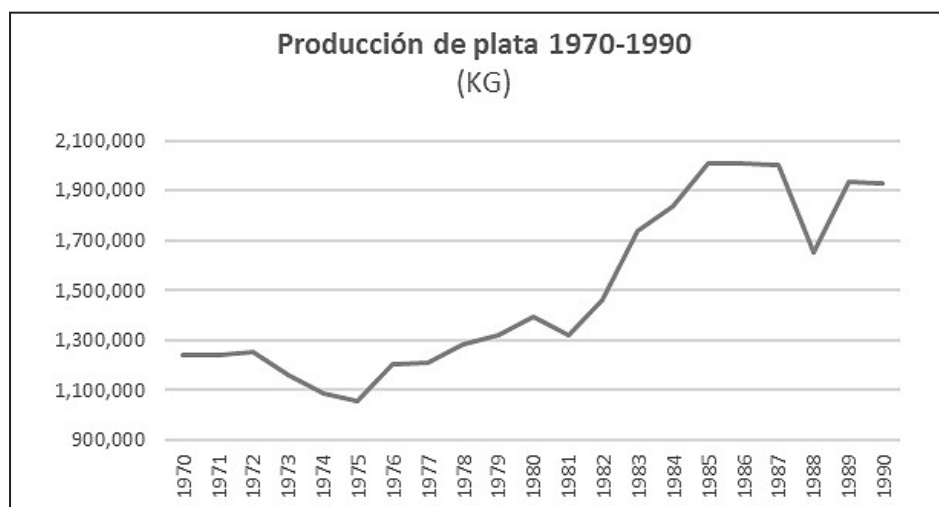


Figura 6.10 Producción de plata entre 1970 y 1990.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Por otro lado, unos conjuntos de factores contribuyeron a que las inversiones en el sector minero pierdan dinamismo en los años ochenta. La ofensiva del terrorismo incidió en un aumento de los costos, que fue ganando relevancia en la estructura de costos de las empresas. La intensa actividad sindical en demanda de mejoras salariales en un contexto de alta inflación condujo a paralizaciones de la producción de las operaciones.

La inestabilidad económica que no cesaba con el avance de los años generaba una situación adversa para la actividad minera peruana, que fundamentalmente estaba constituida por la gran empresa: SPCC y el grupo de empresas estatales donde destacaba Centromin y Hierro Perú, a la que se sumaban los proyectos bajo la esfera de Minero Perú; un conjunto amplio de medianas empresas productoras de zinc, plomo, oro, plata y estaño, y numerosas pequeñas empresas.

Tabla 6.17

Producción minera por principales productos: 1981-1990 (Miles de unidades)

		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Minería metálica											
Cobre	TMF	331	364	328	370	401	399	406	316	368	323
Plata	Kg. F	1,394	1,459	1,739	1,834	2,011	2,006	2,001	1,650	1,932	1,928
Plomo	TMF	201	213	224	208	241	201	204	161	203	210
Zinc	TMF	479	544	582	549	613	604	619	499	621	598
Hierro	TMF	4,019	3,842	2,902	2,740	3,421	3,473	3,291	2,838	2,954	2,181
Oro	Gr. F	6,338	4,910	4,815	6,119	6,430	8,846	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Minería no metálica											
Petróleo crudo	(Barr.)	70,431	71,197	62,454	67,374	68,788	64,800	59,730	51,717	47,597	47,050

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

El entorno adverso para la actividad minera en la década de los años 80 implicó el desaliento para avanzar en nuevos proyectos que se encontraban en manos del Estado. Sin embargo, a pesar

de las limitaciones presupuestales, los técnicos a cargo de los proyectos estatales continuaron introduciendo mejoras y también poniendo en marcha yacimientos.

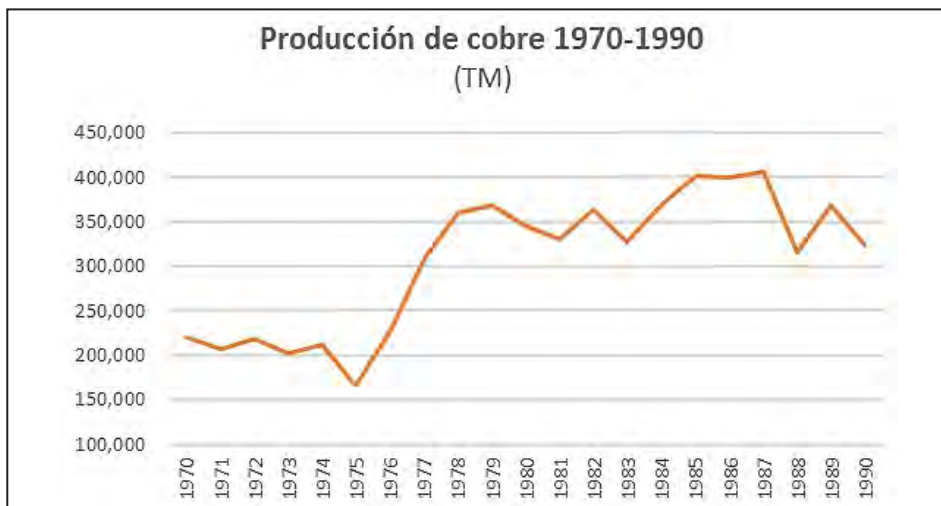


Figura 6.11 Producción de cobre entre 1970 y 1990.

Eso ocurrió con el proyecto cuprífero Tintaya, ubicado en la provincia de Espinar, departamento de Cusco, que entró en operaciones en 1985 y dio un impulso a la producción de cobre del Perú que permitió superar nuevamente las 400 mil toneladas en ese año, aunque dicho nivel productivo solo pudo ser superado un año (1987) durante el segundo quinquenio de la década.

El potencial cuprífero del Perú ya era ampliamente conocido en la década de los años 80, no solo en la esfera de los especialistas o los actores vinculados a la minería peruana sino también en otros ámbitos; lamentablemente, se registró una caída de 10.3 % en la producción de cobre en dicha década. El retroceso

productivo de 9.8 % en el caso del hierro no sorprende si se toma en cuenta los problemas de gestión que registró Hierro Perú desde que pasó a manos estatales.

En cuanto a la producción de zinc, la tendencia creciente registrada desde los años 70 continuó en la década de los 80, con algunos años de descenso, en especial en 1988. Hay que recordar que además de las empresas estatales, en particular Centromín Perú, una parte importante de la producción de zinc del Perú estaba a cargo de medianas empresas del sector privado que sufrían problemas de seguridad, problemas de financiamiento, libre disponibilidad de las divisas generadas y desde luego de protestas sindicales.

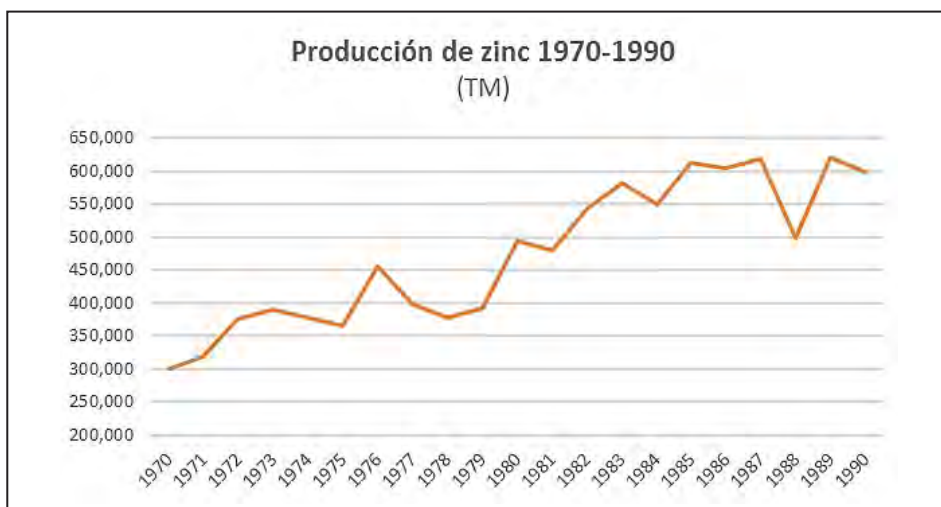


Figura 6.12 Producción de zinc entre 1970 y 1990.

En el caso del plomo se advierte un periodo de fuerte incremento de la producción que se inicia en 1979 y culmina en 1983; posteriormente, hay un repunte en 1985 para registrar una

caída tres años continuos hasta 1988, que fue un año negativo para la minería por los descensos productivos en casi todos los minerales.

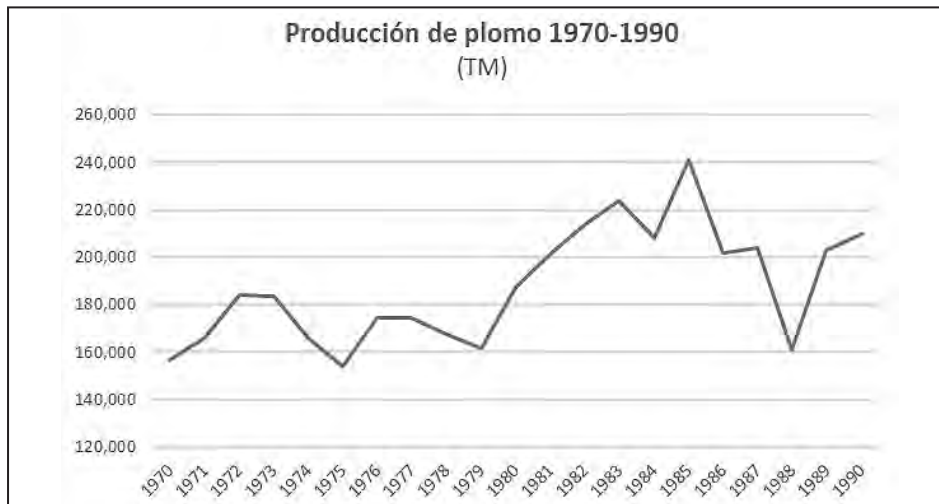


Figura 6.13 Producción de plomo entre 1970 y 1990.

La producción de oro no fue importante en el Perú en la década de los setenta y ello se advierte por un nivel estable registrado en esa década, una época marcada por el abandono del patrón dólar-oro en el sistema monetario internacional. El crecimiento

de la producción aurífera aumentó en la década de los ochenta en forma moderada hasta 1989 cuando registró un notorio incremento.

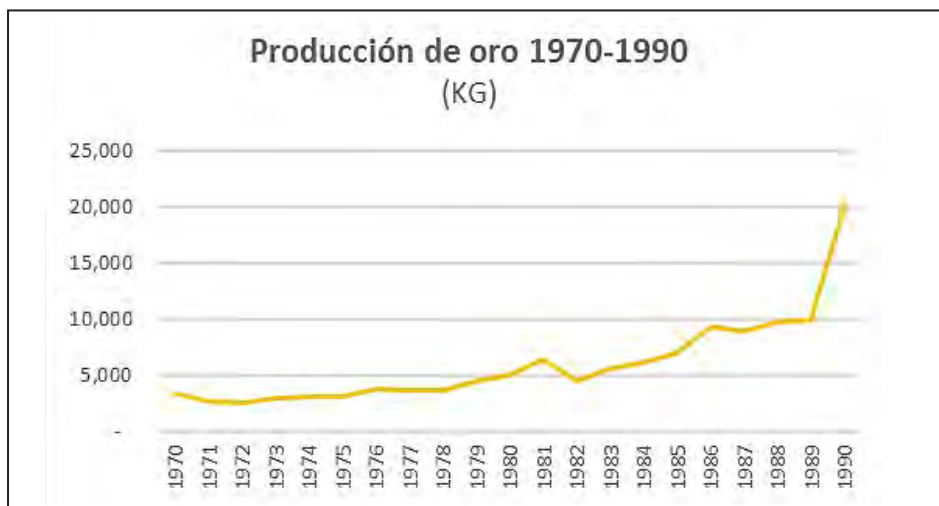


Figura 6.14 Producción de oro entre 1970 y 1990.

Cabe precisar que una de las funciones asignadas al Banco Minero desde la década de los 70 fue la compra de oro a los pequeños productores y no existía ninguna empresa de la mediana minería dedicada con exclusividad a la explotación de

oro. Sin embargo, hacia finales de la década comenzó a ganar protagonismo Compañía Minera Poderosa, una de las mineras auríferas que ganaría importancia en la producción aurífera en las siguientes décadas.

La visión externa de la actividad minera

Las reformas implantadas por el gobierno militar en la minería peruana, en particular en la denominada "primera fase" entre 1968 y 1975, ahuyentaron la inversión extranjera, sobre todo de Estados Unidos que era el país predominante en la industria minera en esa época. El gobierno democrático que subió al poder el 28 de julio de 1980 generó expectativas de cambio; aunque no concretó un marco atractivo para las inversiones extranjeras, en la minería.

Sin embargo, los países compradores y/o consumidores de minerales continuaron observando con atención lo que ocurría con la minería peruana. Ese es el caso de Estados Unidos, que a través del Informe Anual Minero 1984 del Departamento del Interior indica los problemas que enfrentaban las empresas en un entorno donde podían aprovechar las condiciones de los mercados de minerales de la época.

"Fue otro año de crisis para el sector minero. Unos conjuntos de pequeñas empresas dependientes de la producción de cobre se vieron forzadas a cerrar en 1984. Muchas productoras polimetálicas medianas y pequeñas estuvieron en posición de tomar ventaja de las fluctuaciones de las cotizaciones debido sus esfuerzos en el recorte de costos y la diversificación de la producción. Mientras en 1983, la plata permitió obtener rentabilidad a los productores, en 1984 la ocasión fue para los productores de zinc. El valor de las ventas de zinc y plomo sobrepasaron a las de la plata", señala el informe.

En efecto, al observar la evolución de las exportaciones de minerales de la década de los 80, se advierte que las ventas externas de plata ascendieron a US\$391 millones en 1983, que fue el valor anual más alto de las exportaciones de este metal precioso en la década. Asimismo, las exportaciones de zinc y plomo en 1984 sumaron US\$340 millones y US\$234 millones, respectivamente; mientras las ventas de plata sumaron US\$227 millones en dicho año.

Tabla 6.18

Exportaciones FOB por principales productos mineros: 1980-1989 (Millones de US dólares)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Cobre	750	529	460	442	442	476	449	559	613	792
Hierro	95	93	108	75	58	76	60	61	60	56
Oro	40	74	56	69	67	43	7	1	-.-	-.-
Plata refinada	315	312	205	391	227	140	107	92	60	98
Plomo	384	218	215	294	234	202	172	256	191	205
Zinc	211	267	268	307	340	268	246	250	281	425
Petróleo crudo y derivados	792	690	719	544	618	645	232	274	166	217

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

El informe señalaba que SPCC, Centromín Perú y Minero Perú que producían el 92 % de la producción de cobre. Además, en la medida que el yacimiento Cerro Verde I de Minero Perú se acercaba a una fase de agotamiento, estaba previsto el inicio de la fase de producción de la nueva mina de sulfuros de cobre Tintaya en 1985.

En cuanto a las medidas de gobierno, el informe destacaba que varias normas del Congreso afectaron la industria minera. A partir del 1 de enero de 1984, se hizo efectivo el nuevo impuesto de 5 % a 10 % a todas las exportaciones y ventas internas de minerales tradicionales. En julio de 1984, el Decreto Legislativo 296 concedió incentivos tributarios a la pequeña minería que estuvieron vigentes hasta 1990.

La aplicación de impuestos a las exportaciones representa medidas desesperadas de los gobiernos con el propósito de generar ingresos. Tales medidas restaban competitividad a las

exportaciones debido a que las productoras mineras se venían obligadas a asumir dichos costos porque no los podían trasladar a los compradores.

No se aprovechó el potencial exportador

El potencial minero del Perú no admite discusiones. Las características geológicas de su territorio y la historia minera del país desde la época prehispánica hablan por sí solas. El Perú era, junto con México, uno de los principales productores de plata del mundo en el siglo XVI, un distintivo que se mantiene en pleno siglo XXI.

En el siglo XX, la actividad exploratoria realizada por empresas nacionales y extranjeras posibilitó el hallazgo de un conjunto de yacimientos de diversa magnitud, que progresivamente fueron puestos en operación y que permitieron una gran holgura fiscal, en periodos de altos precios de los minerales exportados.

Sin embargo, en periodos de precios bajos, la minería también aportó al país y en ese sentido, lo más simple fue apelar a aumentar los volúmenes de exportación. El problema se genera cuando no existe mineral exportable disponible para esas épocas, como en la década de los 80, ya que los volúmenes producidos y exportados no aumentaron en forma notoria.

El cobre siguió siendo el principal producto minero de exportación en la década de los 80 y las exportaciones del metal totalizaron US\$5462 millones, seguido del zinc con US\$ 3068 millones, plomo con US\$2172 millones.

La plata que tuvo un auge en los años 70 comenzó a perder participación en la canasta de minerales exportados por el Perú, a pesar de ser uno de los minerales que aumentó en forma importante el volumen exportado entre 1981 y 1984, el cual fluctuó entre 26 millones de onzas (1982) y 32.7 millones de onzas (1983), niveles por encima de las exportaciones anuales entre 1975 y 1979.

Las exportaciones de oro aumentaron en el primer quinquenio de la década de los ochenta, pero descendieron posteriormente; aunque en esos años ya comenzó a notarse una gran actividad de extracción en la zona de Madre de Dios.

Tabla 6.19

Exportaciones de metales entre 1981 y 1990 (BCR)

Cobre	5462
Zinc	3068
Plomo	2172
Plata refinada	1711
Hierro	705
Oro	328
Total	13446

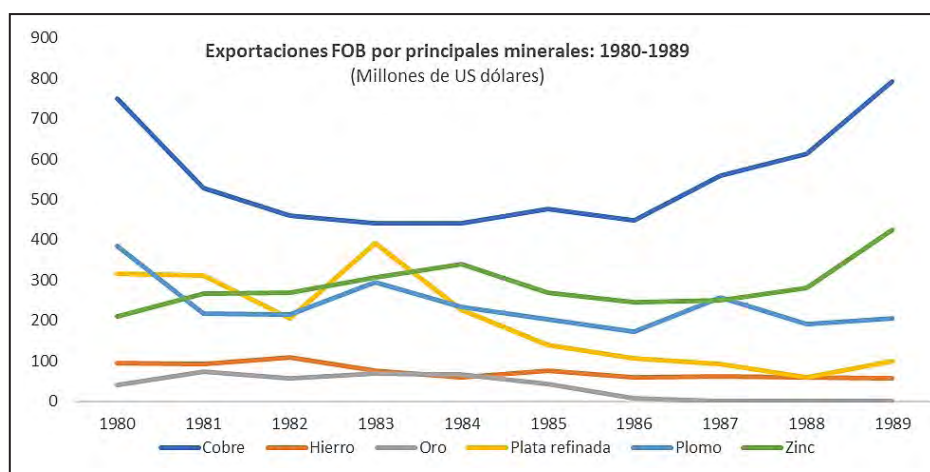


Figura 6.15 Exportaciones por principales minerales entre 1980 y 1989.

Fuente: BCRP (1990)

Una mirada de conjunto indica que las exportaciones de zinc y plomo comenzaron a acentuar su distanciamiento de las exportaciones de plata en 1983, ya que esta registró una tendencia declinante a partir de esa fecha. En el caso del hierro, las exportaciones registraron una leve tendencia declinante que, en parte, fue el reflejo de lo que ocurría en la empresa estatal productora de este mineral.

6.4 NUEVAS REGLAS Y LA ORIENTACIÓN DE LA POLÍTICA MINERA

El gobierno democrático asumió las riendas del país el 28 de julio de 1980 con la intención de reorientar el desarrollo del país desde una óptica predominantemente estatista hacia

una activa participación del sector privado y de la mejora de la competitividad del país. De esa manera, se esperaba un conjunto de reformas que incentivaran la inversión privada y en materia de minería evidentemente había que aprobar una nueva ley de minería.

Nueva Ley General de Minería

Así el Decreto Legislativo 109, Ley General de Minería, aprobada el 12 de junio de 1981, destacó las prerrogativas del Estado a través de una norma dada por un gobierno en el marco de la Constitución Política de 1979. En esa época, no existía la actitud cuestionadora hacia la participación del Estado en actividades productivas que se observó hacia final de la década. Algunos

artículos del mencionado Decreto Legislativo muestran la relevancia que tenía el Estado en la actividad minera, el apoyo a la pequeña minería y el rol asignado a la comercializadora de minerales Minero Perú Comercial (Minpeco) y Minero Perú.

"Artículo 2.- La prospección se realiza por la Empresa Minera del Perú, las empresas del Sector cuyo capital pertenezca íntegramente a aquella y por organismos o dependencias del Sector Público Nacional que tengan por finalidad ejercer actividades mineras que la hubieren solicitado y obtenido, o por personas naturales o jurídicas de derecho privado que contrataren con aquellos".

"Artículo 7.- El Estado podrá constituir y asignar Derechos Especiales del Estado para ejercer actividades de exploración, explotación, beneficio, refinación, labor general y transporte minero a favor de la Empresa Minera del Perú, y de las empresas del Sector Energía y Minas, cuyo capital pertenezca

íntegramente a la citada empresa, así como a Organismos y Dependencias del Sector Público Nacional, cuando éstos tengan por finalidad ejercer actividades mineras conforme a ley expresa".

"Artículo 28.- El Estado tiene derecho a ejercer, sin excepción, todas las actividades de la Industria Minera".

6.5 MINPECO DEJA CONDICIÓN MONOPÓLICA EN COMERCIALIZACIÓN

Otros aspectos gravitantes de la norma fueron establecer que Minpeco se dedicaría a la comercialización de minerales producidos por las empresas mineras estatales y, por lo tanto, se eliminó su condición de monopolio del comercio exterior de minerales del país establecida por el gobierno militar. De esa manera, se abrió la competencia en el comercio de minerales que beneficiaría a las empresas privadas.

Tabla 6.20

Operaciones de Minpeco en miles de millones de soles

	1978	%PBI	1979	%PBI	1980	%PBI
Ingresos corrientes	93.6	5.6	244.6	8	400.4	8.1
Gastos corrientes	92.5	5.5	256.5	8.4	431.1	8.7
Desahorro en cuenta cte.	1.1	0.1	-11.9	-0.4	-30.7	-0.6
Gastos de capital	-	-	0.8	-	0.4	-
Déficit económico	1.1	0.1	-12.7	-0.4	-31.1	-0.6
Zinc	211	267	268	307	340	
Petróleo crudo y derivados	792	690	719	544	618	

Cabe precisar que Minpeco había ganado un gran protagonismo en los años setenta; aunque también se vio expuesto a las coyunturas de especulación que ocurrieron en esa época, en particular con la plata. Algunas estadísticas de esa época muestran la situación de la comercializadora estatal de minerales. Los resultados económicos de Minpeco en 1979 y 1980 con pérdidas equivalentes al 0.4 % y 0.6 % del producto bruto interno de los mencionados años indican la grave situación en que cayó esta empresa monopólica en el comercio de minerales. La gravedad de la situación fue de tal magnitud que el Banco Central de Reserva tuvo que acudir en su auxilio otorgándole un financiamiento, algo que también era permitido por la legislación monetaria de la época.

Los cuestionamientos a la actuación de Minpeco no se hicieron esperar al interior del gobierno y ello reforzó la propuesta de restarle el poder monopólico a través de la Ley de Minería aprobada en junio de 1981, tal como se advierte en el siguiente dispositivo.

"Artículo 34.- Corresponde al Estado, a través de MINPECO, la comercialización de los productos de la Empresa Minera del Perú y de aquellas empresas cuyo capital le corresponda íntegramente a esta o al Estado, salvo en el caso citado en el último párrafo del presente artículo.

MINPECO podrá comercializar también en el mercado nacional e internacional, los productos mineros de las demás empresas mineras cuando así lo encarguen, así como los productos provenientes de las actividades minero-metalúrgicas del extranjero".

El Banco Minero en el comercio de oro

En el caso del Banco Minero del Perú, entidad creada en 1940, la nueva Ley General de Minería de 1981 reforzó algunas tareas que ya desarrollaba desde la década de los años 70, como el apoyo a la pequeña minería y la compra de oro. De esa manera el artículo 34 señalaba:

"Artículo 34.- Corresponde al Estado, a través del Banco Minero del Perú, la comercialización del oro en bruto o semi-elaborado, debiéndose reflejar en cada transacción el precio internacional en la compra de dicho producto. Cuando el Banco Central de Reserva, por razones de política monetaria desee adquirir oro, el Banco Minero deberá darle prioridad para adquirirlo; dichas transacciones estarán exoneradas de bienes y servicios y/o sus sustitutorios, para ambas partes. El Banco Minero podrá comercializar así mismo las perlas finas en bruto y piedras preciosos en bruto de sus prestatarios y de otras empresas cuando así se lo encarguen.

Las actividades de comercialización del Banco Minero deberán realizarse en igualdad de condiciones tributarias a las de MINPECO, salvo en el caso señalado de ventas al Banco Central de Reserva por razones monetarias, y salvo en el caso de la venta de la producción de sociedades mineras de propiedad del Banco Minero y en los casos de comercialización de producciones que gocen de un trato tributario especial".

Sin duda, las actividades desarrolladas por el Banco Minero implícitamente contribuían a la formalización de las labores de la minería a pequeña escala, una situación que cambió al

desaparecer la entidad estatal con las nuevas reglas mineras en la década de los noventa.

Uno de los vacíos dejados por el Estado para la creciente informalización de explotación aurífera que se dio en el Perú, en las siguientes décadas, fue la ausencia de una entidad que canalizara la producción a pequeña escala.

Financiamiento a la minería y descapitalización empresarial

Uno de los problemas que enfrentó la actividad minera en la década de los ochenta fue el acceso a financiamiento para proyectos, en un contexto en donde el sistema bancario carecía de la profundización de décadas posteriores. Los grandes proyectos necesariamente requerían financiamiento extranjero; sin embargo, después de la crisis de la deuda de 1982, el acceso al financiamiento de la banca internacional prácticamente fue nulo. El financiamiento de parte de los organismos financieros internacionales dependía de un manejo de la economía que implicaba una capacidad de pago, en el corto y mediano plazo, que era uno de los aspectos débiles del manejo económico. Era la época en que la auditoría del Fondo Monetario Internacional era un requisito ineludible para acceder a financiamiento internacional.

Tabla 6.21

Deuda Pública Externa créditos concertados por fuente de financiamiento: 1983-1992 (Millones de US dólares)

	Agencias oficiales y gobiernos	Banca internacional	Organizaciones internacionales	Países Europa del Este	Proveedores	Total
1983	280	608	463	16	569	1656
1984	255	0	232	1	297	530
1985	189	0	210	10	102	322
1986	128	0	85	33	93	211
1987	97	0	0	22	26	48
1988	287	23	20	45	212	300
1989	71	0	81	98	45	224
1990	71	0	40	35	112	187
1991	421	5	535	17	0	557
1992	157	0	1669	6	0	1675

Fuente: DGCP - MEF; BCRP

Se puede advertir que el último año en el que el Perú y las empresas que operaban en territorio nacional accedieron a todas las fuentes de crédito fue 1983. A partir de allí, el nuevo financiamiento de la banca extranjera al Perú, en particular para proyectos de mediano plazo como los proyectos mineros, fue nulo o escaso. Una situación similar también ocurrió con los organismos internacionales (Banco Mundial o Banco Interamericano de Desarrollo), cuya estrategia fue reducir su

exposición en el Perú. El enfrentamiento que tuvo el gobierno peruano del periodo 1985-1990 con la comunidad financiera internacional explica la escasez de financiamiento para proyectos. Además, el acceso a moneda extranjera estaba cada vez más limitado, lo cual dificultaba mejorar la competitividad minera a través de la importación de maquinaria y tecnología de última generación en el extranjero.

El Financiamiento estatal en crisis

El papel que tuvo el Banco Minero en el desarrollo de la minería peruana amerita una lectura serena en el tiempo. Fue creado en el año 1942 con la finalidad de promover el desarrollo de la pequeña y mediana minería, y en ese sentido apoyó el desarrollo de la minería metálica en los distritos de Hualgayoc, Castrovirreyna, Huachocolpa, Morococha y Tonsuyoc, creando diversa infraestructura (plantas e instalaciones) que transfirió a la actividad privada en 1970.

El gobierno militar otorgó otras facultades que dieron lugar a la ampliación del radio de acción (oficinas técnicas, de comercialización y bancarias), en las capitales de provincias más importantes y representativas en la minería. También, se otorgó el monopolio de la compra y venta de metales preciosos, lo cual condujo a importantes reconocimientos principalmente de oro aluvial a lo largo de todo el Perú.

En los años 80, la actividad del banco se reorientó nuevamente a la promoción de la pequeña minería polimetálica y estableció

no menos de 15 nuevas plantas de beneficio en diferentes distritos mineros. Su cuerpo técnico participó todos estos años, efectuando estudios geológicos mineros y valorizaciones de minas, y proyectos complementarios que fueron necesarios para efectuar sus propias inversiones y para otorgar financiación a la industria minera privada nacional.

En un trabajo sobre la minería peruana, Manuel Glave y Juana Kuramoto describen que “hacia mediados de la década de 1980 el precio del cobre, mineral explotado por la gran minería, cayó a cerca de 60 centavos de dólar por libra, lo que originó el cierre de minas y la adopción de medidas dirigidas a reducir los costos”. Añaden que “Los precios del oro, la plata y el plomo también cayeron drásticamente, afectando a las empresas de mediana y pequeña minería, muchas de las cuales estaban fuertemente endeudadas debido a las inversiones realizadas en años anteriores”. El gobierno, por su parte, necesitaba que las mineras del Estado continuaran generando las divisas requeridas por el país, aun cuando operaran a pérdida.

Tabla 6.22

Crédito del Banco Central de Reserva a la Banca de Fomento (saldos en miles de millones de intis)

	1987	1988	1989	1990
I. Banco Agrario	17.7	94.3	3,174.20	96,923.10
- Línea Agraria	14.9	84.9	3,054.60	96,291.20
- Fondo Agrario Andino	0.3	0.3	0	0
- Fondo de Reactivación de Maquinaria Agrícola	0.3	0.3	0	0
- Fondo de Desarrollo Rural Comunal	0.3	0.3	0.3	0.3
- Línea de Capitalización	1.8	4.2	119.1	627.7
- Otros	0.1	4.3	0.2	3.9
II. Banco Industrial	1.8	9.9	112.3	2,921.40
III. Banco Minero	1.2	13.4	167.4	1,363.60
IV. Bancos de la Vivienda e Hipotecario	2	1.9	0.8	1,100.60
V. Total	22.7	119.5	3,454.70	102,308.70

Fuente: BCR

La gravedad de la situación llevó al gobierno de esa época a crear el Fondo de Consolidación (Focomi) destinándole US\$120 millones para operar. A su vez, el Banco Minero creó una línea de crédito promocional de US\$40 millones que incluía un periodo de gracia de 18 meses (ampliable a 24 meses) y tasas de interés por debajo de las vigentes en los mercados internacionales.

Según Glave y Kuramoto, “algunas empresas de pequeña y mediana minería salieron beneficiadas de este periodo tan duro que vivió el sector minero”; sin embargo, precisan que “el desorden con el que se gestionó el FOCOMI hizo que muchas deudas no fuesen pagadas y que al final el Banco Minero fuese declarado en quiebra y posteriormente liquidado”.

En efecto, en medio del desorden económico generado por la hiperinflación, deudas otorgadas en moneda nacional se diluyeron y el financiador, en última instancia, el BCR tuvo que otorgar préstamos al Banco Minero entre 1988 y 1990.

En 1990, el BCR informó que “las cuentas monetarias del Banco Minero registraron en el año 1990 el aporte gubernamental de capital resultante de la asunción de la deuda que el banco había contraído con el Banco de la Nación por la administración del Fondo de Compensación Minera (FOCOMI). La precaria situación económica del banco, con una cartera morosa alta, un nivel patrimonial bajo y significativos gastos operativos respecto a sus colocaciones, determinó su intervención por parte de la Superintendencia de Banca y Seguros en el mes de diciembre”.

Especulación con la plata, los Hunt y Minpeco

Uno de los casos de especulación con los metales preciosos, en particular de la plata ocurrió en los años 70, una época de gran inestabilidad monetaria y financiera como consecuencia del fin de la paridad oro-dólar que estuvo vigente desde el final de la Segunda Guerra Mundial (Acuerdo de Bretton Woods, julio 1944).

La reacción de los empresarios que participaban en la explotación de recursos naturales fue diversa; pero un caso poco convencional fue el protagonizado por los hermanos Hunt, empresarios estadounidenses con negocios en el sector petrolero.

El aumento de precios que se advertía en Estados Unidos a inicios de los años 70 preocupaba a estos empresarios petroleros, pero la preocupación fue mayor tras el incremento de precios del petróleo registrado en octubre de 1973. Durante el juicio que se les siguió a los Hunt se conoció que estos habían iniciado la compra de plata en físico en 1970, cuando la cotización del metal se ubicaba alrededor de US\$2/onza.

En 1974, los Hunt habían logrado concertar contratos a futuro por un total de 55 millones de onza y la estrategia de estos hermanos-empresarios era exigir el metal físico en la fecha de

vencimiento de los contratos a futuro. Asimismo, la desconfianza hacia el gobierno estadounidense ante una eventual confiscación los llevó a trasladar la plata en físico a Suiza.

En 1979, tras el segundo aumento del precio del petróleo, la cotización de la plata registró una tendencia alcista, lo cual fue visto por los Hunt como una oportunidad para controlar el mercado de la plata, y aumentaron la compra de plata vía contratos a futuro juntamente con socios árabes que contaban con grandes excedentes de dólares.

Los Hunt continuaron con la estrategia de exigir la plata en físico al momento de vencer los contratos a futuro y otros inversores se sumaron al ambiente de especulación, con un precio de la plata que alcanzaba US\$16. El gobierno de EE. UU. intentó detener la especulación fijando nuevos requisitos para las transacciones, pero los Hunt lo desafiaron llevando el precio de la plata a US\$50.5/onza, el 17 de enero de 1980. La respuesta del gobierno de EE. UU., el 21 de enero de 1980, fue ordenar que las transacciones de plata debían hacerlas los compradores autorizados y prohibió a los bancos otorgar préstamos para especulación en el mercado de metales. Fue el fin de la aventura especulativa en el mercado de la plata y de los Hunt. La cotización de la plata inició una trayectoria declinante y el 27 de marzo se cotizaba en US\$11/onza.

Una buena noticia llegó al Perú el 21 de agosto de 1988. Se trataba del juicio que Minpeco había ganado a los hermanos Nelson, William y Lamar Hunt por la manipulación del mercado de la plata en la corte judicial de Nueva York, EE. UU. Minpeco había exigido una indemnización de US\$150 millones por los daños y perjuicios generados por la manipulación en el mercado de la plata que realizaron los Hunt. La corte de Nueva York ordenó el pago de US\$130 millones. Cabe precisar que el efecto de la especulación en el mercado de la plata alentó el aumento de la producción de plata por parte de empresas mineras peruanas en los años hasta 1985; aunque la trayectoria declinante de la cotización del metal no les generó muchos beneficios.

El desastre de los hermanos Hunt en el mercado de la plata en los años 70s



Figura 6.16 Precios de plata por onza. Nota: los precios son basados en el mes front (continuo) de los mercados de futuros. Fuente: Thomson Reuter, CFTC, WSJ Research

6.6 MINERÍA EN EL SIGLO XX

6.6.1 Incertidumbre y los protagonistas de la economía en el siglo XX

Algunos problemas de la globalización

La caída del socialismo a inicios de los años noventa dejó al capitalismo y sus variantes como únicas opciones para mantener o alcanzar el bienestar de los países. El término de la Guerra Fría entre Estados Unidos y la Unión Soviética generó la expectativa de retorno a la gran expansión de la economía similar al registrado en la era inmediata de la post Segunda Guerra Mundial.

El horizonte parecía promisorio, porque se comenzaron a gestar acuerdos de libre comercio a nivel regional y la economía de Estados Unidos recobró un gran dinamismo. La economía mundial registró tasas de crecimiento que fluctuaron entre 3.6 % y 4.1 %, entre 1994 y 1997, pero las crisis registradas en el sudoeste asiático y Rusia representaron un freno al optimismo que se había gestado. Sin embargo, el comercio internacional registró tasas de crecimiento anual cercanas al 10 % en varios años y en donde un conjunto de países asiáticos comenzaba a tomar mayor protagonismo en materia exportadora. Esta situación se ha ido afianzando en el siglo XXI con el surgimiento de China como la gran fábrica del mundo, inicialmente por los costos bajos de mano de obra.

Tabla 6.23

Panorama de la economía mundial

Volumen del comercio mundial (bienes y servicios)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	4.7	3.8	9	9.1	6.7	9.7	4.2	4.6
Importación								
Economías avanzadas	4.7	1.5	9.6	8.9	6.2	9.1	5.5	7.4
Países en desarrollo	11.2	11	7.1	11.1	8.3	10.5	0.4	-0.3
Países en transición	-24.7	9.3	4.5	12.3	8.3	7.1	2.9	-5.4
Exportación								
Economías avanzadas	5.2	3.3	8.9	8.8	5.9	10.3	3.7	4.4
Países en desarrollo	11.5	8	12.2	8.3	11.2	10.9	4.5	1.7
Países en transición	-21.3	9	1.3	10.3	5.3	4.9	6.3	3.9

Fuente: FMI

La expansión del comercio internacional también fue muy relevante en la década de los noventa con importantes crecimientos incluso en los años de impacto de las crisis asiática y rusa, lo que evidenciaba que, si los problemas de los grandes bloques económicos de occidente no escalaban de intensidad más allá de lo habitual, la economía y el comercio internacional continuaban su evolución positiva. En general, se advertía que la globalización seguía siendo un elemento predominante en el desarrollo de los países y el modelo económico de libre mercado la referencia para los países o los responsables de la conducción económica. Este paradigma traía detrás el supuesto de que los países se especializaban en función de sus ventajas

competitivas y, por lo tanto, los gobiernos deberían trabajar con esa orientación.

La crisis del sector tecnológico

La menor aversión al riesgo de los inversionistas por las empresas de tecnología disminuyó significativamente en el segundo lustro de los años noventa, cuando Internet comenzó a expandirse y generar una diversidad de negocios en Estados Unidos y Europa, lo que condujo a la explosión de la denominada "burbuja tecnológica", que generó grandes pérdidas con la caída del precio de las acciones en las bolsas de valores.

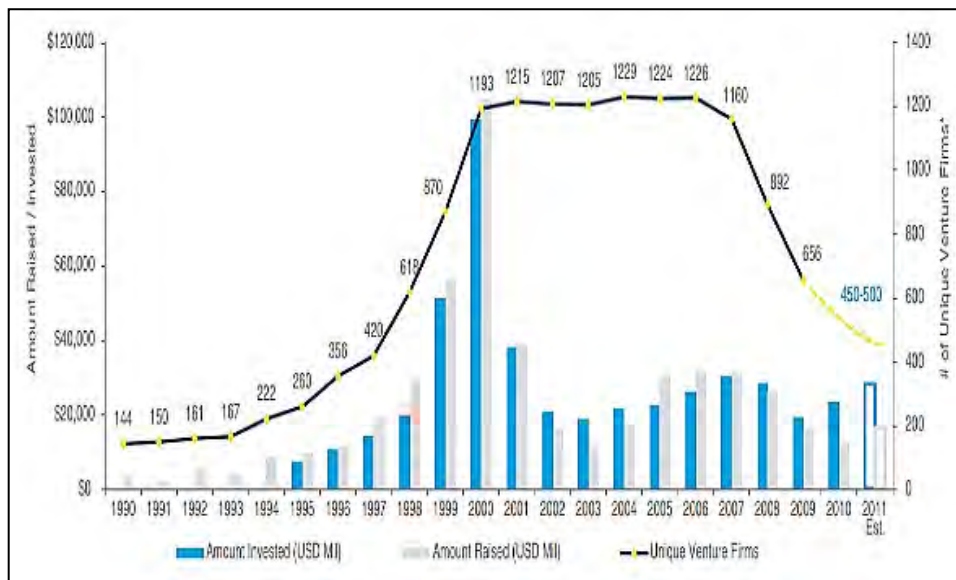


Figura 6.17 Inversiones en millones de dólares estadounidenses.

Fuente: SVB Capital (2011)

Se observa que el interés por el financiamiento de las iniciativas tecnológicas llega a un nivel "pico" hacia el año 2000 y desciende drásticamente después en los siguientes años, luego de generar grandes pérdidas para los inversionistas que apostaban a cualquier idea interesante asociada al desarrollo de Internet.

Se trató de una primera señal de alerta de las correcciones que hacía el mercado a un mundo en donde la regulación estatal era mínima. Los golpes a las bolsas de valores y su impacto en las empresas que operaban en el negocio de la explotación de materias primas iban a llegar por otro tipo de causas en las décadas siguientes.

Un mundo en donde cada vez había mayores facilidades para la movilidad de factores y que las fuerzas del mercado resolvían el problema de la determinación de precios de los bienes y

servicios formaban parte del paradigma vigente. Asimismo, la reducción de trámites en el transporte de personas y las facilidades de movilización no era suficientemente valorada por los órganos de seguridad en el mundo para efectos de políticas de seguridad interna.

El terrorismo y el aumento de los costos de seguridad

Todo esto cambió el 11 de septiembre del 2001, cuando se produjeron los ataques a los principales edificios de Nueva York, las denominadas "Torres Gemelas", por parte de la organización terrorista Al Qaeda. Una mirada de largo plazo indica que el ataque significó la primera señal de alerta respecto de los problemas que iban a generar al proceso de globalización en el futuro.

Una consecuencia de ello fue el establecimiento de mayores protocolos de seguridad en la cadena de producción y de servicios en Estados Unidos y Europa, los mismos que fueron progresivamente replicados en el mundo entero. La consecuencia de ello fue el incremento de costos de la producción y/o de los servicios al aumentar los presupuestos para la seguridad con el fin de prevenir ataques terroristas.

El riesgo de la seguridad aumentó a nivel mundial cuando se concretaron nuevos ataques terroristas en otras ciudades importantes como Madrid (marzo 2004) y Londres (julio 2005), ello como consecuencia de la respuesta dada por Estados Unidos ante los atentados de septiembre del 2001. Los ataques fueron una represalia de Al Qaeda al apoyo dado por España y el Reino Unido a Estados Unidos en la decisión de invadir Irak, un país en donde el grupo terrorista había sentado sus raíces.

Si bien la amenaza terrorista es uno de los grandes problemas que enfrenta la globalización, igual de preocupante es la orientación al populismo proteccionista que se viene registrando en la segunda década del siglo XXI como consecuencia de la falta de respuestas orgánicas a los problemas económicos de corte estructural al interior de los países.

El surgimiento de China como el segundo actor económico más importante del mundo y una agresiva competitividad productiva ha generado recelos entre las principales potencias económicas del mundo. China se ha convertido en el gran exportador de productos industriales del mundo y también un gran consumidor de productos básicos, entre ellos, minerales producidos por el Perú.

Las dos décadas del siglo XXI han puesto en mayor evidencia un conjunto de problemas económicos estructurales al interior tanto de los países desarrollados como de los países en vías de desarrollo, que la globalización, en muchos casos, no ha resuelto como algunos expertos vaticinaban y, por el contrario, han generado interrogantes respecto a cómo los países deberían enfrentarlos.

Las crisis económicas observadas en los países, en particular, los efectos de la gran crisis financiera del 2008 y la crisis generada por la pandemia del Covid-19 han dejado abierto un escenario para el afianzamiento de movimientos y discursos políticos de corte populista en un gran número de países que conducen al retorno de una mayor intervención del Estado en los asuntos económicos y un fomento del proteccionismo.

La globalización y las ventajas comparativas

La competencia económica entre las dos grandes visiones de desarrollo de los países después de la Segunda Guerra Mundial fue uno de los hechos predominantes en la conducción de los países hasta inicios de la década de los noventa,

cuando Rusia admitió el fin de la antigua Unión Soviética y aceptó la independencia de un conjunto de países satélite que conformaban ese importante bloque económico que era gran productor de minerales. Aunque estrictamente después se advirtió que los países que tenían el protagonismo minero mundial no eran muchos y estrictamente eran Rusia y Kazakstán, que está ubicado en el Asia Central y es un gran productor de uranio, cobre, oro, hierro, manganeso, así como carbón y petróleo.

Durante el periodo 1945-1990, la atención del mundo occidental, en particular de Estados Unidos, estuvo centrado en el desarrollo de los modelos de economía de orientación socialista y comunista, principalmente aplicado por la Unión Soviética. Fue un error histórico, en la medida que la falta de competencia en el bloque soviético impedía avances que sí se observaban en los países occidentales o en el grupo de países asiáticos de avanzada (Kissinger, H. On China. The Penguin Press, 2011).

Tal vez por ello, a inicios de los años setenta del siglo XX, Estados Unidos concertó un acercamiento estratégico con China porque en esa época el gigante asiático controlado por Mao Zedong era un país atrasado tecnológicamente con una pobreza en la mayoría de la población. El peligro competitivo en esa época lo representaba la Unión Soviética, aunque su capacidad exportadora no militar más allá de sus fronteras de influencia era prácticamente nula. El ímpetu exportador lo desarrollaron Alemania y Japón desde los años cincuenta al contar con nuevo stock de capital con tecnologías de la época que marcaban la diferencia con el stock de capital de Estados Unidos que venía de décadas anteriores, puesto que no fueron destruidas por el conflicto bélico 1939-1945. Eran tiempos en que el desarrollo se basaba en la industria manufacturera que demandaba insumos básicos (petróleo, minerales, etc.).

En la década de los setenta y ochenta surgieron en el comercio internacional los denominados nuevos países industrializados o NIC (Corea del Sur, Hong Kong, Singapur y Taiwán) con una agresividad exportadora que comenzó tímidamente a alcanzar a Europa, Estados Unidos y América Latina; pero que se hizo más notorio a partir de la década de los noventa.

El capitalismo de Estado desarrollado por China

China por su parte comenzó a avanzar en su modelo de capitalismo de Estado, en la década de los ochenta, bajo la conducción de Den Siao Ping, quien había tomado el control del Partido Comunista Chino, en 1978, tras la pugna en el poder generado por la desaparición del líder histórico Mao Zedong, en septiembre de 1976. Den Siao Ping no era un desconocido en China y ya había ocupado puestos estratégicos en el gobierno y en el partido, en los cuales había demostrado un gran pragmatismo.

En la historia de la humanidad, el gigante asiático ha sido uno de los más poblados del mundo y el desafío de atender las necesidades de 1000 millones de habitantes representaba un reto para el gobierno chino. La ausencia de China de los organismos internacionales que regían el comercio internacional, así como de los organismos financieros tradicionales dificultaba tener información de la economía china, de acuerdo con estándares internacionales hasta inicios de los años noventa.

La situación fue cambiando a medida que China inició de una manera progresiva el proceso de admisión en tales organismos, en particular en la Organización Mundial del Comercio (OMC), un hecho que culminó en diciembre del 2001, tras 15 años de negociaciones.

El siguiente objetivo de China y tal vez el más complejo fue que la comunidad internacional de occidente reconociera como una economía de mercado, y que se relaje las restricciones de la exportación de alta tecnología al gigante asiático. Ese fue un

proceso prolongado con muchos altibajos, en el caso del Perú fue una condición para suscribir el Tratado de Libre Comercio y con una posición crítica de representantes de la industria.

La globalización económica que conducía a una mayor intensidad de la competencia entre los países y las empresas implicaba también cambiar la óptica que durante décadas estuvo vigente en muchos países en vías de desarrollo, en el sentido de que la única manera de alcanzar el nivel de bienestar de los países desarrollados era a través de la industrialización.

La atención a la competitividad en la globalización

Fue uno de los paradigmas que influyó decisivamente en las políticas económicas vigentes en los países de América Latina, incluyendo al Perú. Sin embargo, hay países con gran potencial minero y, en general, con una importante industria extractiva de recursos minero-energéticos, que han avanzado al desarrollo de una manera constante y notable.

Tabla 6.24

Comparación de los niveles de competitividad entre Perú y países con potencial minero

País	Potencial geológico	Política tributaria	Infraestructura	Instituciones y regulación	Entorno social	Puntaje	Puntaje estandarizado
Australia	10	6.6	8.5	9.3	10	9.3	10
Canadá	4.9	10	10	9	9.2	7.6	7.9
Sudáfrica	3.3	5.3	9.5	9.2	3.3	5.5	5.1
Chile	3.9	6.1	6.5	5.2	5.9	5.1	4.6
México	3.7	1	3.1	6.2	1.4	3.4	2.4
Perú	4.7	4.9	1	10	1.4	3	1.9
Colombia	1	1.3	3.5	5.8	1	2.2	1
Ponderación	40%	10%	15%	17.50%	17.50%		

Fuente: Macroconsult (2019)

El trabajo de Macroconsult muestra claramente los elementos de la competitividad minera en un grupo de ocho países con un potencial geológico de clase mundial. La teoría de las ventajas comparativas indica que los países deberían orientar sus esfuerzos a la producción de bienes o servicios a los menores costos, dado que tienen ventajas relativas para ello; sin embargo, hay otros elementos que inciden en la competitividad de los países.

La investigación confirma la importancia del potencial geológico que exhibe el Perú en el mundo y una política tributaria que tampoco es tan controvertida con relación a la muestra de países. Sin embargo, hay un retraso concreto en aspectos de infraestructura, instituciones y regulación del Estado, así como en el entorno social que indica las dificultades mostradas en la última década para resolver las controversias en materia de exploración y explotación minera.

Cuadro 6.3
Perú en el ranking de producción minera

Ranking producción minera		
Oro	1	8
Cobre	2	2
Plata	2	2
Zinc	1	2
Plomo	1	3
Estaño	1	4
Molibdeno	2	4
Cadmio	2	9
Roca Fosfórica	2	10
Diatomita	1	6
Indio	1	7
Andalucita	1	4
Selenio	1	11

Fuente: USGS (2019)

De otro lado, la aspiración de producir bienes para el consumo final a partir de los minerales extraídos en el Perú sigue presente en sectores de la sociedad. Hay avances en ese sentido, aunque se olvida la escala del volumen de producción, en la medida que Perú se ha convertido en uno de los grandes productores de varios minerales clave (cobre, zinc, plomo, estaño, oro y plata), cuyo destino definitivamente son los grandes mercados de consumo. Hay también un gran desconocimiento del proceso productivo minero en el Perú, puesto que la idea dominante durante décadas fue que solo se trata de extraer el mineral y embarcarlo a los clientes del exterior.

Se trata de una idea simplista que desconoce las dificultades para detectar mineral (fase de exploración) y determinar los niveles de extracción que pueden generar retornos de mediano y largo plazo a las grandes inversiones realizadas.

Lo cierto es que la actividad minera peruana otorga un importante valor agregado a los productos extraídos y que avanzar en el proceso productivo de concentrados a refinados no parece haber gran diferencia. Un trabajo del Instituto Peruano de Economía (IPE) encontró que en el caso del Complejo Metalúrgico La Oroya, el valor agregado de la refinación ascendía a 10 %. “Es decir, por cada US\$1 de concentrados que se procesaba en el CMLO, se obtenían US\$1.23 metales refinados luego de incurrir en US\$0.13 de insumos, lo que representa un valor agregado de US\$0.10”.

De manera que la globalización plantea desafíos para los países con potencial minero y fundamentalmente el problema es avanzar la mejora de la competitividad y los aspectos mencionados por el trabajo de Macroconsult: política tributaria, infraestructura, instituciones y regulación, y entorno social.

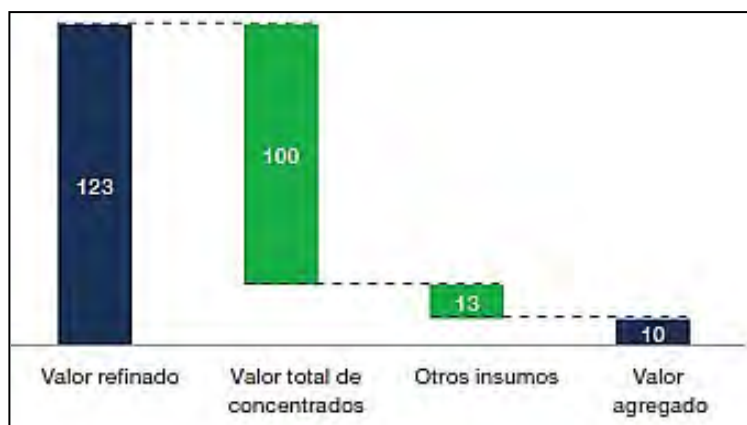


Figura 6.18 Valor agregado promedio del CMLO (US\$/TMF)

El ascenso de China en el mercado de metales

La economía china venía registrando altas tasas de crecimiento desde la década de los años ochenta del siglo XX; pero las dimensiones de su economía, según estimados del Fondo Monetario Internacional, todavía no eran lo suficientemente grandes para ingresar al ranking de las 10 economías más importantes del mundo en 1990, el cual era liderado por Estados Unidos, Japón y Alemania.

Japón se acercaba a EE. UU. en 1990

En esa época, la distancia entre la economía más grande del mundo, Estados Unidos, y la segunda, Japón, no era muy significativa (equivalía al 54 % de economía de EE. UU.), lo cual reflejaba el importante avance competitivo que había alcanzado la economía japonesa, en particular en exportaciones industriales y tecnológicas. Sin embargo, a inicios de la década de los noventa, Japón comenzó un prolongado periodo de estancamiento económico, a pesar de las diversas políticas aplicadas por los gobiernos para retomar el dinamismo de la economía nipona.

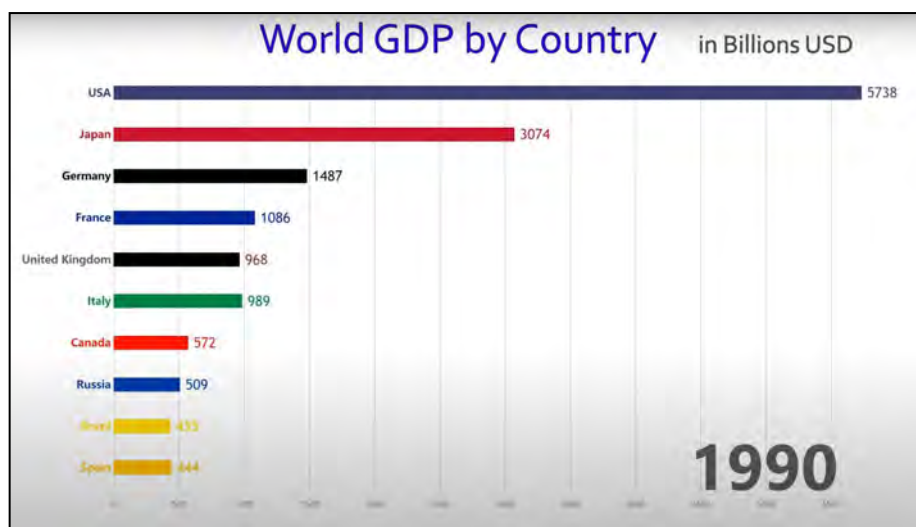


Figura 6.19 GDP por país en 1990 (en miles de millones de dólares)

Un aspecto destacado de los conglomerados japoneses durante las décadas de los setenta y ochenta fue que su consolidación como potencia exportadora ocurrió a pesar de que en muchos países predominaba la orientación proteccionista de sus respectivos mercados. En realidad, los conglomerados japoneses aprovecharon las políticas proteccionistas para abrir fábricas en mercados estratégicos, que les permitían llevar productos a los mercados cercanos.

La tendencia a abrir los mercados a la competencia internacional que llegó con la globalización en la década de los noventa condujo a que los conglomerados busquen reducir sus costos para mantener el nivel de competitividad en materia de precios y encontraron en el mercado chino el lugar idóneo para el traslado de sus fábricas y su producción.

Por su parte, el gobierno chino estaba empeñado en atraer inversiones y principalmente tecnología para avanzar en el desarrollo industrial y para tal efecto contaba con una

oferta de mano de obra barata de millones de trabajadores y mínimos controles ambientales, algo que se había convertido en un elemento de controversia en las grandes economías industrializadas.

Una preocupación similar ocurría también en las empresas europeas y estadounidenses en su objetivo de mejorar sus niveles de competitividad frente a la rivalidad impuesto por Japón. De allí que, en forma progresiva, las multinacionales de Estados Unidos y Europa vieron al mercado chino como una oportunidad para atender un gran mercado y a la vez un lugar donde se podía fabricar partes y piezas para sus industrias.

Dicha situación fue más notoria en las empresas tecnológicas líderes de Estados Unidos (Microsoft, Apple, etc.), las cuales trasladaron sus matrices hacia paraísos fiscales para huir de la alta carga impositiva del fisco y de esa manera elevar significativamente los retornos a sus accionistas.

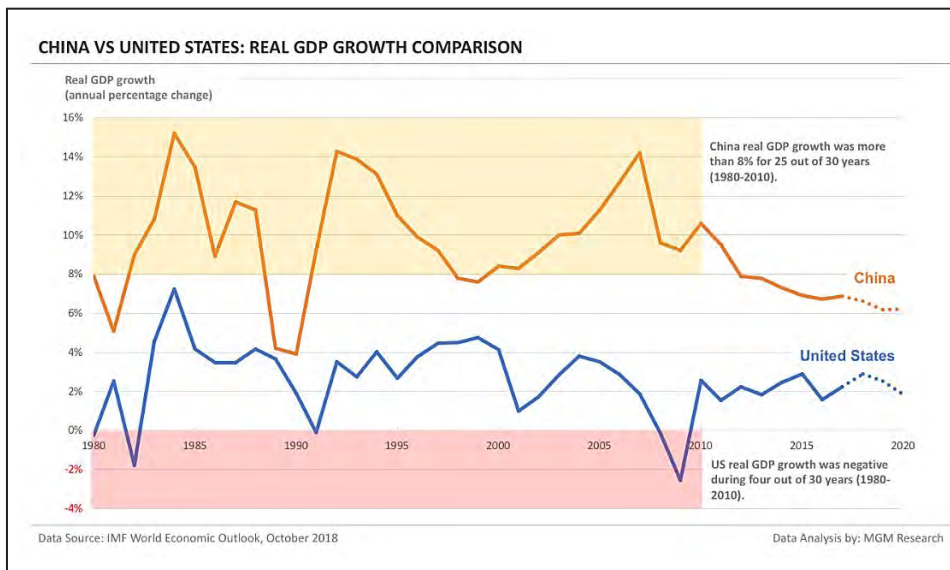


Figura 6.20 Comparación de crecimiento real de GDP entre China y Estados Unidos.
Fuente: IMF (2018)

El crecimiento de China en la globalización

El nuevo siglo trajo, sin duda, el fuerte protagonismo de China en la economía mundial y la interdependencia que se configuró con las grandes economías mundiales, cuyas empresas ansiaban conquistar una porción del enorme mercado chino y por tal motivo estaban dispuestos a conceder las exigencias impuestas por el gobierno de China a los inversionistas que se asentaron en su territorio.

Una de las exigencias era que el Estado chino y/o las empresas controladas por capitales privados chinos debían participar como accionistas no controladores de las empresas que se afincaban en China (sean o no subsidiarias de las multinacionales occidentales). El interés de China era atraer tecnología de avanzada de Occidente que contribuya a crear capacidades tecnológicas del gigante asiático.

Cuatro décadas creciendo anualmente, y en forma continua, a tasas muy superiores a Estados Unidos le han permitido al gigante asiático convertirse en la segunda economía más grande del mundo, si se considera el Producto Bruto Interno (PBI) nominal; primera en la medición del PBI, según la paridad del poder de compra (PPP). Lo sorprendente de la expansión china fue que durante la crisis financiera que afectó a Estados Unidos, Europa y que se extendió a muchos países de los otros continentes, en el 2009, pudo registrar un crecimiento

superior a 8 %. Eso contribuyó a valorar a la economía asiática, convirtiéndose en el motor que alentó la recuperación de una diversidad de países.

Para la segunda década del siglo XXI, China se había convertido en la segunda economía más grande. Según el Banco Mundial, en el 2015, las dimensiones de la economía de Estados Unidos equivalían al 24.3 % de la economía mundial; mientras que China representaba el 14.8 % y muy atrás quedaban Japón (5.9 %), Alemania (4.5 %) y Reino Unido (3.9 %).

El protagonismo de China en la economía mundial era una realidad y sobre todo la forma en cómo venía irrumpiendo, toda vez que en 1990 no aparecía entre los 10 principales países más importantes y en esa época el dinamismo exportador asiático lo representaba, además de Japón, los países NIC. China en esa época seguía siendo percibido como un país muy poblado con amplios niveles de pobreza en su población y tecnológicamente poco avanzado.

Mantener una alta tasa de expansión económica, por encima del crecimiento del mundo, en momentos en que las principales economías de Occidente y Japón enfrentaron la crisis financiera entre el 2008 y 2012 con tasas de crecimiento bajas y/o negativas permitió consolidar la fuerza de la economía china, cuyos recursos de su amplio superávit comercial se destinaron a adquirir bonos del Tesoro de Estados Unidos

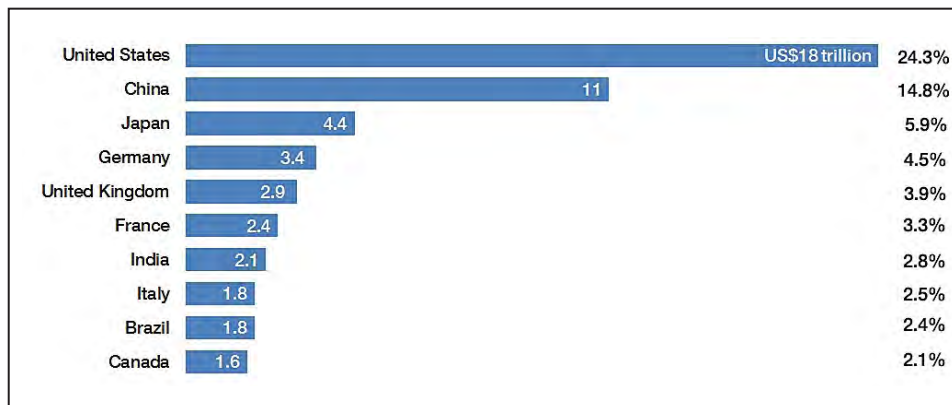


Figura 6.21 Economías más grandes del mundo.
Fuente: World Bank (2015)

China acorta distancia económica de EE. UU. en siglo XXI

Evidentemente, la importancia de económica de China es seguida por todos los organismos internacionales, puesto que ningún país ingresó al ranking de los 10 países más grandes y en menos de dos décadas avanzó para posicionarse en el segundo lugar y tener la perspectiva de sobrepasar a Estados Unidos en las siguientes dos décadas.

Algunas proyecciones realizadas por el FMI en el 2015-2016 indicaban que la distancia de las dimensiones entre las economías de Estados Unidos y China se iba a acortar y hacia el 2023 la ventaja sería de 25 %. Esta situación es bastante factible en la medida en que la crisis de la pandemia del Covid-19 conducirá a una caída del PBI de EE. UU., en el 2020, en tanto que China será la única gran economía en registrar un crecimiento.

Otra economía también igualmente con una población similar a la China que desarrolla un protagonismo en la economía mundial es la India. Este país ocupaba el séptimo lugar en el ranking de las economías más grandes del mundo en el 2015 e iba ubicarse en el quinto lugar, a fines de la segunda década del siglo XXI; aunque a diferencia de China, la India no es percibida como una potencia exportadora.

Por otro lado, la capacidad exportadora de bienes manufacturados por parte de China no ha sido posible sin que se convierta en un

gran comprador de productos básicos (minerales, hidrocarburos, entre otros) y mantenga una estrecha relación con los países productores, como el Perú, en donde conglomerados chinos adquirieron yacimientos cupríferos de clase mundial.

El gobierno chino también ha estado empeñado en construir diversas infraestructuras en su mercado interno y además atender las demandas sociales de su población. Al respecto, según un estudio de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), La población urbana en China aumentó de 300 millones en 1990 a casi 700 millones en el 2012, una situación que implica profundos cambios demográficos.

En los años 2011 y 2012, China construía cerca unas 800 mil viviendas cada mes, que implicaba un total de 10 millones al año, lo que representarían cifras récord para cualquier país con una gran población, pero no para China. En ese contexto la atención de una creciente demanda interna de infraestructura y la atención a las demandas de productos industriales y tecnológicos de los mercados internacionales convirtió a China en el consumidor dominante de minerales.

China consumía en el 2009, según cifras de la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco), el 39.1 % del consumo mundial de cobre refinado y aumentó a 52.5 % en el 2018, evidenciando el gran protagonismo adquirido por el gigante asiático en el mercado de uno de los metales estratégicos en el mundo.

Evolución de las mayores economías del mundo
Clasificación mundial. PIB, en miles de millones de dólares

2017		2018		2019		2020		2023						
1	EE UU	19.485,4	1	EE UU	20.513,0	1	EE UU	21.482,4	1	EE UU	22.289,3	1	EE UU	24.670,5
2	China	12.014,6	2	China	13.457,3	2	China	14.172,2	2	China	15.462,0	2	China	19.580,6
3	Japón	4.873,2	3	Japón	5.070,6	3	Japón	5.220,6	3	Japón	5.371,7	3	Japón	5.907,6
4	Alemania	3.700,6	4	Alemania	4.029,1	4	Alemania	4.117,1	4	Alemania	4.331,7	4	Alemania	4.937,2
5	Reino Unido	2.628,4	5	Reino Unido	2.808,9	5	India	2.957,7	5	India	3.258,9	5	India	4.329,9
6	India	2.602,3	6	Francia	2.794,7	6	Francia	2.844,7	6	Francia	2.979,4	6	Francia	3.363,5
7	Francia	2.587,7	7	India	2.690,0	7	Reino Unido	2.809,9	7	Reino Unido	2.912,9	7	Reino Unido	3.257,1
8	Brasil	2.055,1	8	Italia	2.086,9	8	Italia	2.112,8	8	Italia	2.191,7	8	Italia	2.395,6
9	Italia	1.938,7	9	Brasil	1.909,4	9	Brasil	1.929,7	9	Brasil	2.027,6	9	Brasil	2.351,3
10	Canadá	1.653,0	10	Canadá	1.733,7	10	Canadá	1.820,4	10	Canadá	1.937,0	10	Canadá	2.321,9
11	Rusia	1.577,5	11	Corea del Sur	1.655,6	11	Corea del Sur	1.699,7	11	Corea del Sur	1.781,8	11	Corea del Sur	2.054,6
12	Corea del Sur	1.540,5	12	Rusia	1.576,5	12	Rusia	1.649,2	12	Rusia	1.683,8	12	Rusia	1.818,4
13	Australia	1.379,5	13	ESPAÑA	1.437,0	13	ESPAÑA	1.474,1	13	ESPAÑA	1.550,6	13	Australia	1.794,4
14	ESPAÑA	1.314,0	14	Australia	1.427,8	14	Australia	1.464,4	14	Australia	1.541,4	14	ESPAÑA	1.758,4
15	México	1.151,0	15	México	1.199,3	15	México	1.242,4	15	México	1.306,8	15	México	1.527,0
16	Indonesia	1.015,4	16	Indonesia	1.005,3	16	Indonesia	1.066,8	16	Indonesia	1.175,1	16	Indonesia	1.446,4
17	Turquía	851,5	17	Países Bajos	909,9	17	Países Bajos	933,2	17	Países Bajos	980,6	17	Países Bajos	1.106,8
18	Países Bajos	832,2	18	Arabia Saudí	769,9	18	Arabia Saudí	795,6	18	Arabia Saudí	815,3	18	Turquía	958,3
19	Arabia Saudí	686,7	19	Turquía	713,5	19	Suiza	731,1	19	Suiza	766,6	19	Arabia Saudí	889,5
20	Suiza	679,0	20	Suiza	709,1	20	Turquía	631,2	20	Turquía	744,1	20	Suiza	873,6

Fuente: FMI BELÉN TRINCADO / CINCO DÍAS

Figura 6.22 Evolución de las mayores economías del mundo.

Tabla 6.25

Comparación de la tasa de urbanización de China y otros países

	PNB per cápita (2012)	Población urbana (en millones)			Población urbana /población total (en porcentajes)		
		1990	2005	2012	1990	2005	2012
Países y regiones de ingreso bajo (PNB per cápita ≤ \$ 1035)		108	187	239	21	26	28
Bangladesh	840	21	37	45	20	26	29
Kenia	850	4	8	11	17	22	24
Países y regiones de ingreso mediano bajo (\$1036 ≤ PNB per cápita ≤ \$4085)		536	812	975	31	36	39
Vietnam	1400	13	22	28	20	27	32
India	1530	222	330	392	26	29	32
Filipinas	2470	30	41	48	49	48	49
Indonesia	3420	55	103	127	31	46	51
Países y regiones de ingreso mediano alto (\$4086 ≤ PNB per cápita ≤ \$4085)		784	1222	1450	41	54	61
China	5680	300	554	699	26	43	52
Malasia	9800	9	17	21	50	68	73
Brasil	11630	111	154	169	74	83	85
Países y regiones de ingreso alto (PNB per cápita ≥ \$12615)		831	956	1025	74	78	80
Hong Kong	36560	6	7	7	100	100	100
Alemania	44010	58	60	61	73	73	74
Japón	47870	96	110	117	77	86	92
Estados Unidos	50120	188	239	259	75	81	83

Fuente: Banco Mundial (2012)

Tabla 6.26
Consumo mundial de cobre refinado (miles de toneladas de cobre fino)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
China	7,085.8	7,385.4	7,880.8	8,895.6	9,830.1	11,302.7	11,353.0	11,642.2	11,790.5	12,482.3
Estados Unidos	1,636.6	1,753.7	1,744.7	1,758.0	1,826.3	1,767.0	1,796.0	1,811.0	1,771.0	1,814.0
Alemania	1,133.6	1,312.2	1,247.0	1,110.3	1,122.8	1,162.2	1,218.9	1,243.1	1,180.2	1,200.3
Japón	875.4	1,060.3	1,003.3	985.0	996.4	1,072.4	997.5	972.7	998.0	1,039.2
Corea del sur	933.1	856.1	784.1	721.3	722.3	758.7	704.9	759.1	655.7	620.8
Italia	522.9	618.8	607.9	570.0	551.6	625.1	613.0	596.0	635.1	552.1
India	551.5	514.1	402.2	455.8	423.3	434.2	491.4	499.3	485.6	512.4
Turquía	322.9	369.2	420.9	429.4	436.3	433.3	467.7	464.1	445.5	451.0
México	284.0	273.6	329.5	322.3	333.9	360.6	393.2	423.3	371.5	399.1
Taiwán	493.6	532.4	457.2	432.4	437.5	464.9	470.9	507.2	497.9	382.2
España	301.0	343.9	329.7	307.3	298.3	311.3	333.7	311.7	345.6	367.0
Tailandia	215.6	243.8	229.5	240.5	247.7	256.7	273.5	342.3	363.4	361.3
Rusia	409.7	456.5	587.2	651.9	664.8	611.3	329.5	370.8	385.3	315.5
Polonia	214.2	259.1	251.1	247.9	238.6	277.4	280.4	283.9	274.2	296.0
Brasil	328.4	457.5	399.8	432.4	394.6	384.5	433.8	292.6	281.7	291.3
Otros	2,807.2	2,901.6	2,890.5	2,756.9	2,608.3	2,527.3	2,735.8	2,680.5	2,780.8	2,694.5
Total	18,115.6	19,338.3	19,565.6	20,317.2	21,132.7	22,749.7	22,893.3	23,199.7	23,262.1	23,779.0

Fuente: World Metal Statistics Mayo (2019) & Yearbook (2019)

Por el contrario, la relevancia del consumo de cobre refinado en el mundo por parte de Estados Unidos descendió de 9.0 % en el 2009 y a 7.6 % en el 2018; mientras que Alemania, el tercer gran consumidor de este producto, igualmente descendió en protagonismo de 6.2 % en el 2009 y a 5.0 % en el 2018.

El gran consumidor de minerales en el siglo XXI

Otra forma de ver la relevancia de China en el mercado de minerales es la evolución de las importaciones de cobre en el mundo. En el 2009, China adquirió 4.9 millones de toneladas equivalente a 34.7 % del total mundial, mientras que en el 2018 adquirió 9.6 millones de toneladas equivalente a 49.5 %.

Nuevamente el avance del gigante asiático implica la pérdida de protagonismo de los otros principales compradores, puesto que sus niveles de importaciones se mantuvieron en el periodo 2009-2018. El único gran comprador de cobre, entre los cinco principales, Corea del Sur descendió su participación en las importaciones de cobre de 6.5 % en el 2009 y a 4.0 % en el 2018.

Hay que recordar que China es también el tercer mayor productor de cobre en mina, solo por detrás de Chile y Perú, por lo que su consumo de minerales es una combinación de su producción interna e importaciones.

Tabla 6.27
Importaciones mundiales de cobre (miles de toneladas de cobre fino)

Importaciones mundiales de cobre (1) (miles de Tm de cobre fino)										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
China	4,949.3	4,938.3	4,849.7	5,882.6	6,355.9	7,140.0	7,538.3	8,599.5	8,375.9	9,588.9
Japón	1,331.4	1,368.1	1,282.0	1,322.7	1,356.1	1,374.3	1,254.7	1,322.3	1,236.3	1,366.1
Alemania	1,025.9	1,049.4	1,091.4	1,072.5	1,045.9	1,009.1	1,025.7	1,036.9	1,063.0	1,059.3
Estados Unidos	756.5	631.9	686.5	653.6	751.6	638.7	686.2	740.6	853.3	793.0

Continuación...

Importaciones mundiales de cobre (1) (miles de Tm de cobre fino)										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Corea del sur	928.0	885.0	841.6	785.2	786.4	812.7	890.8	932.2	809.1	789.2
España	380.1	381.7	446.0	424.7	455.0	491.8	500.4	536.8	618.2	619.0
Italia	544.6	628.3	615.3	584.1	559.3	622.7	622.8	605.8	634.1	554.2
Taiwán	498.4	535.5	460.7	433.5	438.1	465.3	471.4	534.1	583.8	486.7
Tailandia	215.7	243.8	230.5	240.5	247.9	258.6	273.7	343.1	363.7	368.6
Turquía	294.5	338.4	341.7	351.8	363.3	363.8	387.1	404.5	387.7	364.2
India	541.5	438.7	498.6	501.6	797.9	526.5	464.7	289.6	402.5	347.0
Holanda	286.0	277.7	254.0	208.8	214.1	159.2	191.6	329.4	317.8	343.7
Malasia	171.3	204.1	217.8	209.5	517.8	259.1	352.6	325.8	341.6	300.8
Bélgica	292.5	252.6	241.2	252.7	233.4	275.0	294.8	259.7	295.8	295.6
Brasil	314.4	370.3	340.8	325.7	372.7	310.5	332.1	168.1	326.1	293.9
Otros	1,738.9	1,617.0	1,493.1	1,531.1	1,711.8	1,503.2	1,732.8	2,074.6	2,280.1	1,861.8
Total	14.3	14.2	13.9	14.8	16.2	16.2	17.0	18.5	18.9	19.4

Fuente: World Metal Statistics Mayo (2019) & Yearbook (2019)

Evolución de la oferta de minerales

La evolución de la economía mundial que registraba una importante expansión en la primera década del siglo XXI sufrió un primer gran revés en el 2008, cuando estalló la crisis financiera en Estados Unidos que se expandió a Europa y desde allí a

otros países de la región dada las vinculaciones comerciales y financieras. Hay que recordar que, después de la crisis de 1929, no se produjo una gran crisis en Estados Unidos o Europa más allá de los habituales ciclos económicos moderados que son parte de la evolución de las economías.

Tabla 6.28

Producción mundial de cobre de mina (miles de toneladas de cobre fino)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Chile	5394.4	5418.9	5262.8	5433.0	5776.0	5761.1	5772.1	5552.6	5503.5	5831.6
Perú	1274.7	1247.2	1235.3	1298.7	1375.6	1377.6	1700.8	2353.9	2444.7	2437.4
China	1061.5	1179.8	1294.7	1551.5	1681.3	1741.2	1667.1	1850.7	1656.4	1506.6
República Dem. Congo	2993.0	3783.0	4800.0	6084.0	8167.0	9956.0	1039.0	1023.7	1094.6	1225.2
Estados Unidos	1181.0	1110.0	1110.0	1170.3	1240.1	1383.0	1410.0	1431.0	1257.5	1216.1
Zambia	601.2	731.7	739.8	700.0	751.6	755.8	725.3	738.0	941.5	998.4
Australia	8562.0	8700.0	9600.0	9606.0	1001.0	9790.0	9959.0	9480.0	8600.0	9800.0
Kazajstán	3977.0	4037.0	4334.0	4908.0	5380.0	5006.0	5661.0	5958.0	7452.0	8001.0
Indonesia	9974.0	8712.0	5430.0	3981.0	4940.0	3660.0	5801.0	6959.0	6663.0	7462.0
Rusia	7424.0	7032.0	7131.0	7200.0	7250.0	7400.0	7400.0	7400.0	7400.0	7440.0
Otros	3060.1	3203.6	3441.7	3594.2	3815.5	4024.6	4250.3	4489.7	4339.2	4366.3
Total	15866.0	16117.7	16213.8	16926.7	182149.0	18624.7	19446.8	20419.2	20249.0	2085.2

Fuente: -World Metal Statistics May 2019 and Yearbook 2019.

- Comisión Chilena del Cobre: Cifras de Producción de Chile / Chile data: Chilean Copper Commission.

La demanda de minerales en un contexto de expansión económica fue un incentivo para aumentar la producción. En el caso del cobre, la producción en mina aumentó de 15.9 millones de toneladas en el 2009, a 20.9 millones de toneladas en el 2018, lo que equivalió a un aumento de 6.3 % en el periodo; aunque el incremento mayor correspondió al Perú, cuya producción se incrementó de 1.3 millones de toneladas a 2.4 millones de toneladas.

En la década 2009-2018, fue República Democrática de Congo el país que reportó el mayor incremento en la producción de cobre de mina al aumentar tres veces la extracción del metal rojo. Indonesia fue el único de los 10 principales países productores de cobre que descendió su nivel de producción en el periodo, mientras Rusia prácticamente mantuvo su mismo nivel.

El oro activo de refugio en épocas de incertidumbre

En el caso de la producción mundial de oro, un metal precioso que habitualmente es asociado a activo de refugio frente a las crisis financieras o económicas, se registró un aumento de

2477 toneladas en el 2009, a 3340 en el 2018. Ocho de los 10 principales productores de oro aumentaron su producción en el periodo 2009-2018, mientras que Estados Unidos y principalmente Perú vieron una reducción de su producción aurífera.

Se puede advertir que China se mantiene como el principal productor aurífero; en tanto que Australia, Rusia, Canadá, Ghana, y principalmente México y Sudán reportaron importantes expansiones en la extracción de oro. Sudán pasó de una producción de 1.9 toneladas en el 2009 a 127 toneladas, mientras que México aumentó de 62.4 toneladas a 117 toneladas en el periodo 2009-2018.

Hay que recordar que el precio del oro alcanzó niveles récord en el 2010 y 2012 para luego descender a niveles inferiores a US\$1300 por onza durante varios años, hasta alcanzar una mejora producida en el 2017 y principalmente en el 2020, tras la irrupción de la crisis del Covid-19 en donde la cotización estuvo fluctuando en alrededor de US\$2000 por onza.

Tabla 6.29

Producción mundial de oro de mina (miles de toneladas de oro de fino)

Producción mundial de oro de mina (TM de oro fino)										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
China	314.0	340.9	361.0	403.1	428.2	451.8	450.1	453.5	420.5	389.3
Australia	223.0	260.0	258.0	252.2	267.0	274.0	278.4	287.3	292.3	315.1
Rusia	205.2	201.3	185.3	182.6	230.0	249.1	255.8	253.2	270.0	311.3
Estados Unidos	223.0	231.0	234.0	234.9	229.7	210.1	213.8	222.1	236.8	212.9
Canadá	97.4	91.3	100.4	105.3	133.6	152.5	162.5	165.0	171.3	188.9
Ghana	91.1	92.9	87.6	98.6	94.8	137.1	130.4	129.0	129.7	159.0
Perú	184.0	164.1	164.0	161.8	151.3	140.1	146.8	153.5	166.7	142.6
Indonesia	127.7	106.3	76.8	69.3	59.8	69.0	92.3	80.9	99.0	128.7
Sudán	1.9	2.1	2.2	46.1	70.0	73.3	82.4	93.4	103.0	126.9
México / Mexico	62.4	79.4	88.7	102.8	119.8	117.8	123.4	132.4	130.5	117.3
Otros	947.4	102.5	1,075.4	1,053.0	1,171.8	1,209.5	1,220.5	1,203.6	1,258.2	1,248.1

Fuente: World Metal Statistics May 2019 and Yearbook 2019.

- Comisión Chilena del Cobre: Cifras de Producción de Chile / Chile data: Chilean Copper Commission.

Otro metal precioso en donde el Perú tiene el protagonismo mundial desde la década de los ochenta es la plata. Pese a que la cotización de este producto minero no ha registrado una

trayectoria alcista como sí ocurrió con el oro y, contrariamente, en determinados años desincentivó las actividades de minas con altos costos.

Tabla 6.30

Producción mundial de plata de mina (miles de toneladas de plata fina)

Producción mundial de plata de mina (TM de plata fina)										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
México	3.553.8	4.410.7	4.777.7	5.358.2	5.821.0	5.700.7	5.974.8	5.408.5	5.394.5	5.624.4
Perú	3.854.0	3.640.2	3.414.0	3.480.6	3.674.3	3.777.4	4.102.1	4.273.0	4.303.5	4.161.3
China	2.900.0	3.085.0	3.231.6	3.639.1	3.673.3	3.567.6	3.421.4	3.569.0	3.502.0	3.502.0
Polonia	1.207.0	1.183.0	1.167.0	1.149.0	1.393.0	1.384.0	1.407.0	1.482.0	1.438.0	1.408.8
Chile	1.301.0	1.286.7	1.291.3	1.194.5	1.173.8	1.571.8	1.504.3	1.501.4	1.318.6	1.370.2
Rusia	1.312.6	1.144.6	1.134.0	1.399.6	1.427.7	1.434.0	1.580.1	1.450.0	1.305.0	1.305.0
Australia	1.702.0	1.879.0	1.725.0	1.728.0	1.840.2	1.848.0	1.430.0	1.418.0	1.120.0	1.220.0
Bolivia	1.325.7	1.259.4	1.214.0	1.207.2	1.287.2	1.345.2	1.306.0	1.353.0	1.196.4	1.191.0
Kazajstán	6181.0	552.1	650.6	963.1	963.6	981.9	1.305.3	1.180.5	1.028.5	968.9
Estados Unidos	1.250.0	1.280.0	1.120.0	1.060.0	1.050.4	1180.0	1.090.0	1.150.0	1.026.4	923.3
Otros	3.362.7	3.723.4	3.628.1	3.768.0	3.903.5	4.413.1	4.510.4	4.594.3	3.808.3	3.423.7
Total	22.387.1	23.444.1	23.353.4	24.947.3	26.208.1	27.269.6	27.631.4	27.379.6	25.441.2	25.098.6

Fuente: World Metal Statistics May 2019 and Yearbook 2019.

- Comisión Chilena del Cobre: Cifras de Producción de Chile / Chile data: Chilean Copper Commission.

En la producción de plata mundial, 6 de los 10 principales productores mejoró su desempeño en el periodo 2009-2018; aunque México fue el caso más destacado, al aumentar en más de 2 millones de onzas. En el caso peruano, el incremento fue de solo 307 mil onzas, mientras que sorprendió los descensos de Australia (482 mil onzas) y de Estados Unidos (327 mil onzas).

Reducción de demanda de algunos minerales

En cuanto a la producción de zinc se advierte un modesto incremento (de 3 %) en la segunda década del siglo XXI. China fue el país que reportó la mayor expansión entre el 2010 y el 2019, mientras que Perú redujo en 4.8 % su producción.

Tabla 6.31

Principales países productores de zinc entre 2010 y 2019 en millones de toneladas

Producción mundial de zinc de mina										
País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019/1
Total	12.36	12.51	12.88	13.11	13.34	12.80	12.56	13.26	12.45	12.75
China	3.70	4.05	4.38	4.73	4.93	4.30	4.80	4.40	4.17	4.30
Perú	1.47	1.26	1.28	1.35	1.32	1.42	1.34	1.47	1.47	1.40
Australia	1.48	1.52	1.54	1.52	1.56	1.60	0.97	0.84	1.10	1.30
India	0.74	0.80	0.76	0.79	0.71	0.82	0.68	0.83	0.75	0.80
Estados Unidos	0.75	0.77	0.74	0.78	0.83	0.83	0.81	0.77	0.82	0.78
México	0.57	0.63	0.66	0.64	0.66	0.68	0.67	0.67	0.69	0.69
Bolivia	0.41	0.43	0.39	0.41	0.45	0.44	0.49	0.47	0.48	0.46
Canadá	0.65	0.62	0.64	0.43	0.35	0.28	0.32	0.34	0.29	0.30
Kazajstán	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.30	0.29
Suecia	0.20	0.19	0.19	0.18	0.22	0.25	0.26	0.25	0.23	0.23
Otros	2.00	1.87	1.93	1.91	1.97	1.85	1.89	2.89	2.14	2.20

Fuente: USGS

Un problema que enfrenta la producción de minerales básicos en el siglo XXI es la aplicación de tecnologías que ahorran el uso de insumos, mientras que en otros casos es la preocupación

por sus efectos en el medio ambiente. Es el caso del plomo, del que el Perú es un importante productor.

Tabla 6.32

Principales países productores de plomo entre 2010 y 2019 en miles de toneladas finas

Producción mundial de plomo de mina										
País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Total	4,148	4,753	5,079	5,433	5,439	4,952	4,712	4,582	4,560	4,518
China	1,850	2,400	2,610	2,850	2,800	2,335	2,340	2,150	2,100	2,100
Australia	625	621	622	711	728	652	453	459	432	430
Perú	262	230	249	266	277	316	314	307	289	308
Estados Unidos	369	342	345	340	379	367	346	310	280	280
México	192	224	210	210	250	254	232	243	240	240
Rusia	97	95	196	223	225	225	250	200	220	220
India	97	88	103	106	106	136	147	170	192	190
Bolivia	73	100	79	82	94	82	75	110	112	100
Kazajistán	35	39	38	38	38	41	41	112	86	90
Turquía	23	40	56	78	65	74	76	68	76	70
Suecia	68	62	64	60	71	76	79	74	65	60
Otros	457.182	512.388	507.376	468.984	405.3	394.5	359	379	468	430

1/ Cifras estimadas

Fuente: U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries. En el caso del Perú, las cifras corresponden a la Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN) que las empresas mineras realizan ante el Ministerio de Energía y Minas.

Una mirada a los principales productores de plomo en el periodo 2010-2019 indica un aumento de la producción en la mayoría de los países, en particular de China que pasó de producir 1.85 millones de Tmf en el 2010 a 2.1 millones de Tmf en el

2010, un aumento neto de 250 mil Tmf. En el caso peruano, el incremento fue de 46 mil Tmf; en cambio, se advierte notables disminuciones de la producción en Australia (195 mil Tmf) y Estados Unidos (89 mil Tmf).

Tabla 6.33

Principales países productores de estaño entre 2010 y 2019 en miles de toneladas finas

País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Total	254,916	314,700	248,723	260,036	285,479	289,138	287,661	31,378	318,341	311,653
China	115,000	120,000	110,000	97,000	104,000	110,156	92,000	93,000	90,000	85,000
Indonesia	43,258	89,600	44,202	59,412	51,801	52,000	52,000	83,000	85,000	80,000
Birmania	4,000	11,000	10,600	17,000	30,000	34,271	54,000	47,000	5,600	54,000
Perú	33,848	28,882	260,105	23,668	23,105	19,511	18,789	17,790	18,601	19,853
Bolivia	20,190	20,373	19,702	19,282	19,802	20,000	17,000	18,500	16,900	17,000
Brasil	10,400	10,725	13,667	16,830	25,534	25,000	25,000	18,000	17,010	17,000
Congo	8,600	5,600	4,800	4,500	6,500	6,400	5,500	9,500	7,400	10,000
Nigeria	526	270	340	2,600	2,800	2,500	2,290	5,960	7,800	75,000
Australia	6,600	14,014	6,158	6,472	6,900	7,000	6,640	7,200	6,870	7,000

Continuación...

País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Vietnam	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,500	4,560	4,560	4,500
Malasia	2,668	3,340	3,725	3,697	3,777	3,800	4,000	3,810	4,300	4,000
Ruanda	3,000	4,400	2,900	3,100	4,200	2,000	2,200	2,860	2,400	3,000
Rusia	144	75	100	249	500	Nd	1,100	1,300	1,400	1,400
Otros	1,282	1,021	1,024	826	1,160	1,100	1,642	1,300	1,410	1,400

1/ Cifras estimadas

Fuente: U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries. En el caso del Perú, las cifras corresponden a la Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN) que las empresas mineras realizan ante el Ministerio de Energía y Minas.

China y Perú, dos de los 10 principales productores de estaño en el periodo 2010-2019, reportaron disminuciones significativas en su producción; por el contrario, Indonesia y Birmania registraron importantes avances. Asimismo, Brasil y Nigeria mostraron una mejora en la producción de este mineral.

6.6.2 Evolución de los precios de los principales metales

Los precios de los minerales responden a lo que ocurre con la oferta y demanda en el mercado internacional, las cuales tienen variables que inciden en su evolución, tales como la producción e inventarios y la evolución de la economía de los principales países consumidores de minerales, los que finalmente se reflejan en los ciclos de precios registrados en el mercado.

En el transcurso del siglo XXI, se registró uno de los periodos más alcistas de precios que fue interrumpido por la crisis de las hipotecas de alto riesgo en Estados Unidos y Europa, que estalló en septiembre del 2008. Las facilidades para adquirir viviendas a través de esquemas de financiamiento insuficientemente transparentes incidieron en un mayor incremento de la demanda de minerales en los años previos a la crisis.

La actuación de las autoridades monetarias y fiscales de Estados Unidos y Europa a través de la ejecución de políticas expansivas

evitó que los impactos en la recesión sean mayores o que tuvieran una prolongada duración. A pesar de ello, los precios se resintieron, pero también registraron una recuperación en parte por la mejor salud económica de un grupo de países asiáticos, en particular de China, y como consecuencia de las políticas monetarias (en el caso del oro).

Ciclos menos pronunciados en el precio del cobre

El cobre registró un fuerte incremento de su precio entre el 2004 y 2008, tras lo cual se realizó una corrección que ocurrió fundamentalmente en el 2009, como consecuencia de la recesión en EE. UU. y Europa. Sin embargo, retomó un impulso entre el 2010 y el 2012 para posteriormente mostrar una tendencia declinante hasta el 2016, en donde se advirtió un ciclo alcista de menor intensidad, pero que sirvió para mejorar los deteriorados balances de las empresas ante la prolongada caída de precios.

La guerra comercial entre Estados Unidos y China generó expectativas negativas sobre el horizonte del precio del cobre en el 2019, a lo que se sumó el esperado impacto adverso de la pandemia en China, el foco inicial del Covid-19. Sin embargo, el control del coronavirus por parte del gigante asiático y la rápida recuperación de la segunda economía del mundo mejoraron el horizonte de corto plazo del metal rojo.



Figura 6.23 Cotización del cobre entre los años 2000 y 2019 (US\$/lb).

El precio del oro resistió a la crisis subprime

El caso del precio del oro resulta muy ilustrativo de los efectos de la incertidumbre en el mercado, en donde el metal precioso se caracteriza por ser un activo refugio. Un conjunto de eventos ha alimentado la incertidumbre en varios momentos del siglo XXI, en principio, el estallido de la burbuja tecnológica y los ataques terroristas a la infraestructura en Nueva York.

La demanda también se genera en circunstancias de expansión económica con el consumo de joyas y productos afines. Es hacia el 2004 y 2005 cuando se rompe la barrera de los US\$400 por onza y el precio del metal precioso mantiene su trayectoria ascendente por la incertidumbre creada por la crisis de las hipotecas subprime y la política monetaria de EE. UU. de disminuir las tasas de interés al mínimo en el marco de la estrategia para evitar la profundización de la recesión iniciada en el 2008.



Figura 6.24 Cotización del oro entre los años 2000 y 2019 (US\$/oz).

Tendencia alcista del precio del zinc

La evolución de la cotización del zinc muestra una tendencia alcista en el periodo 2005-2008 y tras la caída derivada de la crisis financiera no volvió a superar el precio de US\$1 por libra hasta el 2017. De acuerdo con los análisis de mercado, es probable que la baja expansión de la producción mundial en la segunda década del siglo XXI haya influido para que el precio del zinc mantenga un nivel por encima de los US\$0.80

por libra y no retroceda a los niveles preauge de precios de la primera década.

Hay que recordar que otra tendencia en el mercado es el ahorro de insumos en la fabricación de productos industriales, además de la mayor preocupación por los impactos en el medio ambiente. Incluso China que estuvo esquivando durante casi dos décadas las presiones para un mejor cuidado del medio ambiente, también comenzó a prestar atención a este tema, en particular del consumo de plomo.

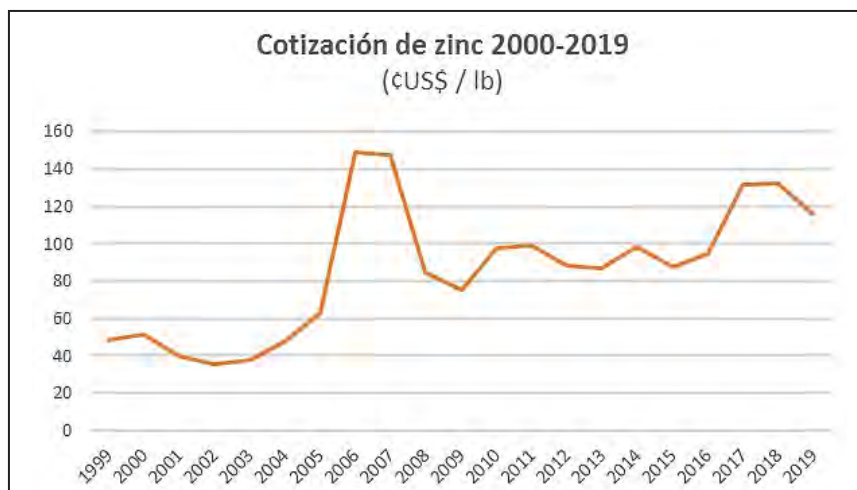


Figura 6.25 Cotización del zinc entre los años 2000 y 2019 (US\$/lb).

El precio del plomo muestra cierta estabilidad

La producción de este mineral aumentó en menos de 10 % en la década 2010-2019, mayor al incremento de 3 % en el caso

del zinc. Mientras que después del rally alcista entre el 2004 y 2008, la cotización ha fluctuado entre US\$0.80 y US\$1.15 por libra, lo que evidencia la estabilidad alrededor de una franja de precios.

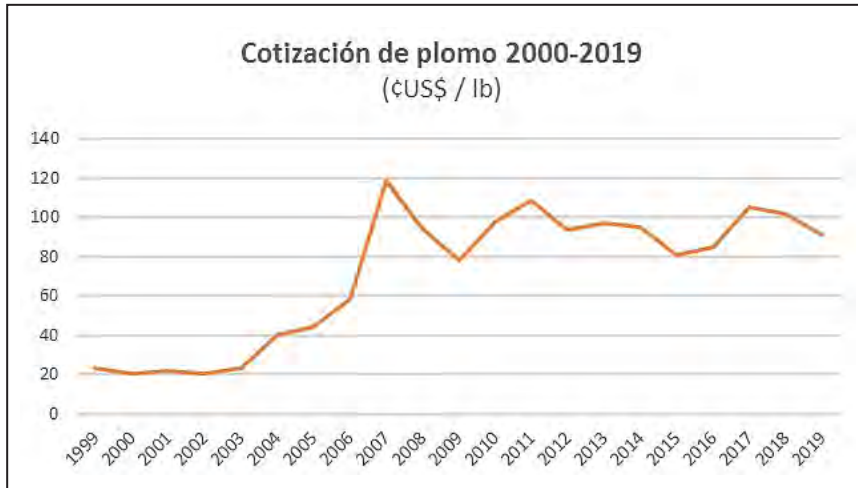


Figura 6.26 Cotización del plomo entre los años 2000 y 2019 (US\$/lb).

Un solo ciclo del precio de la plata

En cuanto a la cotización de la plata, un metal precioso que cuenta con una importante demanda industrial y que también puede servir en determinadas coyunturas como un activo de refugio, se advierte que registró un moderado incremento en el 2004 y 2009, que sacó al precio de los niveles alrededor de US\$5 por onza vigente en la década de los noventa hasta los US\$15 por onza.

Sin embargo, la marcada tendencia alcista registrada en el 2011, que llevó a alcanzar niveles de US\$50 por onza obedecieron a una reacción del mercado ante la

incertidumbre generada por la expectativa de un incremento de la inflación en Estados Unidos y la debilidad del dólar que propició la aplicación continua de una política monetaria expansiva en Estados Unidos.

Los temores acerca de la gestación de una burbuja alrededor de este metal precioso similar al ocurrido a principios de 1980 influyeron en la corrección progresiva de la cotización, la misma que ha estado fluctuando en alrededor de US\$15 por onza desde el 2015. Dicho precio no parece ser lo suficientemente atractivo para muchos productores de este metal que tienen minas con altos costos.



Figura 6.27 Cotización de la plata entre los años 2000 y 2019 (US\$/oz).

Tendencia alcista en el precio del estaño

La cotización del estaño ha mostrado una tendencia ascendente en el transcurso del siglo XXI, desde un nivel de US\$2.54 por libra en 1999 aumentó hasta US\$12.15 por libra en el 2011, con una caída en el 2009, por el

impacto de la crisis subprime, y se ha mantenido fluctuando entre US\$8 y US\$10 por libra. Un escenario de mejores precios alienta las mayores inversiones en exploración y explotación, tal como ocurrió con Minsur y su proyecto B2.



Figura 6.28 Cotización del estaño entre los años 2000 y 2019 (US\$/lb).

6.6.3 Oferta de minerales producidos por Perú

Avances y retrocesos productivos

El mejor entorno para las inversiones mineras en el Perú como consecuencia de un marco legal atractivo y una política económica que cuidó el equilibrio macroeconómico ha sido fundamental para el desarrollo de la minería en la década de los noventa y las primeras dos décadas del siglo XXI.

De esa manera, la minería peruana comenzó a ser materia de atención en los principales centros de comercio, investigación y análisis de la minería mundial. La presencia de casi todos los grandes operadores de clase mundial en el Perú es el mejor indicador del avance de la actividad minero en un contexto en que se busca operaciones amigables con el medio ambiente.

Si bien es cierto, la minería es una actividad intensiva en capital, ello no implica que no tenga un impacto en la generación de empleo. Según un trabajo del IPE, por cada puesto de trabajo en la minería se generan 6.25 puestos de trabajo en forma indirecta en una diversidad de sectores, entre ellos: agropecuario, manufactura, comercio y servicios.

De manera que la minería no solo genera impactos directos a través de las operaciones mineras, sino que los encadenamientos conducen a una diversidad de impactos. Durante la época de fuerte expansión económica del Perú entre el 2004 y 2013, la minería juntamente con la construcción fueron los pilares para alcanzar una tasa de crecimiento promedio anual superior a 6.0 %.

Una situación que muchas veces olvidan quienes no participan de la actividad minera es que las inversiones tardan en materializarse. En el 2010, el entonces director de Promoción

Minera del Ministerio de Energía y Minas, Henry Luna, afirmó que de cada mil lugares con potencial minero se exploran 100 y de este centenar solo uno se convierte en mina. De ello se infiere que la actividad de exploración es de alto riesgo y tarda en materializarse.

En ese sentido, las inversiones realizadas en la década de los noventa tuvieron su efecto en el incremento de la producción en la década siguiente y aquellas que se realizaron en la primera década del siglo XXI generaron un impacto en la segunda década. Evidentemente, aquellos proyectos que se quedaron en el camino por diversas razones hubieran posibilitado al Perú contar con mayores recursos para enfrentar la recesión ocasionada por pandemia del coronavirus en el 2020.

La producción minera registra importantes cambios en casi todos los minerales; sin embargo, por su importancia en el mercado internacional es relevante destacar lo ocurrido con el cobre. En efecto, la producción cuprífera que ascendía a 550 mil Tmf en el año 2000, aumentó hasta 2.46 millones en el 2019, lo que equivale a un incremento de casi 4 veces en ese periodo.

Ese resultado también consolidó al Perú como el segundo productor cuprífero mundial y un actor central en el mercado de cobre, así como un país para tener en cuenta para la evolución de la economía de China, al abastecer, según las estadísticas del Minem, el 27 % de la demanda de cobre del gigante asiático.

El avance de la producción de cobre se ha dado en forma progresiva y principalmente con la puesta en operaciones de ampliaciones de yacimientos explotados y de nuevos yacimientos, en particular en la segunda década del siglo XXI, tales como las minas Constancia, Las Bambas, Toromocho y la ampliación de Cerro Verde.

Tabla 6.34

Producción minera metálica entre 2000 y 2009 (Minem)

Productos	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 1/
Cobre	Millones de TMF	0.55	0.72	0.84	0.84	1.04	1.01	1.05	1.19	1.27	1.28
Oro	TMF	132.59	138.52	157.53	172.63	173.23	208.01	202.83	170.24	179.87	184.00
Zinc	Millones de TMF	0.91	1.06	1.23	1.37	1.21	1.20	1.20	1.44	1.60	1.51
Plata	TMF	2,438	2,571	2,870	2,924	3,060	3,206	3,471	3,502	3,686	3,823
Plomo	Miles de TMF	270.58	289.55	305.65	309.16	306.21	319.37	313.33	329.17	345.11	302.46
Hierro	Miles de TMF	2,768.49	3,038.40	3,056.06	3,484.90	4,247.17	4,564.99	4,784.60	5,103.60	5,160.71	4,418.77
Estaño	Miles de TMF	37.41	38.18	38.82	40.20	41.61	42.15	38.47	39.02	39.04	37.50
Molibdeno	Miles de TMF	7.19	9.50	8.61	9.59	14.25	17.33	17.21	16.79	16.72	12.30

1/ Datos Preliminares / Preliminary Data

Fuente: Declaración Estadística Mensual - Ministerio de Energía y Minas

Una situación diferente ocurre con el oro, en donde el Perú sigue siendo el principal actor en América Latina desde 1994, cuando Minera Yanacocha inició plenas operaciones, pero que en el transcurso del tiempo ha ido perdiendo dinamismo. Se advierte también que el mayor nivel de producción aurífera ocurrió en el 2005 con 208 toneladas, en un contexto de tendencia alcista de la cotización. El término de la vida útil de algunos yacimientos (Pierina, entre otros) influyó en el descenso de la producción; aunque los problemas enfrentados por Minera Yanacocha, el primer productor aurífero de América Latina, para sacar adelante nuevas expansiones o yacimientos incidieron en una menor producción de oro.

La tendencia alcista del oro incentiva el incremento de la minería aurífera a pequeña escala, en su versión artesanal y principalmente de la minería informal, en donde participan más de 300 mil productores a nivel nacional, de acuerdo con estimados del Minem. A ello hay que sumar otro número indeterminado de pequeños mineros que al extraer oro en lugares aledaños a las zonas de reserva natural termina convirtiéndose en mineros ilegales.

El problema generado por la minería informal e ilegal que realiza una explotación aurífera aluvial en zonas de la Amazonía como la región Madre de Dios, es el uso intensivo de dragas y principalmente de mercurio, que genera un daño ambiental casi irreversible en el corto y mediano plazo.

Tabla 6.35

Producción minera metálica entre 2010 y 2019 (Minem)

2010-2019: Producción minera metálica											
Producto	Unidad	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019/1
Cobre	Millones de TMF	125	124	130	138	138	170	235	245	2.44	2.46
Oro	TMF	164.08	166.19	161.54	151.49	140.10	146.82	153.01	151.96	140.21	128.41
Zinc	Millones de TMF	1.47	1.26	1.28	1.35	1.32	1.42	1.34	1.47	1.47	1.40
Plata	TMF	3,640	3,419	3,481	3,674	3,768	4,102	4,375	4,418	4,160	3,860
Plomo	TMF	26,199	230,199	249,236	266,472	277,294	315,525	314,422	306,784	289,123	308,116
Hierro	Millones de TMF	6.04	7.01	6.68	6.68	7.19	7.32	7.66	8.81	9.53	10.12
Estaño	TMF	33,848	28,882	26,105	23,668	23,105	19,511	18,789	1,779	18,601	19,853
Molibdeno	TMF	16,963	19,141	16,790	18,140	17,018	20,153	25,757	28,141	28,034	30,441

1/ Datos Preliminares / Preliminary Data

Fuente: Declaración Estadística Mensual - Ministerio de Energía y Minas

El Perú ocupa el segundo lugar en la producción mundial de zinc, a pesar de que la explotación de este mineral registró un incremento en la primera década del siglo XXI, pero se estancó en la segunda década. Ello ocurrió a pesar de la existencia de operaciones muy eficientes, tales como las desarrolladas por Compañía Minera Antamina, una de las 10 principales minas del mundo, o Nexa Resources (excompañía Minera Milpo), otra importante productora.

La producción de plomo, donde el Perú es el tercer productor mundial, tampoco registró una expansión similar a la registrada en el caso del cobre. En dos décadas, el incremento de la producción peruana de plomo ascendió a 38 000 Tmf, un volumen que le permite al Perú seguir ubicándose entre los principales productores.

Hay que recordar que el uso del plomo en una diversidad de productos industriales es materia de atención por sus efectos en la salud y el medioambiente, de allí el cuidado que tienen las empresas productoras al cumplimiento de la normatividad establecida por las autoridades ambientales hacia este producto minero.

A pesar de no beneficiarse de una cotización lo suficientemente atractiva, la producción peruana de plata ha aumentado en más de 50 % en las dos primeras décadas del siglo XXI. De allí que las empresas productoras de este metal precioso con una importante demanda industrial apelan a la eficiencia y tecnología para reducir los costos de sus procesos productivos que posibiliten la generación de operaciones rentables.

El Perú no es una potencia en la producción de hierro. En el único gran yacimiento de este mineral se registró un retroceso productivo cuando estuvo en manos estatales, que se mantuvo sin variaciones, al menos durante los primeros años, tras su transferencia al sector privado. Sin embargo, los cambios introducidos por el nuevo operador Shougang Hierro Perú han dado resultados, puesto que la producción aumentó desde 2.8 millones de toneladas en el año 2000 a 10.12 millones de toneladas en el 2019.

En el caso del estaño, Perú solo tiene a una empresa productora de este mineral, cuya producción ha descendido fundamentalmente en la segunda década del siglo XXI. A pesar de ello, Perú es el cuarto productor mundial y probablemente avance en el ranking, cuando inicie fase de producción los últimos hallazgos de Minsur, el proyecto B2, que también le permitirá ampliar la vida útil.

Aumento de la explotación aurífera informal e ilegal

La producción de oro del Perú hasta los años noventa por lo general era obtenida por las medianas empresas como un

subproducto de sus operaciones mineras subterráneas o en socavón. Asimismo, había una explotación aluvial a pequeña escala, en algunos lugares de la zona sur del país, en particular en Madre de Dios, cuya venta en los años setenta y ochenta debía hacerse al Estado, a través del Banco Minero.

La estabilidad de la cotización del oro en esa época no generaba incentivos adicionales para la migración de trabajadores desocupados hacia este tipo de minería. El desorden económico generado en los años ochenta por una macroeconomía con severos desequilibrios y políticas económicas desacertadas generó desincentivos a los pequeños productores para vender su producción al banco estatal.

Fue el primer llamado de atención a un problema que al término de la segunda década del siglo XXI se ha convertido en uno de los más difíciles de afrontar y resolver por parte del Estado peruano. Sin embargo, llegar a la dramática situación que reúne la actividad extractiva de hasta 400 mil productores, de acuerdo con estimados privados, implicaría 1.6 millones de peruanos, si se considera desde el punto de vista familiar, fue un proceso prolongado de tres décadas.

En principio, la crisis económica de los años ochenta y su solución en el primer lustro de los años noventa derivó en significativo incremento de la informalidad laboral y productiva. No hay información respecto a si una fracción de este tipo de trabajadores migró hacia actividades productivas informales auríferas, aunque es probable; sin embargo, hay elementos tangibles de que eso sí ocurrió en la primera década del siglo XXI, ante el escenario de alza récord en el precio del oro.

A medida que la producción de las dos principales empresas auríferas: Minera Yanacocha y Barrick Misquichilca (con su yacimiento Lagunas Norte) descendía, en la segunda década del siglo XXI, la producción de las medianas productoras auríferas controladas por capitales peruanos comenzó a aumentar, en particular Compañía Minera Poderosa.

Estimaciones de la producción aurífera informal

La estimación de la producción de oro de procedencia informal es compleja y una de las formas de hacer esta estimación es la visita regular a las zonas de producción y contabilizar el número de personas y dragas que operan, en el caso de Madre de Dios. Sin embargo, la extracción artesanal de oro se realiza en todas las regiones del país, por lo que el Minem se ha visto obligado a ampliar el número de regiones (Puno, Piura y Arequipa) en la estimación de la producción desde el año 2016.

Tabla 6.36

Producción nacional de oro en toneladas entre 2010 y 2019 (Estamin y Minem)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019 (2)
Total	164.1	166.2	161.5	151.5	140.1	146.8	153	152	140.2	128.4
Producción formal	145.1	143.7	150.1	136.1	132.2	134.6	127.9	131.3	121.3	113.8
Producción informal	19	22.5	11.4	15.4	7.9	12.2	25.1	20.7	18.9	14.6

(1) Incluye producción estimada de los mineros artesanales de Madre de Dios

En el año 2016, se incorporó la información estimada de la producción artesanal de Piura, Puno y Arequipa.

(2) Datos preliminares

Las cifras de la producción informal en la segunda década del siglo XXI habrían fluctuado entre 7.9 toneladas el 2014 y 20.7 toneladas el 2017. El descenso de la producción entre el 2014 y 2015 se debería a la estrategia gubernamental de combatir la minería informal y principalmente la minería ilegal, vía la destrucción de los equipos e infraestructura en las zonas de operaciones.

El incremento del contrabando de la producción aurífera hacia Bolivia fue uno de los resultados de la estrategia contra la minería ilegal, que se encuentra muy lejos de alcanzar éxitos de mediano y largo plazo. Los expertos mineros sostienen que la estrategia de formalización aplicada desde el 2016, que redujo trámites y requisitos tampoco ha generado los resultados esperados.

Los intentos por formalizar desde el 2012 no han cumplido su propósito y las autoridades de turno no han tenido otra opción que postergar los plazos de formalización o relajar los requisitos. Una de las últimas medidas se hizo a través de la Ley 31007 del 17 de octubre de 2019, que amplió el plazo para la inscripción de mineros informales en el Registro Integral de Formalización Minera (REINFO) y en ese sentido el proceso de formalización minera integral se extenderá hasta el 31 de diciembre del 2021.

La estimación de la producción minera informal, según la información oficial, fluctuó entre 11.4 % (2019) y 16.4 % (2016); sin embargo, existen otras formas de aproximarse a este tema. Una de ellas es comparar el volumen de oro exportado que es establecido por las autoridades aduaneras y el volumen total producido que informan el Minem.

Tabla 6.37

Estimación de producción informal de oro

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019 2
Exportaciones (1)	197	201.9	199.9	188.1	165.6	178.6	184.6	204.1	202.6	189.6
Producción (2)	164.1	166.2	161.5	151.5	140.1	146.8	153	152	140.2	128.4
(1)-(2)	32.9	35.7	38.3	36.6	25.5	31.8	31.6	52.2	62.4	61.2

Fuente: Minem y BCRP

Se trata de una aproximación realista, en la medida en que el oro extraído en diversas zonas del país sufre un proceso de transformación a un producto exportable en plantas de procesamiento ubicadas en la costa de Arequipa e Ica. El oro es un producto legal, por lo que su comercialización en el mercado interno y externo es legal, aunque autoridades de Estados Unidos y Suiza han puesto reparos.

Se puede advertir que la diferencia entre las exportaciones de oro reportadas oficialmente y las cifras de producción también

oficiales se ha incrementado en la segunda década del siglo XXI hasta alcanzar un equivalente al 30 % del total exportado. En otros términos, ese volumen equivaldría a la producción informal efectivamente realizada. Sin embargo, otro elemento vinculado a la producción de oro no oficial es que una porción no determinada tiene una procedencia ilegal, toda vez que es extraída de zonas prohibidas, en particular de áreas de amortiguamiento y/o de las Áreas de Reserva Natural. Esta última situación ha venido ocurriendo con mayor notoriedad en Madre de Dios.

Las 60.1 toneladas de diferencia entre las exportaciones y producción de oro registrados en el 2019 equivaldrían a US\$2739 millones, lo que implicaría un monto cuantioso que supera incluso a los montos generados por otras actividades informales-ilegales, tales como el narcotráfico, tala ilegal, pesca ilegal. Aunque evidentemente, una fracción no determinada de la producción de oro tiene procedencia ilegal.

Las repercusiones que tiene la actividad aurífera han generado una diversidad de propuestas. Una bastante original es la que plantea Víctor Gobitz, presidente del Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP), quien apuesta por trabajar en la cadena productiva de la minería a pequeña escala con el fin de introducir mejoras y de esa manera elevar su productividad.

La mayor eficiencia productiva alentará a la formalización de los miles de productores que operan en condiciones poco óptimas y utilizando tecnologías no amigables con el medio ambiente. Esta situación puede corregirse en la medida en que uno de los problemas de la informalidad productiva, de acuerdo con las investigaciones realizadas, es la baja productividad. La tarea de elevar la productividad es un aspecto en donde debería intervenir el Estado y otros actores vinculados a la minería, tales como varias ramas industriales, en particular la metalmecánica.

6.6.4 Inversiones en explotación y exploración

Las inversiones hacia la industria minera comenzaron a llegar en la década de los noventa, tras la aplicación de una política económica orientada a mantener un equilibrio macroeconómico y el impulso de una política sectorial orientada a atraer la inversión hacia el Perú, después de casi dos décadas en la cual las principales empresas mineras del mundo dejaron de invertir en un país con alto potencial geológico.

Las inversiones se materializaron en los activos mineros que el Estado buscaba transferir al sector privado y también en el desarrollo de nuevos proyectos o hallazgos. Aunque como ya es conocido, encontrar un prospecto cuya explotación sea rentable es una tarea muy laboriosa, que se inicia con la exploración.

Anteriormente se mencionaron al grupo de empresas que adquirieron los activos mineros estatales; pero que en el transcurso del tiempo tuvieron que deshacerse de sus inversiones, dada la mecánica de los negocios mineros en el mercado internacional, en donde muchas multinacionales mineras se orientaron hacia la "expansión inorgánica", es decir, a través de las compras de otras empresas del sector o a sus cercanas competidoras.

El portafolio de inversiones en globalización

El soporte institucional a la minería fue construyéndose progresivamente en la década de los noventa al fortalecer las capacidades técnicas del Ministerio de Energía y Minas. De allí que la elaboración y difusión de estadísticas del sector también tardó un tiempo. Así el primer acercamiento a la situación de las inversiones mineras en el Perú se registró en el Anuario Minero del 2001.

En el cuadro adjunto se observa un portafolio minero conformado por proyectos en fase de construcción que sumaban una inversión de US\$748 millones. Asimismo, había un conjunto de proyectos avanzados por un monto de US\$2460 millones, en los cuales se citaban a Quellaveco, Tambogrande, Minas Conga, Berenguela, entre otros.

Sin embargo, de los cuatro proyectos cuya explotación estaba prevista en el 2001, solo se concreta casi dos décadas después el caso Quellaveco con una inversión casi 7 veces la estimada en esa oportunidad. Otros dos proyectos (Tambogrande y Minas Conga) prácticamente han sido abandonados por la fuerte oposición de organizaciones sociales en las zonas de influencia de los prospectos que fueron apoyados por otras organizaciones. El optimismo de las autoridades en la inversión minera ha sido una de las características de los funcionarios públicos; sin embargo, los resultados no siempre acompañaron las buenas intenciones. En el portafolio aparece el proyecto La Granja en una situación avanzada, aunque dos décadas después el propietario de la concesión continúa desarrollando análisis mineralógicos.

La exploración, de acuerdo con el Minem, estaba concentrado principalmente en prospectos de cobre y de oro, una característica que se ha mantenido en la minería peruana en el transcurso del tiempo. El monto destinado a exploraciones ascendía en esa oportunidad a US\$2808 millones, aunque un solo proyecto (Antapaccay) concentraba el 82 %. Los resultados de un periodo intenso de exploración se observan en los años siguientes cuando se plasman los nuevos hallazgos y esa es la lección de las labores realizadas en la década de los noventa y los primeros años del periodo 2001-2010. De esa manera se explican prospectos cupríferos en operaciones como Constancia y otros que esperan su turno como Tía María. El entorno favorable de las cotizaciones y la forma en cómo se mantuvieron con fluctuaciones durante un tiempo relativamente prolongado generó expectativas en todos los actores de la actividad minera. Sin embargo, surgieron otros problemas económicos, sociales e institucionales que no han contribuido a potenciar una mejor imagen de la minería en el Perú.

Tabla 6.38
Cartera de proyectos mineros de 2001

Proyecto	Ubicación	Propiedad / País	Sustancia	Inversión (US\$ mills)
A) Proyecto en construcción				
SPCC (Modernización y Amp. Fundación Ilo)	Moquegua	Grupo México (México)	cobre	600
La Virgen	La Libertad	Compañía Minera San Simon (Prú)	Oro	10
Proy. Au Santa Rosa	Puno	Aruntani S.A.C. (Mra. Del Hill) (Perú)	Oro	6
Tintaya (Oxidos)	Cusco	BHO (Australia)	Catodos de Cu	132
B) Projects Avanzados				
Quellaveco	Moquegua	Anglo American (Sud. Africa)	Cobre, Molibdeno	750
Tambogrande	Piura	Manhattan Sechura (Canadá)	Cobre, Oro	300
La Zanja	Cajamarca	Newmont (USA) Buenaventura	Cobre, Oro	30
Tantahuatay	Cajamarca	SPCC (USA) Buenaventura	Cobre, Oro	30
Minas conga	Cajamarca	Buenaventura, Cedimin (Francia) Newmont (USA)	Cobre, Oro	600
La Granja	Cajamarca	Billiton (Reino Unido) Minero Perú	Cobre	600
San Gregorio	Pasco	Soc. Mra. El Brocal (Perú)		
Berenguela	Puno	S.M. Berenguela S.A. (Perú) Kappers Cassidy & Ass. (USA)	Manganeso, Cobre, Plata	150
C) Prospectos en Exploración intensiva:				
Antapaccay	Cusco	BHO-Billiton (Australia-Uk)	Cobre	230
Corocchuayco	Cusco	BHO-Billiton (Australia-Uk)	Cobre	
La Arena	La Libertad	Guitennes Exploration Inc (Canadá)	Oro	35
Tres Cruces	La Libertad	Oroperu Resources / Pan American Silver (Canada)	Oro	
Poracota	Arequipa	Teck / Southwestern (Canadá)	Oro	2.5
Paula	Arequipa	Buenaventura Cedimin (Francia)	Oro	
Tinquirorral	Huancavelica	Buenaventura	Oro	1.4
Ccarhuarazo	Ayacucho	Buenaventura	Oro	
Alto Ruri	Huancavelica	Buenaventura	Oro	
Huilacollo	Tacna	Balacclava (Canadá)	Oro	
Huanquilla	Cajamarca	Sulliden Exploration (Canadá)	Oro	2.2
Santo Toribio	Ancash	Sulliden Exploration (Canadá)	Oro	1.7
Cueva Blanca	Lambayeque	Inca Pacific Resources Inc. St. Elias Mines (Canadá)	Oro	1.5
Corihuarmi	Lima	Ascot Resources Ltd. Cardero Resources Corp.	Oro	6.5

Inversión minera soporte de la inversión privada

A pesar de las dificultades desarrolladas por una “crisis de crecimiento” y las deficiencias del Estado al no promover la visión de minería sostenible que desarrollan las empresas,

en las últimas tres décadas, varias iniciativas mineras han enfrentado retrasos y/o paralizaciones de sus inversiones. Hay varios grandes proyectos cupríferos y/o auríferos que no pasaron a la fase de construcción, a pesar de haber cumplido con los requisitos establecidos por ley.

Tabla 6.39

Inversión minera por categoría en millones de dólares estadounidenses

Categorías	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019/ 1	Total
Planta de beneficio	416	1,125	1,140	1,414	890	446	238	287	1,412	1,513	8,881
Equipamiento minero	518	776	525	789	558	654	387	491	657	1,035	6,391
Exploración	616	869	905	776	625	527	377	484	413	357	5,950
Infraestructura	828	1,407	1,797	1,808	1,464	1,228	1,079	1,557	1,084	1,316	13,567
Desarrollo y preparación	510	788	639	405	420	375	350	388	761	1,152	5,788
Otros	444	1,412	2,492	3,671	4,123	3,594	902	721	621	784	18,764
Total /2	3,332	6,378	7,498	8,864	8,079	6,825	3,334	3,928	4,947	6,157	59,341

Fuente: Estamin y Minem

Sin embargo, es importante destacar los casi US\$6000 millones de inversiones destinados en el periodo 2010-2019 a labores de exploración, un promedio de US\$600 millones anuales. Además, refleja la capacidad que tiene el Perú para captar inversiones para una actividad central en el desarrollo minero, debido a la necesidad de realizar prospecciones para encontrar proyectos viables.

Algo que, por lo general, se desconoce es que si bien el Perú cuenta con un gran potencial geológico a nivel mundial, también es cierto que los proyectos explotables son aquellos cuyas características y dimensión permiten un retorno a la inversión realizada. Se trata entonces de desarrollar proyectos mineros viables y encontrar uno que cumpla con tales requisitos es una gran tarea.

De allí la referencia de que solo un prospecto minero de un universo de mil prospectos logra transformarse en una operación minera, luego de haber realizado trabajos de perforación de

diversa intensidad a 100 de los 1000 prospectos. En ese sentido, los requisitos y/o demandas que progresivamente han aumentado a los trabajos de exploración en el siglo XXI carece de sentido, en la medida que debe distinguirse entre exploración y explotación de los recursos.

Por ejemplo, las actividades exploratorias deben atender los trámites exigidos por un gran número de instituciones, sin mencionar el planteamiento de realizar “consulta previa”, cuando vemos que, por lo general, se trata de una fase de bajo o mínimo riesgo ambiental. Y en donde la labor de los geólogos dura unos cuantos meses. Según el geólogo Julio Orihuela, hasta 1993, solo se requería realizar cinco trámites para realizar tareas de exploración; dos décadas después se debía atender a 184 dispositivos legales. A fines de la segunda década del siglo XXI, la Comisión para el Desarrollo Minero Sostenible reconoció que para desarrollar un proyecto minero se requería acudir a 20 instancias gubernamentales diferentes y realizar 222 trámites.

Tabla 6.40

Evolución de las inversiones en regiones en millones de dólares

Región	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2,019	Total
Arequipa	445	426	691	1,358	1,964	1,796	333	529	457	411	8,410
Apurímac	12	838	1,061	1,748	1,677	1,537	312	173	220	297	7,875
Junín	128	948	1,433	1,463	654	518	252	268	388	589	6,641
Cajamarca	552	1,428	1,293	565	335	292	208	213	349	349	5,583

Continuación...

Región	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2,019	Total
Moquegua	171	328	383	526	489	358	366	361	678	1,482	5,142
Áncash	439	785	859	682	458	404	304	275	335	393	4,934
Cusco	397	369	149	799	1,056	647	287	387	230	219	4,539
Ica	36	105	167	275	345	296	178	375	818	1,070	3,665
Pasco	267	259	329	532	313	176	143	172	177	154	2,523
La Libertad	175	277	412	328	200	203	219	205	252	227	2,498
Tacna	43	62	131	64	62	148	384	518	489	272	2,173
Lima	259	199	196	223	240	166	116	162	164	229	1,954
Puno	43	92	137	79	153	72	85	102	119	175	1,058
Ayacucho	70	93	102	86	52	137	66	83	118	117	923
Huancavelica	49	81	100	77	47	37	33	49	75	65	613
Piura	226	46	5	9	10	9	11	8	17	25	365
Huánuco	9	26	26	24	19	19	28	37	46	56	289
Madre de Dios	2	4	16	15	1	10	7	7	12	21	97
Amazonas	8	13	7	9	2	0	1	0	2	7	49
Lambayeque	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	5
Callao	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4
Loreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
San Martín	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total /1	3,332	6,378	7,498	8,864	8,079	6,825	3,334	3,928	4,947	6,157	59,341

Fuente: Minem

La inversión minera realizada en la década 2010-2019 ascendió a US\$59 341 millones, convirtiendo a la minería en uno de los pilares de la inversión privada; mientras que los años de mayor inversión ocurrieron entre el 2011 y 2015. En ese periodo se construyeron la infraestructura de una diversidad de proyectos cupríferos: **Las Bambas, Constancia, Toromocho** y las ampliaciones de Cerro Verde, Southern Perú Copper Corporation.

Una de las características de la inversión minera peruana es que se concentra en un conjunto de regiones que tienen un potencial minero para explotar. Durante la década 2010-2019, Arequipa fue la región con mayores inversiones y ello se debía, entre otros proyectos, a la ampliación de Cerro Verde, que elevó en casi dos veces la producción de cobre de este yacimiento controlado por la multinacional.

La segunda región más receptora de inversiones fue Apurímac que correspondió a la construcción del megaproyecto cuprífero **Las Bambas** entre el 2012 y el 2015. **Las Bambas** concitó la atención en el mercado mundial de cobre debido a que la empresa controladora

Glencore se vio obligada a desprenderse de este activo por parte del gobierno chino para dar el visto bueno a su fusión con la australiana BHP.

Glencore que además de la comercialización de minerales tiene varios activos en Perú, entre ellos una participación en Compañía Minera Antamina, uno de los grandes yacimientos polimetálicos en el mundo. Tuvo vender **Las Bambas** al grupo MMG Limited, una empresa de capitales chinos, en la mayor transacción realizada por una empresa minera en marcha, puesto que al momento de la venta la infraestructura de **Las Bambas** estaba construida en un 70 %.

Cajamarca aparece como la cuarta región más receptora de inversiones en el periodo mencionado, un hecho que sorprende, toda vez que tras la detención del proyecto Minas Conga, el clima de inversión minera hacia la zona descendió significativamente, a pesar de que Cajamarca cuenta con un importante potencial geológico.

Los grandes montos de inversiones destinados a Cajamarca ocurrieron en el 2011 y 2012, y están muy vinculados a los avances de la infraestructura de Minas Conga, un yacimiento cuya explotación hubiera compensado la disminución de la producción de Minera Yanacocha ante la caída de la ley de mineral.

Tabla 6.41
Reservas probadas y probables

Producto	Unidad	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cobre	millones de TMF	63.9	75.3	68.2	76.6	81.6	80.7	81.2	82.8	87.3	91.7
Oro	TMF	2206	2283	1978	2518	2793	2627	2472	2575	2137	2456
Zinc	millones de TMF	20.0	28.5	27.7	28.6	25.4	25.0	28.5	20.9	19.2	20.3
Plata	TMF	67761	75336	89540	116061	123016	139507	102146	105576	118834	83077
Plomo	millones de TMF	7.3	9.2	7.6	7.2	6.7	6.3	6.1	6.0	6.4	6.1
Hierro	millones de TMF	989.5	1085.4	1099.8	1166.6	1175.2	1475.1	1425.7	1481.6	1504.3	1475.2
Estaño	TMF	324000	157000	91000	80000	130000	101888	104721	110023	119212	139970

1/ Datos Preliminares

Fuente: Declaración anual Consolidada (DAC). Reporte realizado por las empresas mineras en el 2019 respecto a sus actividades del 2018.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS.

De otro lado, las inversiones en exploración se relacionan también con el incremento de reservas de minerales, las cuales contribuyen a mejorar el potencial minero de un país. También, indican hacia qué minerales se están orientando los esfuerzos en materia de prospección.

Una mira a la evolución de las reservas en la segunda década del siglo XXI muestra un importante incremento de las reservas (probadas y probables) de cobre, al haber aumentado de 63.9 millones de Tmf en el 2010, a 91.7 millones en el 2018. Un incremento de 44 %. Eso también explica que el 70 % del portafolio de proyectos del Perú se relacionan con el cobre.

También se han registrado incrementos de 23 % en las reservas de plata y de 11.3 % en el caso del oro, en el periodo mencionado. Es un tema que preocupa dado el potencial aurífero con que cuenta el Perú, lo que le ha permitido convertirse en el principal productor de oro en las tres últimas décadas.

De otro lado, se advierte un mínimo incremento en las reservas de zinc y una disminución de las reservas de plomo, lo que confirma cierto desinterés del mercado en

estos minerales, en el caso del plomo probablemente obedece a una menor demanda futura ante el riesgo medioambiental.

Asimismo, mientras en el hierro se registró un aumento de casi 50 % en las reservas nacionales, se advierte un descenso de las reservas de estaño. Sin embargo, se registró un notorio descenso de 57 % en las reservas de estaño, aunque es probable que este resultado cambie con los últimos hallazgos realizados por Minsur, la única empresa productora de este mineral y cuarta en el mundo.

Evidentemente las reservas de mineral de un país es una materia dinámica, que responde a un trabajo exploratorio realizado por entidades estatales y también por las empresas; sin embargo, también es cierto que hay zonas de agotamiento de los recursos y/o de la calidad de tales recursos.

Rubén Arratia, un experto de la consultora Wood Mackenzie, sostiene que encontrar yacimientos cupríferos viable con una ley de mineral de 0.5 % es un gran logro en el 2020 y precisa que los yacimientos del metal rojo con leyes mayores han sido ya explotados.

Tabla 6.42
Reservas mundiales de cobre en miles de toneladas (USGS)

	2018	2019	Part. %	Var. %
Chile	170000	200000	23%	18%
Perú	91721	87000	10%	-5%
Australia	88000	87000	10%	-1%
Rusia	61000	61000	7%	0%
México	50000	53000	6%	6%
Estados Unidos	48000	51000	6%	6%
Indonesia	51000	28000	3%	-45%
China	26000	26000	3%	0%
Kazajistán	0	20000	2%	+
Zambia	19000	19000	2%	0%
Congo (Kinshasa)	20000	19000	2%	-5%
Otros Países	210000	220000	25%	5%
Total Mundial	830000	870000	100%	5%

Fuente:-World Metal Statistics May 2019 and Yearbook 2019.

- Comisión Chilena del Cobre: Cifras de Producción de Chile / Chile data: Chilean Copper Commission.

Una mirada a las reservas mundiales de cobre del 2019 y su comparación con el 2018 para los principales productores de este metal indica incrementos en los casos de Chile, México y Estados Unidos. Hay también caídas en Perú, Australia e Indonesia. Asimismo, se advierte que el segundo lugar que tiene el Perú en materia de reservas de cobre corre el riesgo de perderse ante una eventual mejora de resultados de Australia.

6.6.5 Problemas y desafíos de la minería en el siglo XXI

El desarrollo de los proyectos mineros

El nuevo entorno para el desarrollo de la minería que ofrecía el Perú desde la década de los noventa atrajo la atención de los inversionistas mineros de talla mundial, debido al gran potencial minero que siempre ha tenido el Perú. Hay que recordar que, en

el siglo XVI, el Perú era uno de los principales productores de plata en el mundo y que la demanda de cobre y otros minerales por parte de los países que se industrializaban, a principios del siglo XX, nuevamente fijo su atención en Perú como una fuente estratégica de abastecimiento.

El incremento de la producción de minerales permitió hacia inicios del siglo XXI ubicarse entre los primeros cinco productores de cobre, plata, zinc, plomo y estaño en el mundo y en el séptimo en oro. El único mineral en donde el Perú estaba bastante rezagado era el hierro. El interés por avanzar en el desarrollo de la cartera de proyectos era el objetivo de todo inversionista, a pesar de los vaivenes que se observaba en materia de las cotizaciones de los minerales; aunque este es un viejo asunto conocido por los mineros.

Tabla 6.43

Ubicación de Perú en el mundo y Latinoamérica en la producción minera entre 1990 y 2001

Principales productos / <i>Main products</i>	1990		1995		1997 - 2001	
	Latino America / Latin America	Mundo / World	Latino America / Latin America	Mundo / World	Latino America / Latin America	Mundo / World
Zinc / <i>Zinc</i>	1 ro / First	6 to / <i>Sixth</i>	1 ro / First	4 to / <i>Fourth</i>	1ro / First	4to / <i>Fourth</i>
Estaño / <i>Tin</i>	1 ro / First	5 to / <i>fifth</i>	1 ro / First	4 to / <i>Fourth</i>	1ro / First	3ro / <i>Thirdth</i>
Plomo / <i>Lead</i>	1 ro / <i>Flrst</i>	6 to / <i>Sixth</i>	1 ro / <i>Flrst</i>	4 to / <i>Fourth</i>	1ro / <i>Flrst</i>	4to / <i>Fourth</i>

Continuación...

Principales productos /	1990		1995		1997 - 2001	
<i>Main products</i>	Latino America / Latin America	Mundo / World	Latino America / Latin America	Mundo / World	Latino America / Latin America	Mundo / World
Oro / Gold	4 to / Fourth	12 avo / Twelfth	2 do / Second	9 no / Ninth	1ro / First	7mo / Seven
Plata / Silver	2 do / Second	4 to / fourth	2 do / Second	2 do / Second	2do / Second	2do / Second
Cobre / Copper	2 do / Second	10 avo /	2 do / Second	6 to / Sixth	2do / Second	5to / Fifth
Hierro / Iron					5to / Fifth	25vo / twenty fifth

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Anuario de la Minería del Perú 2001. / MINISTRY OF ENERGY AND MINES - Yearbook of the Mining of Peru 2001

La expansión de la producción minera en la década de los noventa fue significativamente mayor a la economía en su conjunto y ello obedeció al entorno favorable para las ampliaciones de la capacidad productiva, mientras se avanzaban las tareas de exploración y preparación de los estudios de factibilidad de los proyectos mineros, de acuerdo con la nueva normatividad que incluía la evaluación de los impactos ambientales.

Excepto en el año 1995, la producción minera creció a una tasa mayor que la economía en su conjunto, entre 1992 y 2001. Además, las tasas de crecimiento registradas por la minería alcanzaron niveles récord, tales como 15.2 % en 1994 y 17 % en 1999.

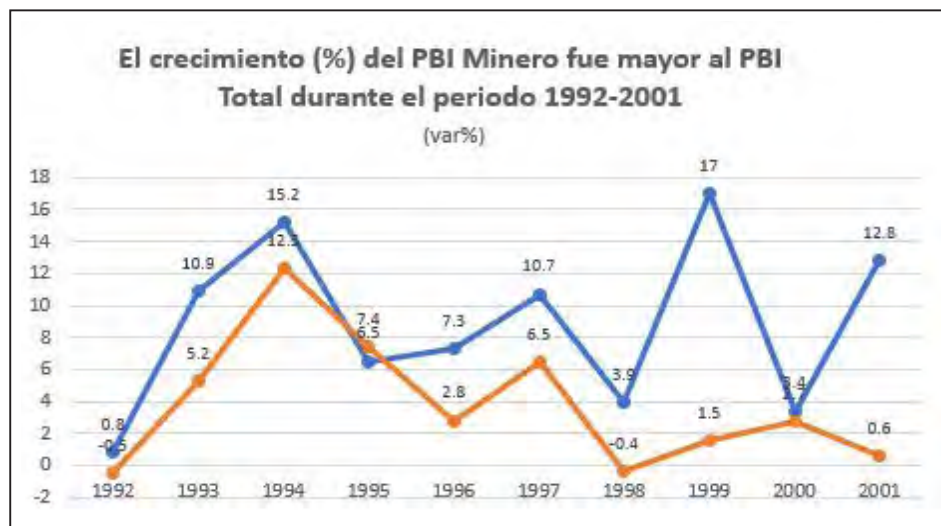


Figura 6.29 Crecimiento del PBI minero y PBI total entre los años 1992 y 2001.

Durante el auge productivo se comenzaron a tomar en cuenta las nuevas normas ambientales, sea en la presentación del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) para las unidades en operación, y el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para los nuevos proyectos.

Hay que recordar que los PAMA eran programas que contenían las acciones e inversiones necesarias para incorporar a las operaciones minero-metalúrgicas los adelantos tecnológicos y/o medidas alternativas que tengan como propósito reducir o eliminar las emisiones y/o vertimientos para poder cumplir con los niveles máximos permisibles establecidos por la autoridad competente.

El EIA es el estudio que permite evaluar y describir los aspectos físico-naturales, biológicos, socio-económicos y culturales en el área de influencia del proyecto con la finalidad de determinar las condiciones existentes y capacidades del medio, analizar la naturaleza, magnitud, y prever los efectos y consecuencias de la realización del proyecto, indicando medidas de previsión y control a aplicar para lograr un desarrollo armónico entre las operaciones de la industria minera y el medio ambiente.

La actividad minera en el Perú se desarrolla en zonas inhóspitas en donde hay una diversidad de carencias, entre ellos infraestructura, mano de obra calificada, lo que implica un gran esfuerzo de los promotores de los proyectos para construir los requerimientos necesarios para poner en marcha la operación minera.

Es cierto que las empresas mineras han aprendido a generar puestos de trabajo para las poblaciones de la zona de influencia del proyecto, por lo general durante la fase de construcción de la infraestructura. Sin embargo, para tareas más sofisticadas como el manejo de maquinaria y equipo, era y es inevitable trasladar a personal técnico de otras zonas.

En algunos lugares o proyectos es probable que se hayan producido "choques" culturales entre los pobladores foráneos y las poblaciones de los pueblos cercanos a las operaciones. Estos son elementos que han tomado en cuenta las gerencias de Comunicaciones y de Relaciones Comunitarias de las empresas con el fin de evitar actos no respetuosos con aspectos culturales de la zona.

Accidentes ambientales y conflictividad social

El tema ambiental se ha convertido en un asunto muy sensible en el siglo XXI en el Perú y en el mundo, debido a los efectos del cambio climático y que motivó el impulsar la suscripción de acuerdos internacionales y compromisos para la reducción de la emisión de gases efecto invernadero por parte de cada país, desde la década de los noventa del siglo pasado.

El Perú fue aprobando en forma progresiva el marco legal que sanciona los impactos negativos de las actividades extractivas y productivas en el medioambiente, en particular cuando hay daños a la salud de las personas; mientras que las empresas, en particular aquellas con matrices en países de tradición minera, trajeron nuevas prácticas y protocolos para hacer frente a contingencias diversas que pueden ocurrir en sus operaciones.

Sin embargo, hay que recordar los terribles accidentes ambientales que involucran a importantes multinacionales y que han dejado igualmente grandes lecciones para las empresas y los Estados.

Así se puede citar a los tres considerados accidentes más nefastos por sus efectos en vidas humanas, además del impacto económico y político generado: derrames de petróleo en el golfo de México (20 de abril del 2010); en Alaska, EE. UU. (24 de marzo de 1989); y la fuga de químicos en una fábrica de pesticidas en la ciudad de Bhopal, India (3 de diciembre de 1984).

En América del Sur se puede citar el caso de la ruptura de la presa de Brumadinho. Se trató de un desastre ambiental ocurrido el 25 de enero de 2019, en el municipio de Brumadinho, estado de Minas Gerais, Brasil, cuando un dique minero con aguas residuales de la mina Córrego de Feijão, de propiedad de la minera Vale S.A., se derrumbó y derramó miles de metros cúbicos de agua y barro.

Los desastres y accidentes ambientales, además de generar los daños al medioambiente, pérdidas económicas y vidas humanas, motivan la reacción de las autoridades para introducir mayores controles y sanciones en sus respectivas legislaciones.

Una de las consecuencias de los desastres ambientales es la natural reacción de las poblaciones afectadas que es algo inevitable, pero más importante es la negativa imagen que las poblaciones de las zonas de influencia de las actividades extractivas pueden formarse y que explican la resistencia hacia nuevas operaciones mineras.

A ello se suman las labores que realizan otros actores que asumen la defensa de la protección ambiental, como es el caso de un conjunto de Organizaciones No Gubernamentales (ONG), algunas constituidas en el Perú y otras que tienen una actuación internacional con sede en los países económicamente más desarrollados en Europa, Estados Unidos y Canadá.

En el plano local, las controversias medioambientales de las actividades extractivas o de los proyectos también son utilizadas muchas veces por organizaciones sociales y políticas de la zona de operaciones para presionar al gobierno y a las empresas por mayores recursos para inversión social o también para negar el otorgamiento de los permisos necesarios para operar o poner en marcha ampliaciones y/o nuevos proyectos.

El caso del derrame de mercurio en Choropampa

El Perú no ha sido ajeno a los incidentes y/o accidentes ambientales, tal vez el más importante en el siglo XXI fue el ocurrido no en un centro minero, sino en una carretera a través del cual se transportaba un mineral tóxico (mercurio) procedente de la Compañía Minera Yanacocha, la principal aurífera del Perú y muy conocida en los principales mercados de metales.

En efecto, en junio del año 2000, los socios de Yanacocha eran Newmont Mining Corp (51.35 %), Compañía de Minas Buenaventura (43.65 %) y la Corporación Financiera Internacional (5.0 %). Newmont, el segundo productor de oro del mundo que cotizaba en la bolsa de Nueva York era el accionista controlador de la sociedad y el responsable de la gestión empresarial. Buenaventura era el principal grupo minero peruano y CFI era un organismo dependiente del Banco Mundial que participa como socio minoritario en empresas privada.

El 3 de junio del año 2000, un tráiler camión de la empresa Ramsa Comercial S.A., que se dirigía de Cajamarca a Lima transportando 10 cilindros vacíos de cloro (cada uno pesaba 600 kg) y 9 botellas de mercurio (1631 kg en total) de propiedad de Yanacocha, derramó 151 kg de ese metal (equivalente a 11 litros) en una extensión de 27 kilómetros, aunque la mayor cantidad de mercurio se derramó en Choropampa.

Yanacocha informó a la Dirección Regional de Salud de Cajamarca, que puso en marcha un plan de prevención en coordinación con los alcaldes de las municipalidades de Choropampa, Magdalena y San Juan. Asimismo, la Fiscalía de Prevención del Delito de Cajamarca inició una investigación de oficio sobre el accidente con el fin de determinar la responsabilidad penal contra quienes hubiesen resultado comprometidos directamente.

Los ejecutivos de Yanacocha activaron varios planes para recuperar el mercurio y desplazó a personal de la empresa a la zona; en tanto, muchos pobladores recogieron el mercurio imaginando que se trataba de oro. Las autoridades también intentaron que la población devolviera el mercurio informándoles a través de autoperforantes que se trataba de un material tóxico. Se recuperaron 49.1 kg, el resto se quedó en suelos, se evaporó o no se recuperó.

Un informe de Dirección General de Salud en septiembre concluyó lo siguiente:

- 251 personas fueron afectadas por contaminación de mercurio, además de las 210 personas atendidas en el hospital.
- Se afectó por contaminación de mercurio 114 viviendas de las 310 evaluadas en Choropampa.
- No hubo contaminación de fuentes de agua en Choropampa por mercurio, por tanto, no se ha transgredido la Ley General de Aguas – Decreto Ley 17752.
- En la atmósfera periurbana el mercurio inorgánico se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles.

El accidente ocurrido a una empresa como Yanacocha que tiene accionistas de gran prestigio generó investigaciones independientes por parte de la CFI y también un conjunto de recomendaciones para diversos actores vinculados a la compañía.

El problema ambiental ocasionado sirvió para mejorar las pautas de fiscalización del Estado en el transporte de sustancias tóxicas.

Sin embargo, la cantidad de mercurio derramado y las consecuencias que tuvo la empresa aurífera en su imagen y su cartera de proyectos en Cajamarca fueron muy perjudiciales. Tras alcanzar un pico productivo en el 2005, la empresa registró una tendencia declinante en su producción que llevó a ser desplazada del primer lugar en la producción de oro de América Latina.

En efecto, la mina Pueblo Viejo de República Dominicana con una producción de 30.1 toneladas en el 2018, se convirtió en la primera productora de oro de América Latina. En marzo del 2020, Barrick Gold, la empresa que ejerce el control de la mina

anunció que invertirá unos US\$1300 millones en la ampliación de la mina, lo que permitirá prolongar su vida útil hasta más allá del año 2040.

El accidente que involucró a Yanacocha se circunscribió a la minería formal donde los actores son claramente identificados y que muchas veces sigue denunciando un manejo ambiental negativo. Sin embargo, el volumen de mercurio vertido accidentalmente es mínimo respecto a lo que vierte la minería informal-ilegal en la zona de Madre de Dios cada año.

En efecto, según informaciones del Ministerio del Ambiente, en el 2017 se deforestaron unas 20 000 has, la mayor parte debido a la actividad minera, lo que significó más de 2 has deforestadas por hora. Además, se vertieron aproximadamente 180 000 kg de mercurio, que equivale a 1100 veces más que la cantidad de metal del caso Yanacocha y solo en un año.

Las ONG que concentran su atención en la vigilancia de las actividades de la minería formal no parecen mostrar una atención similar en el caso de la minería informal-ilegal con el fin de encontrar alternativas de solución técnica a este gran problema social y económico que ha derivado en un desastre ambiental en Madre de Dios.

6.6.6 La minería y conflictividad social en el siglo XXI

Las primeras controversias ambientales y los conflictos

El impacto del derrame de mercurio en Choropampa favoreció un clima social adverso hacia Yanacocha que se expresó cuando esta empresa intentó sacar adelante el proyecto Cerro Quilish, entre el 2002 y el 2004, y situaciones similares ocurrieron con otros proyectos. Asimismo, contribuyó a empoderar las acciones cuestionadoras de la minera en Cajamarca por parte de varias agrupaciones políticas y de ONG locales.

“No es que antes en Cajamarca no hubiera conflictos sociales; los había sin duda, pero lo nuevo en este caso es que a partir de la década del 2000, en pleno auge de las explotaciones mineras, los conflictos que se generaron en el entorno de la empresa Yanacocha adquirieron un nuevo carácter: se producían no solo por la demanda de las poblaciones afectadas por la expansión de la empresa, que reclamaba empleo, obras, pago de servidumbres y reclamaciones por la venta de tierras; sino que con la intensificación de los reclamos de las poblaciones se fueron construyendo plataformas sociales, ambientales y políticas, a la que se sumaron otros actores del espacio regional, como Frentes de Defensa del Ambiente y líderes ambientalistas que poco a poco fueron incluyendo el debate de nuevas agendas relacionadas con la protección del medio ambiente, sobre todo, disputas por el agua”, sostiene Víctor Caballero Martín.

Cajamarca no fue el único lugar donde comenzaron a advertirse un movimiento crítico de la minería, que un sector del país los denominó como “antiminero”, en los primeros años del siglo XXI. En la zona de Piura, también, se produjo una fuerte oposición al desarrollo del proyecto minero Tambogrande, cuya concesión estaba en manos de Mahattan Sechura, una subsidiaria de la minera canadiense Manhattan Minerals.

El cuerpo mineralizado Tambo Grande-1 se encuentra ubicado debajo de una parte del pueblo de Tambogrande y se extiende hasta el extremo sur del valle agrícola de San Lorenzo. El cuerpo mineralizado TG-1 contiene 853 000 onzas de oro recuperable y 10.26 millones de onzas de plata en la zona de óxidos, mientras que la zona de sulfuros contiene 339 000 toneladas de zinc y 715 800 toneladas de cobre. El proyecto tenía previsto una vida operativa aproximada de 12 años, mientras que el periodo total desde el inicio de la construcción hasta la culminación de los trabajos de rehabilitación se estimaba en 17 años.

Para efectuar el proyecto era necesario la reubicación de una parte del pueblo en un periodo de dos años, un aspecto que generó controversia y oposición. Según el Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL), el 2 de junio de 2002, el municipio distrital de Tambogrande convocó a la población a una consulta ciudadana en la que cerca del 96 % de los votos válidos rechazó la actividad minera.

La decisión unilateral de la municipalidad fue desconocida por la empresa y el gobierno nacional, habida cuenta que no existió un órgano del Estado que garantizara la idoneidad de la consulta. La oposición al proyecto continuó durante los dos años siguientes; en tanto el proceso de evaluación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la empresa recibía observaciones por parte de las entidades estatales correspondientes.

A fines del 2003, al incumplir varios requisitos para asumir la concesión, el Estado dejó sin efecto el mismo; sin embargo, el motivo real fue la presión ejercida por varios actores sociales y autoridades de Tambogrande. Además, era evidente que las tensiones sociales alrededor del proyecto dificultaban que Manhattan Minerals pueda levantar recursos en Canadá para completar el financiamiento requerido en el desarrollo de este proyecto.

El Estado ante el escenario de conflictividad

El incremento de conflictos sociales en los primeros años del siglo XXI sorprendió a muchos a todos los actores que participan

en la actividad minera de una manera directa e indirecta. El Estado carecía de información sistematizada respecto a los tipos de protesta, sus causas y la situación en la que se encontraban. Si bien los órganos de inteligencia del Estado hacen seguimiento a las protestas que perturban el normal desenvolvimiento de las actividades productivas, el tipo de información requerido para proveer de análisis y las alternativas de solución de un conflicto social involucran otros aspectos más allá de la esfera de la seguridad.

De allí que fue la Defensoría del Pueblo (Defensoría) la institución que comenzó a monitorear los conflictos desde mediados del 2004, una época en que no existía un sistema de información que recopile el tipo de protesta de un conflicto social, las causas y el estado en que se encontraban. No todos los conflictos llevan a niveles de violencia y además la duración de un conflicto es variable o pueden permanecer en estado de latencia, entre otras características.

El activismo social en las zonas mineras condujo a prestar atención a la evolución de un conflicto y cómo debían ser enfrentados. Los funcionarios del Estado carecían de experiencia para abordar estos problemas y una situación similar ocurría a nivel de las empresas, las cuales habitualmente concentraban su atención en cómo llevar adelante los proyectos.

La Defensoría fue sofisticando su análisis de los conflictos y después de varios años ha ido perfeccionando su análisis, a través de la Adjuntía para la Prevención de Conflictos Sociales y la Gobernabilidad. Ha definido las fases y los aspectos a tomar en cuenta en cada conflicto típico para abordar una solución que no siempre es rápida.

Durante varios años una de las observaciones que se realizaban continuamente fue que el Estado no había invertido lo suficiente en prevención y gestión oportuna de los conflictos sociales. La Defensoría informó que el número de conflictos aumentaron de 93 en el 2004 a 362 en el 2010, un incremento que demuestra la álgida situación derivada, según algunos analistas, de la gran expansión económica vivida en esa época y las pugnas por obtener los beneficios de la gran expansión. La Defensoría ha acumulado diversa información sobre los conflictos sociales y ha sistematizado los tipos de protestas de gran impacto (violencia), entre ellos lo que impiden el normal desarrollo de las actividades productivas, tales como el bloqueo de vías, toma de entidades y enfrentamientos con las fuerzas del orden.

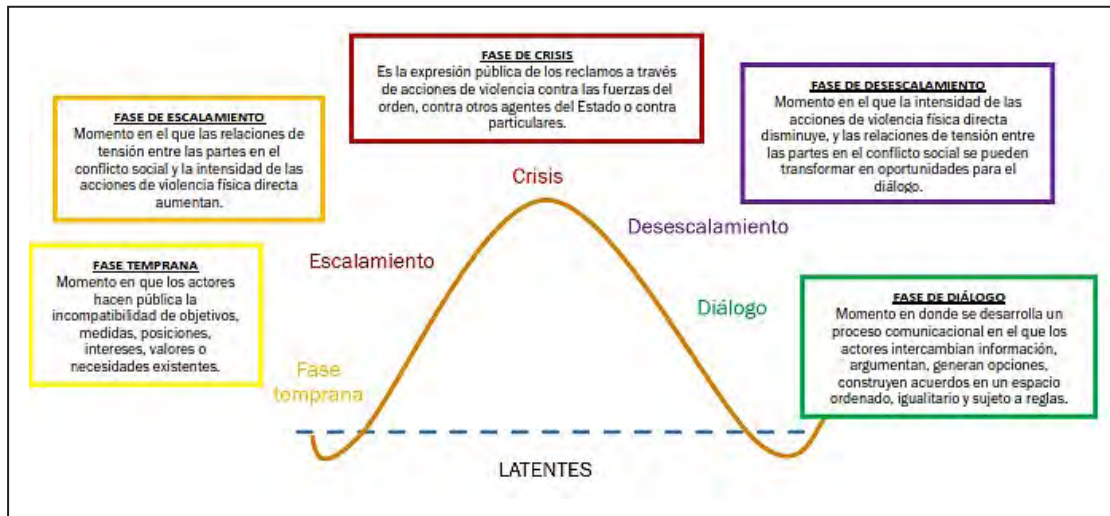


Figura 6.30 Fases de conflictos típicos para búsqueda de soluciones.

Cuadro 6.4

Tipo de acciones colectivas de protesta que implicaron violencia (Abr 2007- Feb 2020)

Tipo	Nro.	%
Total	3123	100.0%
Bloqueo de vías (carreteras o vías de acceso)	1684	53
Toma de entidades, locales, campamentos	926	29
Enfrentamientos entre sectores de la sociedad y la PNP / sectores de la sociedad	371	11
Destrucción o daño de la propiedad pública y/o privada	142	4

Fuente: SIMCO

Las acciones colectivas de protesta han variado en el tiempo, habiéndose registrado una tendencia creciente entre el periodo

2010-2014, en el cual la actividad minera comenzó a mostrar un ciclo declinante de precios.

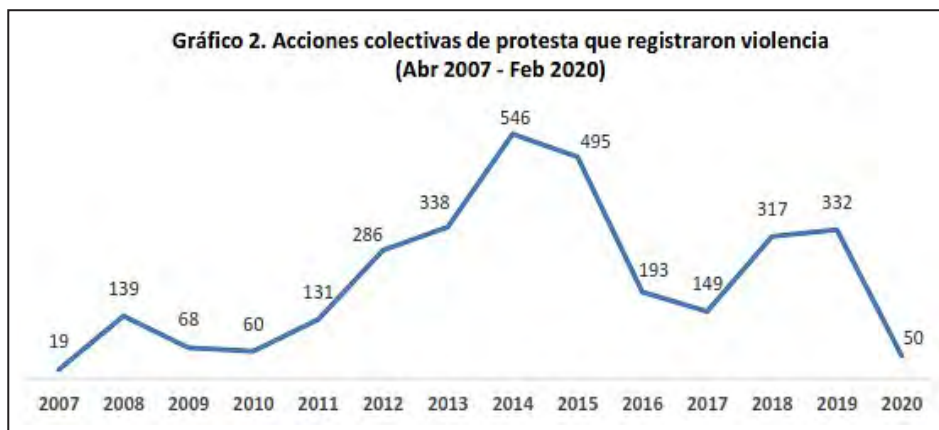


Figura 6.31 Acciones de protesta que generaron violencia entre 2007 y 2020.

Fuente: Defensoría del Pueblo

Desde la Presidencia del Consejo de ministros (PCM) se desarrollaron estrategias para enfrentar un entorno de conflictividad y en tal sentido en enero del 2010 se creó la Oficina de Gestión de Conflictos Sociales (D.S.010-2010-PCM) que se replicaron en varios ministerios vinculados a actividades productivas. Sin embargo, los intentos por encontrar soluciones a los conflictos encontraron diversas dificultades que contribuyeron a acumular experiencias y un mejor conocimiento de la realidad.

Los problemas de coordinación entre autoridades del gobierno nacional y los gobiernos subnacionales (regiones y municipalidades), el exceso de voluntarismo en los ofrecimientos de las autoridades en las mesas de negociación, los incumplimientos de los compromisos por parte de las empresas y la intransigencia de los dirigentes de las organizaciones civiles en las zonas de conflicto dificultaron la posibilidad de salidas a las controversias.

Asimismo, el interés político de líderes locales y de sus organizaciones también son aspectos que atentaron contra las alternativas de solución planteadas. La deficiente información manejada por las poblaciones de

las zonas de influencia minera, respecto de los alcances de las operaciones y los proyectos, sigue siendo un elemento que todavía necesita un mejor tratamiento.

De acuerdo con informes de entidades de seguridad del Estado, en determinadas zonas, detrás de la oposición a los proyectos y actividades mineras se encuentra la actuación de las mafias dedicadas al narcotráfico, en la medida que una mayor o mejor presencia del Estado implicaría interrumpir las rutas de transporte o la exposición de las actividades ilegales a las fuerzas del orden. La oposición al proyecto Conga en Cajamarca, en el primer semestre del 2012, dejó la impresión de una imagen débil del gobierno nacional, y a pesar de haber otorgado licencias para el desarrollo del proyecto, controlado por Newmont Corp., tuvo que desistir en su puesta en marcha, debido a la férrea posición contraria de actores sociales y políticos de Cajamarca y otras ciudades del país.

Fortaleciendo la capacidad negociadora del Estado

En el objetivo de fortalecer la labor preventiva en los conflictos sociales, en octubre del 2012, se creó la Oficina Nacional de Diálogo y Sostenibilidad, para tratar la conflictividad social con un equipo capacitado, una

mayor presencia nacional y la decisión política de implementar espacios de diálogo en las zonas donde se desarrollaban las operaciones y proyectos mineros. Esta oficina buscó desarrollar un mejor análisis de la conflictividad y elaboró documentos donde mostraba la estrategia de trabajo.



Figura 6.32 Estrategia SGSD para manejo de conflictos sociales.



Figura 6.33 Factores claves en la intervención durante conflictos.

La estrategia contemplaba las claves para una mejor intervención en los conflictos sociales; pero, a pesar del esfuerzo realizado, los conflictos continuaron incrementándose. Hacia el 2015 y 2016, las labores realizadas comenzaron a mostrar resultados favorables, en términos del número de conflictos reportados, siempre por debajo de los reconocidos por la Defensoría.

La conflictividad social es un asunto sensible debido a que en muchos casos los intereses políticos no aparecen a primera vista y se confunden entre las demandas sociales y económicas. Además, la globalización, las redes sociales, posibilitan una mirada en tiempo real a los problemas, generado un impacto de mayor envergadura.

Según el Atlas de Justicia Ambiental, una iniciativa creada en el 2012 por la Universidad Autónoma de Barcelona, en mayo de 2017, el Perú ocupaba el quinto lugar en el mundo en conflictos ambientales al totalizar 77 casos, y era tercero a nivel de América Latina.

En el Perú, siete de cada diez conflictos sociales están relacionados con las actividades extractivas, en particular la minería. Las causas son complejas y tienen varias aristas. Entre estas tenemos temas relacionados al medio ambiente, compensación por la compra de tierras aledañas a los proyectos, demandas por la implementación de proyectos de infraestructura, politización de los conflictos, etc.

Finalmente, en marzo del 2017, la Presidencia del Consejo de ministros hizo oficial la creación del viceministerio de Gobernanza Territorial (D.S. 022-2017-PCM) para desarrollar una estrategia más articulada entre las entidades del Ejecutivo. Dicho viceministerio tiene entre sus competencias el diálogo y la resolución de conflictos sociales, se encargará de temas de descentralización y de la organización territorial, y además tiene el control de la Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial (DNTDT) y de la Oficina Nacional de Diálogo y Sostenibilidad (ONDS).

Cuadro 6.5

Tipología de conflictos

Tipo de conflicto	Gira en torno a:
Asuntos del gobierno local	Gestión pública de los municipios provinciales y distritales
Asuntos del gobierno regional	Gestión pública de los gobiernos regionales
Asuntos del gobierno nacional	Gestión pública del gobierno central.
Socioambiental	Control, uso y/o acceso al ambiente y sus recursos. Están presentes también componentes políticos, económicos, sociales y culturales.
Por demarcación territorial	Establecimiento de límites entre circunscripciones territoriales.

Tipo de conflicto	Gira en torno a:
Por cultivo ilegal de hoja de coca	Siembra ilegal de coca, la presencia del narcotráfico y las acciones del Estado.
Laborales	Derechos laborales.
Comunales	Acceso a recursos naturales, propiedad, límites territoriales entre comunidades.
Electorales	No aceptación de resultados electorales y el rechazo a las autoridades electas.
Otros asuntos	Reclamos estudiantiles, universitarios, entre otros.

Fuente: Tipología utilizada desde abril del 2008 en el SIMCO.

Las empresas y el buen gobierno corporativo

No hay empresa minera en el Perú que haya estado exenta del clima de conflictividad en el siglo XXI. Existe una experiencia acumulada de aciertos y desaciertos en los intentos por enfrentar escenarios críticos que afectaron el normal desarrollo del proceso productivo minero y/o el cronograma de construcción de la infraestructura.

Algunas empresas subsidiarias de multinacionales mineras ensayaron alternativas para prevenir con anticipación posibles reclamos y eventuales demandas de las poblaciones de su zona de influencia directa. A pesar de haber cumplido los compromisos, han enfrentado nuevas demandas o presiones para usar recursos entregados a fideicomisos específicos para determinados proyectos u obras de infraestructura.

Responsabilidad social empresarial en la minería

Los continuos desencuentros entre las empresas y las poblaciones de sus zonas de influencia obligaron a las empresas a crear gerencias de relacionamiento con las comunidades dentro del cual contrataron a una diversidad de profesionales no vinculados con la actividad extractiva central. De esa manera, llegaron a las oficinas en Lima y sobre todo en las zonas de operación una diversidad de profesionales de las ciencias sociales (antropólogos, sociólogos, psicólogos, comunicadores sociales, entre otros).

Luis Marchese, gerente país de Anglo American en Perú, afirmó que "hace 15 años la sofisticación de las relaciones comunitarias de parte de las empresas era bastante baja, ahora ya tenemos una serie de instrumentos, áreas de relaciones comunitarias,

áreas de comunicaciones, áreas de desarrollo sostenible".

De manera que las empresas mineras han aprendido a manejar su relación con las comunidades de manera más abierta y constructiva, hilando más fino. En la región de Áncash, la minera Antamina creó Antamina Mining Fund con el propósito de lograr una alianza de desarrollo con la comunidad, invirtiendo en infraestructura, mejorando la calidad de las escuelas, implementando programas de salud infantil etc. Involucrando en estas iniciativas a ONG y otras instituciones.

En Apurímac, la minera Las Bambas también desarrolló una adecuada estrategia de relacionamiento social desde que fue adjudicado a XStrata Copper, en el 2004, es decir, casi una década antes de la puesta en operaciones, a través del cual se construyeron nuevas viviendas e infraestructura para las poblaciones de su zona de influencia directa.

En Cusco, BHP Billiton Tintaya S.A. estableció una Gerencia de Desarrollo Social y una Fundación Corporativa denominada Fundación Tintaya, en agosto del 2001. Esta empresa pionera en otorgar recursos para un fideicomiso con el propósito de atender temas claves del desarrollo dentro de la provincia: educación, salud, desarrollo agropecuario, investigación, etc.

La estructura de la organización de la Fundación Tintaya posibilitaba una buena gestión de los recursos que la empresa se comprometió a otorgar anualmente (equivalente a 3 % de las utilidades antes de impuestos) para ser gestionados en proyectos de inversión social en beneficio de la zona de influencia de las operaciones a través de la Asociación Civil Tintaya.

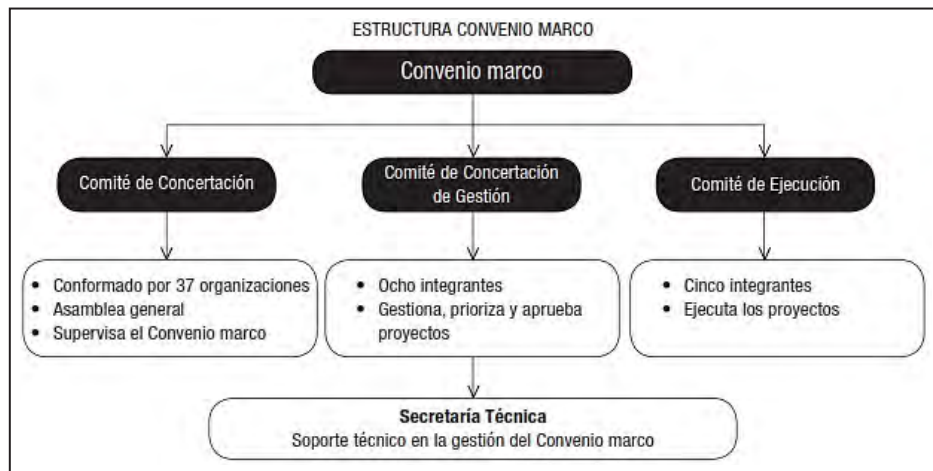


Figura 6.34 Estructura de convenio marco.
Fuente: XstrataCopper (2009)

Iniciativa EITI y las buenas prácticas internacionales

El Perú se incorporó a la Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI por sus siglas en inglés), en el 2005, como un compromiso para resaltar la importancia que tienen estas industrias para su economía. Y desde el 2012, el Perú viene cumpliendo con las Normas EITI, y ha sido formalmente reconocido como “país cumplidor”.

La EITI es un acuerdo de alcance internacional entre el gobierno, las empresas y las organizaciones de la sociedad civil, cuyo fin es promover una mayor transparencia y rendición de cuentas de los pagos impositivos y contribuciones efectuados por la actividad minera y de hidrocarburos. Hasta la fecha el Perú es el único país en Sudamérica adherido a la EITI.

Según un estudio realizado por la consultora Mc Kinsey, publicado en el segundo trimestre de 2016, las empresas que se vinculan de manera positiva con sus grupos de interés, principalmente con las comunidades, pero también con sus trabajadores, proveedores y clientes, mejoran su rentabilidad en un 2 % anual o 20 % en un plazo de 10 años.

Resultados similares fueron obtenidos en un estudio que realizó The Centre for Social Responsibility in Mining (CSRSM) y Harvard Kennedy School. El informe analizó 50 casos de conflictos entre empresas mineras y comunidades en el mundo, y reveló que los costos para las empresas del sector extractivo son significativos. En casos que involucran inversiones de US\$3 mil millones y US\$5 mil millones, estos costos son cercanos a los US\$20 millones semanales. Estos estudios concluyen que es fundamental para la industria construir relaciones sostenibles

con las comunidades localizadas alrededor de las operaciones.

El Perú cuenta con 6 estudios de transparencia que cubren los flujos financieros de las actividades extractivas, desde el 2004 hasta el 2016. Actualmente, en su elaboración, participan 19 empresas del sector hidrocarburos (97 % de la producción) y 42 del sector minero (86 % de la producción).

En el caso de los estudios regionales, se cuenta con un total de 14, correspondientes a 5 regiones del país (Apurímac, Arequipa, Loreto, Moquegua y Piura). En el 2019, estos estudios también incluyeron a 21 municipalidades provinciales, 26 municipalidades distritales y universidades.

Sin embargo, un problema pendiente de resolver es el retraso en la elaboración del VII Informe Nacional de Transparencia en las industrias extractivas EITI Perú 2017-2018, cuyo plazo original venció en diciembre del 2019 y fue ampliado hasta fines del 2020.

6.7 CONTRIBUCIÓN DE LA MINERÍA AL CRECIMIENTO Y LA REDUCCIÓN DE LA POBREZA

Gran avance de Perú en reducir desigualdad en el siglo XXI

A pesar de los cuestionamientos al manejo de la economía en su conjunto, porque los altibajos producidos en la política de promoción de inversiones en las dos primeras décadas del siglo XXI, el Perú logró importantes avances en términos de la desigualdad de ingresos de la población, si se compara con el resto de los países de América Latina.

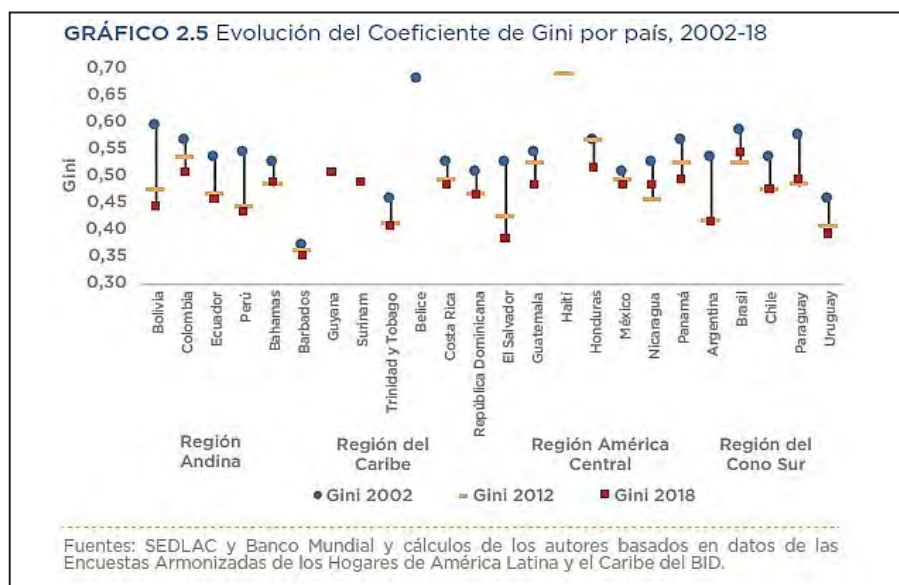


Figura 6.35 Evolución del Coeficiente de Gini por país (2002-2018).

En efecto, estudios realizados por el Banco Interamericano de Desarrollo sobre la desigualdad en América Latina para el periodo 2002-2018 indican que el coeficiente Gini del Perú disminuyó en forma notoria en ese periodo. La expansión de la economía producida por el fuerte crecimiento minero –y de la economía en general– trajo beneficios para sectores de la población que pasaron a conformar parte de la clase media, según ingresos monetarios.

La disminución de la desigualdad en el Perú fue la mayor entre los países de economías medianas de América Latina y si bien

otros países redujeron sus niveles de desigualdad, en el caso peruano destaca que el índice Gini se acercó más a 40 % (0 a 4).

Según estimaciones del Banco Mundial, el coeficiente Gini se ubicaba en 53.7 a principios del siglo XXI disminuyó a 43.3 en el 2018, un resultado muy favorable que debería continuar con la persistencia de políticas orientadas a mantener el equilibrio macroeconómico combinado con políticas sectoriales que sigan incentivando la competitividad.

Tabla 6.44

Desigualdad en Latinoamérica

País	Fecha más cercana a 1990	Fecha más cercana a 2019	Diferencia
Argentina	46.80	41.20	-5.60
Bolivia	58.10	44.00	-14.10
Brasil	53.20	53.30	0.10
Chile	57.20	46.60	-10.60
Colombia	51.50	49.70	-1.80
Costa Rica	45.30	48.30	3.00
República Dominicana	51.40	45.70	-5.70
Ecuador	53.40	44.70	-8.70
El Salvador	54.00	38.00	-16.00
Guatemala	59.60	48.30	-11.30
Honduras	57.40	50.50	-6.90
México	53.70	48.30	-5.40
Nicaragua	57.40	46.20	-11.20

País	Fecha más cercana a 1990	Fecha más cercana a 2019	Diferencia
Panamá	58.20	49.90	-8.30
Paraguay	40.80	48.80	8.00
Perú	53.70	43.30	-10.40
Uruguay	42.40	39.50	-2.90

Fuente: Banco Mundial

Impacto en la expansión de regiones mineras

Según la ponderación sectorial utilizada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática para los sectores conformantes del Producto Bruto Interno (PBI), la minería metálica tiene una participación de 12.1% en el total de la producción. La participación del sector servicios es mayor, pero hay que recordar que este se encuentra constituido por una diversidad de actividades. Una situación similar ocurre con la manufactura, que tiene una participación de 16.52 % que está conformada por decenas de ramas industriales; algo que no ocurre con la minería.

Uno de los problemas de la economía peruana es el centralismo productivo, en razón que la región Lima concentra alrededor del 46 % de la producción total del país y la segunda región más importante, Arequipa, se acercaba al 5.5 % de la producción en el 2019. Se trata de un rasgo característico del Perú, también ocurre en la mayoría de América del Sur, aunque con algunas diferencias respecto a la distancia entre la principal ciudad y la segunda más importante.

Colombia es un ejemplo de descentralización en la región, en el sentido que ese país cuenta con otros polos de desarrollo además de la capital, Bogotá. Sin embargo, descentralización no necesariamente significa una mejor distribución del ingreso y ello se puede comprobar a través del coeficiente Gini de Perú que fue 0.44 en el 2016 versus el 0.51 de Colombia. Es decir, Colombia es más desigual que el Perú en términos de distribución de la riqueza generada.

Las diferencias entre la capital y las regiones del interior se reflejan en la calidad de la infraestructura y el soporte que tienen las actividades productivas en Lima. La distancia es mayor al tomar en cuenta las zonas en donde, por lo general, están ubicadas las operaciones mineras. En ese sentido, cobra relevancia la puesta en marcha de un proyecto minero en las zonas rurales o alejadas de las ciudades y sobre todo si se trata de un proyecto de grandes dimensiones.

En realidad, el desarrollo de un proyecto minero, por lo general, implica la creación de infraestructura específica y la movilización de recursos humanos, productivos, financieros y de servicios. Eso crea grandes expectativas en las poblaciones de las zonas

de influencia o cercanas a ella, porque no solo se toma en cuenta la generación de empleo, sino que se cree que la explotación de la mina resolverá otros problemas económicos y sociales.

De esa manera se configura un contexto en que las necesidades reales de la población pueden ser capitalizadas por políticos de la zona o personajes ajenos que tienen o defienden intereses particulares.

Una mirada a la participación de las regiones en la producción nacional entre el 2007 y el 2019, que es uno de los periodos de gran expansión registrada por la economía en el siglo XXI, principalmente hasta el 2014, indica que la importancia relativa en el valor de la producción entre Lima y regiones no ha variado significativamente. Aunque Lima acrecentó su importancia, lo cual implica que los cambios en materia productiva deben ser tomados en cuenta para la formulación de políticas públicas.

Se puede observar que el crecimiento del PBI registrado por algunas regiones en el periodo 2008-2019 se debería a la puesta en marcha de grandes proyectos mineros. Ese es el caso de Apurímac, cuyo PBI registró altas tasas de crecimiento en el 2016 y 2017 (14.1 % y 21.7 % de expansión para cada año, respectivamente), cuando inició la fase de producción del proyecto cuprífero Las Bambas.

Una situación similar ocurrió con Arequipa el 2016, que registró una expansión de 25.9 %, una tasa importante dada las dimensiones de la segunda región más importante del Perú y ello se debió a la puesta en marcha de la ampliación de Cerro Verde, que convirtió a esta mina entre los 10 primeros yacimientos cupríferos del mundo. Otro caso relevante es Tacna que registró una expansión de 22.7 % el 2019 debido a la ampliación de Toquepala.

En el caso de Apurímac, se puede observar que su PBI registró un notorio crecimiento a partir del 2010, cuando se inició la construcción de la infraestructura de Las Bambas que involucró una inversión nunca registrada en esta zona y que generó empleo para la población de la zona de influencia del proyecto.

En el centro del país, en la región Junín, la puesta en marcha del proyecto Toromocho, a cargo de Chinalco, significó una influencia determinante para que la economía regional registre una expansión de 11.7 % en el 2014 y 16.3 % en el 2015.

Tabla 6.45
Participación (%) de las regiones en el PBI nacional

Regiones	2007	2011	2016P/	2019E/
Lima	42.6	42.7	46.6	45.7
Lima Metropolitana	34.9	35.2	38.5	38.1
Arequipa	5.3	5.4	5.3	5.3
Callao	4.2	4.2	4.7	4.5
La Libertad	4.6	4.7	4.5	4.4
Piura	4.0	4.2	4.0	4.1
Ica	2.8	3.5	3.2	3.5
cusco	3.4	4.4	3.2	3.5
Ancash	4.9	4.0	3.1	3.2
Lima Provincias				
Junín	2.9	2.5	2.7	2.6
Lambayeque	2.2	2.2	2.4	2.3
Cajamarca	2.6	3.1	2.3	2.3
Puno	1.8	2.0	2.1	2.1
Loreto	2.2	2.0	1.4	1.6
Apurímac	0.6	0.5	1.2	1.3
Tacna	1.6	1.2	1.1	1.3
Huánuco	1.0	1.0	1.2	1.2
Ayacucho	0.9	1.1	1.1	1.2
San Martín	1.0	1.1	1.2	1.1
Moquegua	2.4	1.8	1.1	1.1
Ucayali	1.0	0.9	0.9	0.9
Pasco	1.7	1.2	0.9	0.9
Huancavelica	0.8	0.7	0.7	0.7
Amazonas	0.6	0.6	0.6	0.6
Tumbes	0.5	0.5	0.5	0.5
Madre de Dios	0.6	0.8	0.6	0.4
Valor Agregado Bruto	91.7	92.1	91.8	92.0
Impuestos a los Productos	7.4	7.6	8.0	7.8
Derechos de Importación	0.9	0.3	0.2	0.2
Producto Bruto Interno	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: INEI

Una situación distinta se observa en la región Cajamarca, en la cual el descenso continuo de la producción se debe a varios factores estructurales de dicha región; pero la paralización del proyecto Conga detuvo los planes de abastecimiento y soporte de decenas de empresas proveedoras y el efecto consecuente en los pequeños negocios de la provincia.

De otro lado, el nivel de competitividad de la región Cajamarca se vio desfavorecido por la ineficiente gestión desarrollada por las autoridades regionales que lideraron

la oposición al proyecto Conga, puesto que estos parecían más interesados en los resultados políticos antes que avanzar

con los proyectos de inversión pública que intentó impulsar el gobierno nacional.

La región Madre de Dios, que tradicionalmente era la región primigenia de extracción aurífera de origen aluvial, registra una

expansión irregular de su economía, en donde casi la mitad de la población depende de la actividad aurífera. Madre de Dios representa solo el 0.4 % de la producción nacional y sorprende la persistente caída de su producción en el periodo 2017-2019.

Tabla 6.46
Crecimiento de la producción (%) anual de las regiones 2008-2019 (INEI)

Crecimiento de la producción (%) anual de las regiones 2008-2019												
Regiones	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016P/	2017P/	2018E/	2019E/
Tacna	-2.5	-3.9	10.7	2.4	1.1	4.6	5.4	8.3	-1.4	1.2	8.0	22.7
Loreto	6.0	0.7	7.2	-3.8	7.9	3.6	3.2	-2.2	-11.4	6.4	10.5	4.9
Ucayali	5.2	1.0	3.3	5.9	9.4	1.7	0.3	5.2	0.3	3.1	3.2	4.8
Ica	18.4	4.1	7.1	11.0	1.4	10.2	2.9	3.3	0.2	5.8	4.8	3.9
Piura	7.3	3.1	7.9	8.3	4.3	4.0	5.7	0.6	0.3	-2.4	7.1	3.8
Tumbes	16.2	9.5	10.8	-6.0	12.5	2.1	4.7	-2.5	-1.3	5.7	4.4	3.6
La Libertad	7.1	0.4	5.8	4.5	7.7	4.4	1.5	2.3	0.9	1.7	5.3	3.5
Ayacucho	14.3	10.3	4.6	4.8	9.0	9.4	-0.5	5.8	0.3	5.3	5.6	3.1
Lima Metropolitana	8.8	1.4	11.1	8.0	6.8	5.5	3.9	3.2	2.9	2.0	4.2	2.8
Cajamarca	14.2	7.8	0.9	4.5	6.4	-1.6	-2.1	-0.5	-2.0	3.0	2.8	2.7
Lambayeque	9.2	5.3	6.8	5.8	9.5	3.6	2.1	4.4	2.5	2.6	4.1	2.5
Lima	8.9	0.3	10.6	8.6	6.1	5.7	3.8	3.1	2.7	2.0	4.3	2.4
Paseo	-1.3	-6.9	-6.7	-1.3	5.1	0.1	3.3	3.3	2.3	0.1	0.0	2.3
Amazonas	8.6	6.6	7.4	3.5	11.6	5.1	5.3	-1.5	0.1	5.6	6.0	2.1
Cusco	6.9	16.9	13.0	12.8	1.9	16.9	0.1	1.7	3.9	-1.5	0.6	1.6
Puno	7.5	4.1	6.0	5.8	4.7	7.2	2.3	0.4	6.5	4.0	3.4	1.5
Huánuco	8.2	1.0	6.8	5.8	10.7	6.0	3.4	6.6	4.5	9.1	3.0	1.3
Callao	9.3	-2.3	9.8	11.9	2.9	6.2	3.3	1.9	2.4	3.4	3.8	0.9
Apurímac	-7.4	-3.8	8.7	5.9	12.9	11.0	4.0	7.9	14.1	21.7	-7.6	0.8
San Martín	10.2	4.0	7.9	5.2	11.9	1.6	7.1	5.7	2.2	6.4	2.0	0.7
Huancavelica	5.6	3.1	4.5	3.3	8.1	1.0	3.4	-0.5	-1.6	4.4	5.9	0.2
Lima Provincias	9.5	-7.0	5.9	10.3	2.5	7.2	3.9	3.4	1.0	0.9	5.5	0.1
Arequipa	11.1	0.8	5.9	4.4	4.7	2.7	0.6	3.3	25.9	3.7	2.5	-0.2
Junín	8.5	-9.8	5.3	5.2	7.1	3.5	11.7	16.3	-0.9	4.7	3.3	-0.6
Ancash	7.5	-2.7	-2.4	0.9	9.4	4.6	-13.3	9.7	4.4	5.2	7.2	-3.7
Moquegua	15.1	-2.6	0.2	-7.9	-0.4	10.9	-2.6	3.9	-0.7	0.7	0.9	-3.8
Madre de Dios	2.0	6.9	9.6	10.1	-20.6	14.9	-14.1	22.0	13.5	-9.6	-6.7	-5.7
Valor Agregado Bruto	8.7	1.2	7.7	6.5	5.8	5.6	2.3	3.5	4.0	2.6	4.0	2.2
Impuestos a los Productos	12.4	2.9	13.5	4.3	8.4	8.6	4.0	1.9	4.4	1.0	4.1	1.8
Derechos de Importación	22.2	-19.9	29.0	8.6	18.5	2.2	-6.6	-12.2	-6.4	4.9	1.3	4.8
Producto Bruto Interno	9.1	1.1	8.3	6.3	6.1	5.9	2.4	3.3	4.0	2.5	4.0	2.2

Fuente: INEI

Un aspecto relevante de la explotación de oro en Madre de Dios es que se desarrolla principalmente de manera informal y también hay lugares donde hay extracción ilegal de oro; es el caso de la zona de amortiguamiento de la Reserva Natural de Tambopata, conocida como La Pampa.

Otro aspecto de las demandas del interior del país, en particular de algunas zonas mineras, es que asumen que la minería y en general las actividades minero-energéticas deben resolver las desigualdades productivas que han registrado en el transcurso de la historia del país. Ese es un ingrediente que **dificulta la resolución de controversias mineras que los actores involucrados, en particular el Estado, deberían evaluar.**

Las grandes empresas mineras toman con mucha seriedad su relacionamiento con la sociedad y en los últimos años impulsan un conjunto de proyectos relacionados con el cierre de brechas **en sus zonas de influencia. En ese sentido, se trabaja en sintonía con lo que el Estado ha comenzado a poner en desarrollo, al**

haber un Plan Nacional de Infraestructura, que viene actualizándose.

Así, en octubre del 2020, Antamina informó que había elaborado expedientes técnicos de 22 proyectos que se realizarán a través del mecanismo de Obras por Impuestos (OxI) y que se estimaban que se iban a ejecutar entre 2021 y 2022. Aparte de estos 22 proyectos, Antamina ya había culminado 26 proyectos de infraestructura y se encontraban en ejecución 8 proyectos, lo que suman 56 proyectos adjudicados por OxI y que implican un monto total de S/ 1043.2 millones.

Como se observa, a medida que avanza el siglo XXI, las pautas del buen gobierno corporativo que desarrollan las empresas mineras conducen al cumplimiento de la normatividad vigente y a asumir compromisos de desarrollo con su entorno (y otras zonas del país, tal como se advirtió durante la pandemia del Covid-19 que afectó al Perú), a diferencia del siglo pasado en donde había menos preocupaciones por los impactos de sus actividades.

La minería puede contribuir al desarrollo regional

No solo a través de los recursos generados por la explotación de los recursos mineros, sino también por el impulso que otorgan los proyectos mineros intensivos en capital a la demanda de servicios y fabricación industrial, la minería puede ser clave para el mayor desarrollo de muchas regiones tal como se observa a través de algunos indicadores.

Aunque nuevamente debemos reiterar que un conjunto de empresas mineras que existen en una región no pueden ser las únicas responsables de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, reemplazando la relevancia que tiene el Estado para ese propósito, así como el resto de las empresas y actividades económicas, que no reciben la atención ni la presión recibida por las labores mineras.

En efecto, según el Índice de Progreso Social (IPS) que elabora la escuela de negocios Centrum, vinculada a la Pontificia Universidad Católica del Perú, varias regiones que tienen grandes operaciones mineras estaban ubicadas en los primeros lugares de este índice. Esos son los casos de Moquegua, Tacna, Ica, Arequipa, La Libertad, quienes se encuentran entre **las regiones con mejor calificación entre el 2017 y 2018, a las cuales se sumó Áncash, en el 2019.**

El IPS se calcula en una metodología que excluya el dinamismo económico y se enfoca en variables que permiten medir el bienestar de las personas. El estudio se centra en tres **dimensiones: la primera, “Necesidades Humanas Básicas”** incluye indicadores de nutrición y cuidados médicos básicos, agua, saneamiento, vivienda y seguridad personal; la segunda, **“Fundamentos del Bienestar”** comprende acceso a conocimientos básicos, acceso a información y comunicaciones, salud, bienestar y calidad medioambiental; la tercera, **“Oportunidades”** incluye derechos y libertad personal, de elección, inclusión y acceso a educación avanzada.

Tabla 6.47

Resultados generales del índice del Progreso Social Regional de Perú

Región	IPS 2017		IPS 2018		IPS 2019	
	Rank	Puntaje	Rank	Puntaje	Rank	Puntaje
Moquegua	2	60.6	2	61.2	1	62.6
Lima Metropolitana	1	60.7	1	61.5	2	62.5
Tacna	3	59.2	5	58.7	3	60.7
Ica	7	57.2	4	59.1	4	59.5
Arequipa	5	57.6	6	58.5	5	59.2
Lambayeque	4	58.3	8	57.3	6	59

Continuación...

Región	IPS 2017		IPS 2018		IPS 2019	
	Rank	Puntaje	Rank	Puntaje	Rank	Puntaje
Callao	6	57.3	3	59.8	7	58.7
La Libertad	8	57.2	7	58.5	8	58.6
Áncash	9	54.3	10	54.3	9	55.7
Tumbes	10	53.8	9	56.1	10	54.8
Piura	11	53.5	11	53.1	11	54.4
Ayacucho	14	49.1	18	48.2	12	53.7
Lima Provincias	13	51.2	12	52	13	52.6
Cusco	20	46.4	14	49.3	14	50.4
San Martín	12	51.4	15	49.3	15	50.1
Junín	15	48.1	13	49.5	16	50.1
Pasco	19	46.5	21	47.5	17	49.5
Cajamarca	16	47.7	16	48.5	18	49
Amazonas	18	46.9	17	48.3	19	47.7
Huánuco	23	45	20	47.8	20	47.7
Huancavelica	24	44.3	24	45.2	21	47.4
Apurímac	17	47.6	23	45.2	22	47.3
Puno	22	45.4	22	45.2	23	47.2
Madre de Dios	21	45.9	19	47.9	24	46.8
Loreto	26	42.3	25	45.1	25	46.7
Ucayali	25	43.4	26	44	26	44.8

El IPS, para los años 2018 y 2019, no cambia significativamente en el orden de las regiones más favorecidas, que fundamentalmente están en ubicadas en la costa, lo cual las beneficia, considerando la mejor infraestructura existente en esta zona del país; aunque el indicador elaborado por Centrum Católica también incluye otras variables.

Evidentemente, la mejora en el IPS no ocurre de un año a otro, sino es consecuencia de un conjunto de iniciativas, actividades y proyectos desarrollados en un periodo de tiempo; eso, por ejemplo, parece estar ocurriendo en Áncash con la activa labor de Antamina.

Problemática de gobiernos subnacionales y efectividad del gasto

Uno de los temas ampliamente debatidos en materia de inversión pública se relaciona con las transferencias mineras (canon, regalías) que reciben las regiones donde están asentadas las empresas mineras formales y la capacidad de los gobiernos regionales y locales para una eficaz ejecución. Las transferencias están directamente relacionadas con la evolución de las cotizaciones internacionales que, como sabemos, tienen ciclos. El último gran ciclo se advirtió entre el 2005 y el 2012.

Tabla 6.48

Transferencia a las regiones por concepto de canon minero, regalías mineras y derecho de vigencia y penalidad

Regiones	2012	2016	2018	2019
Áncash	1,015,864,461	397,241,205	1,516,816,730	1,324,408,007
Arequipa	834,558,660	399,551,676	853,908,303	1,014,353,354
Cusco	396,420,697	174,060,578	379,695,784	367,815,584
Tacna	386,564,324	214,765,362	221,975,636	292,646,612

Continuación...

Regiones	2012	2016	2018	2019
La libertad	607,324,122	310,235,381	313,451,982	276,019,501
Moquegua	421,321,618	225,809,460	216,967,622	257,334,805
Apurímac	16,258,266	108,657,239	274,351,742	222,069,832
Cajamarca	655,256,211	321,085,334	191,059,454	159,763,097
Lima	199,901,479	87,032,169	161,592,328	152,800,684
Junín	129,925,949	60,847,156	186,019,536	143,783,183
Ica	401,195,538	73,677,189	185,775,482	134,609,370
Puno	377,115,470	122,134,194	134,045,877	102,833,779
Pasco	227,450,185	43,139,786	110,838,152	102,792,815
Ayacucho	103,933,365	39,934,274	64,304,295	46,261,839
Huancavelica	33,372,077	15,202,767	18,083,554	18,077,211
Huánuco	7,778,782	5,384,865	23,232,459	15,411,757
Piura	6,632,228	40,099,774	9,555,499	9,701,878
Madre de dios	3,050,291	7,070,181	6,204,970	6,087,949
Amazonas	2,599,069	1,553,579	1,963,367	3,385,710
San Martín	2,013,544	2,559,411	2,276,930	2,833,817
Lambayeque	2,208,583	2,970,444	2,468,555	2,355,182
Loreto	589,888	105,507	51,408	810,701
Ucayali	74,049	20,882	4,536	100,267
Tumbes	43,553	68,216	70,427	86,940
Callao	8,691	3,393	31,495	46,954
Total	5,831,461,099	2,653,240,558	4,874,746,122	4,656,390,826

Asimismo, se ha registrado una mejora leve en el 2017 y paradójicamente también en el 2020, a pesar de la gravedad de la pandemia del Covid-19. Ello se debe por un lado al dinamismo registrado por la economía china, la única economía grande del mundo que crecerá en el 2020; y, por otro lado, a la incertidumbre generada por el avance del Covid-19 en las principales economías de Europa y Estados Unidos, que impulsan al alza la cotización del oro.

De la información de las transferencias, se observa que los mayores montos corresponden a unas 12 a 13 regiones, entre las que destacan Áncash, Arequipa y Cusco. Sin embargo, hay

que precisar que Cusco ocuparía el primer lugar en el ranking, si se consideran las transferencias generadas por la explotación del Gas de Camisea.

Asimismo, hay un conjunto de 10 a 11 regiones que reciben un monto exiguo por transferencias y ello se debe a la ausencia de actividades mineras de gran escala. Sin embargo, hay que recordar que la extracción minera aurífera de pequeña escala se realiza en casi todas las regiones del país, en particular en Madre de Dios, Puno, Arequipa y Piura, que son las regiones donde el Ministerio de Energía y Minas hace estimaciones de este tipo de minería.

Tabla 6.49
Presupuesto de inversión de Gobiernos Regionales en millones de soles entre 2013 y 2017

Región	2013	Ejecución (%)	2014	Ejecución (%)	2015	Ejecución (%)	2016	Ejecución (%)	2017	Ejecución (%)
Arequipa	654	65.4	512	72.5	427	61	568	65.8	1009	66.3
Piura	462	85.9	287	85.2	316	84.9	372	56.4	717	35.3
La Libertad	186	83.1	258	64.2	632	87.9	669	80.8	544	29.5
Junín	213	86.2	473	63.3	326	85.7	419	67	516	77.6
Cusco	1008	63.8	833	-71.8	533	80	632	66.7	481	67.7
San Martín	498	75.8	605	73.4	666	90	513	84	405	86.3
Loreto	304	84.2	247	87.5	187	93.5	226	57.4	397	75.9
Ayacucho	387	85.3	409	96.5	476	85.1	367	73.5	396	61.9
Cajamarca	329	72.2	235	64.1	239	59.8	300	48.2	391	34.5
Puno	379	75	339	81.2	233	77.2	233	66.6	386	64.5
Lambayeque	368	76	365	64.9	389	77.1	349	80.7	363	73.7
Amazonas	238	96.7	308	84.3	203	82	241	71.9	328	73.9
Paseo	338	76.9	200	72.7	212	81.4	292	81	326	61.6
Moquegua	295	76.2	325	87.6	157	86.6	230	80.5	317	83.7
Ucayali	232	83.4	196	84.7	195	75.8	338	67	312	88.2
Huánuco	261	79.5	224	97.8	236	92.6	222	89.7	307	52.7
Lima	239	91.9	222	98.4	192	89.8	161	90.8	270	79.8
Huancavelica	206	94.9	226	94.4	222	83.2	197	80.5	265	59.5
Ancash	336	99.7	237	50.3	199	24.9	207	26.5	254	42.1
Apurímac	321	65.5	278	79.2	282	82.5	229	68.4	239	68.2
Tacna	241	76	150	87.3	93	76.2	140	34.2	204	67.7
Callao	365	88	297	81.4	169	78	303	74.8	182	33.9
Madre de Dios	121	94.9	163	66.4	141	77.8	142	75.8	127	88.7
Ica	308	66.6	210	65.6	112	84.5	131	77.4	126	74.3
Tumbes	155	75.1	130	89.9	83	54.1	98	64.6	88	70.9
Total	8499	77.9	7796	77.2	6960	79.8	7615	70.1	8994	62.8

Fuente: MEF

La dispar transferencia de recursos mineros a las regiones es un aspecto que amerita un debate con el fin de desarrollar una mejor transferencia o al menos una más equilibrada. La persistencia de este tipo de situaciones generará desarrollos desiguales a nivel regional y, peor aún, ha quedado demostrada la deficiente gestión de los recursos por parte de los gobiernos subnacionales en la medida en que hay innumerables casos de ineficiencia en la ejecución de las inversiones o que existe una incapacidad para el gasto.

Una de las 11 recomendaciones de la Comisión para el Desarrollo Minero Sostenible plantea impulsar un desarrollo desde una visión territorial. Esta tendría cinco formas de aterrizar:

- Nuevo enfoque orientado a satisfacer las necesidades de cada región y cierre de brechas en todas las regiones;
- Piloto que promueva el desarrollo sostenible, la diversificación productiva, reduzca la vulnerabilidad al cambio climático y mejore la gobernanza del territorio;
- Mejor distribución del canon y compensar desigualdades entre regiones, provincias, distritos y comunidades;
- Trazabilidad del canon;
- Metas e indicadores para el cierre de brechas en todos los centros poblados de cada región.

Se trata de aspectos que pueden ayudar a mejorar la competitividad de las regiones y a un mejor uso de los recursos. En la segunda década del siglo XX, Cajamarca, una región con grandes bolsones de pobreza y carencias, además de ocupar los últimos lugares en competitividad regional, registró un bajo

nivel de ejecución del presupuesto de inversiones (35 % en el 2017); mientras que Áncash, una de las principales regiones receptoras de transferencias, registró un 42 % en el gasto de inversiones en el 2017.

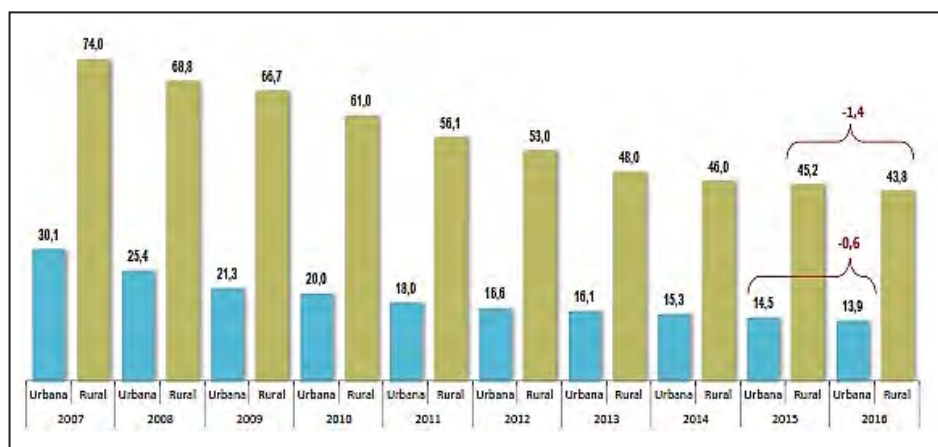


Figura 6.36 Evolución de incidencia de pobreza total entre 2007 y 2016 en unidades porcentuales.

Fuente: INEI

Reacción del Estado y empresas para mayores impactos del gasto

El gobierno central ha ensayado varios mecanismos para disminuir la conflictividad social en las zonas mineras y lograr un mejor impacto de los recursos generados por la minería es uno de los antiguos anhelos. Ese sentido, la administración 2016-2021 creó el Fondo de Adelanto Social (FAS) para financiar proyectos de inversión que cubran las brechas sociales de las zonas mineras, aunque con algunas precisiones con respecto a las poblaciones en las que existen proyectos con exploración o con estudios de factibilidad avanzadas o donde se hayan tomado decisiones de inversión.

Inicialmente no incluirá zonas que reciben recursos del canon minero a fin de evitar la duplicidad de inversiones sociales, ya que se tratan de gastos adicionales a los que puedan hacer las empresas en las zonas.

El FAS financiará proyectos de inversión pública a través de programas, proyectos y/o actividades en materia de agua y saneamiento, ambiente, transportes y comunicaciones, electrificación rural, agricultura y riego, orientados a cubrir brechas sociales en el interior del país, donde se desarrollan actividades económicas.

Según las autoridades, en el caso de la minería, el FAS se aplicará a proyectos que cumplan determinadas condiciones.

No se destinará a exploraciones muy iniciales ni en zonas donde el Estado distribuye recursos del canon minero; en cambio, el fondo irá a proyectos en fase de exploración avanzada o cuyos estudios de factibilidad estén en proceso de desarrollo, o que haya decisiones (de inversión) ya tomadas.

Las fuentes de recursos del FAS se conforman por:

1. Donaciones provenientes de entidades públicas y/o privadas, nacionales y/o extranjeras, las que son entregadas en administración para los fines del objeto social.
2. Transferencias financieras de los distintos pliegos presupuestales, que se aprueban mediante Decreto Supremo refrendado por el ministro de Economía y Finanzas y del presidente del Consejo de ministros.
3. Créditos suplementarios aprobados de conformidad con la normatividad vigente.
4. Otras fuentes de financiamiento permitidas por la normatividad vigente.
5. Otras que se aprueben por la Ley de Presupuesto.

Cabe precisar que los recursos del FAS se depositan en la cuenta que determine la Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público del Ministerio de Economía y Finanzas. Asimismo, los recursos del FAS, así como los intereses que se devenguen, son intangibles e inembargables, y se destinan únicamente para los fines, operaciones y actividades previstas.

Un mejor análisis demográfico para entender necesidades

Otro aspecto importante en el tema minero se refiere a los cambios poblacionales ocurridos en las zonas mineras. Varios geólogos de exploraciones sostienen que el Estado debería actualizar la relación de las comunidades, pues el tema poblacional se maneja con el mismo enfoque histórico y conservador de hace 20 años, a pesar de que los censos del INEI advierten cambios importantes.

Según Richard Webb, ex presidente del BCR, desde la primera década del siglo XXI se ha producido una migración importante hacia pueblos pequeños e intermedios, lo que conlleva un aporte emprendedor, desarrollo económico propio y añade valor a estas poblaciones y como consecuencia se produce un incremento del PBI. En estos pueblos pequeños e intermedios, la población crece a una tasa de 3.5 % anual, mientras que las ciudades peruanas poblacionalmente crecen a la mitad.

La fuerte expansión de la economía registrada hasta mediados de la segunda década del siglo XXI tuvo impactos en las economías regionales que fueron detectadas por varias investigaciones. "Estos desplazamientos poblacionales se han acoplado exactamente y en distintas direcciones, no solo en Lima, en este proceso de cambios profundos en la realidad peruana, si no hacia diversas direcciones principalmente hacia la costa y selva, bajando del ande, como hemos señalado.

El contingente de migrantes internos está insertado en el mercado en su mayor parte en condiciones de informalidad que ahora requieren mayor formalización, también impulsar en prioridad mayor y mejor educación, capacitación, aspectos que aún se muestran débiles y sobre los cuales es imprescindible trabajar permanentemente. En este marco, las migraciones internas aportan decididamente al crecimiento económico peruano, se nutren de él y lo van retroalimentan".

Este fenómeno migratorio ha producido además una situación controvertida, porque los miembros de las comunidades migran,

pero mantienen sus derechos de propiedad sobre la tierra, lo que les da derecho a pertenecer a la comunidad como si allí vivieran y a acceder a beneficios (transferencias directas de recursos), en la eventualidad de que se produzcan y/o presionen por su obtención. Esto crea un potencial conflicto, porque los intereses de los que migran son distintos a los que se quedan viviendo en la comunidad.

6.8 TENDENCIAS EN LA MINERÍA DEL SIGLO XXI CLÚSTER MINERO DEL SUR DEL PERÚ PARA LA SIGUIENTE DÉCADA

Desde la segunda década del siglo XXI, se comenzó a reflexionar sobre la creación de un clúster minero en Arequipa, que emule las experiencias de la unión de esfuerzos de proveedores mineros, empresas mineras y los centros de investigación que han desarrollado países mineros tales como Canadá, Australia y Chile, con varios propósitos, entre ellos, generar mayor valor agregado por parte de la industria minera. La situación ha registrado algunos avances.

Es necesario desmitificar la idea prevaleciente en sectores de la sociedad peruana respecto a que la minería es una actividad inferior en importancia con relación a actividades secundarias (industria) o terciarias (servicios en general). Existen estudios que demuestran que la minería sí genera valor agregado y que, considerando toda la cadena productiva, el mayor valor agregado se encuentra en la primera fase del proceso (concentrados), antes que en el componente más industrial (refinación).

La errada idea de que la minería es una simple extracción de minerales que se embarcan al exterior necesita una corrección en la opinión pública, toda vez que en el proceso productivo minero hay impactos en el empleo (6.5 puestos de trabajo indirecto por cada empleo en la minería), y en un conjunto de actividades industriales y de servicios que operan alrededor de las actividades mineras.



Figura 6.37 Exportaciones metalmecánicas entre 1994 y 2015 en millones de dólares.

Fuente: BCRP

Lo ocurrido con la industria metalmeccánica en las últimas décadas puede ilustrar con claridad que una actividad que acompañó la expansión de la minería desde los años noventa del siglo pasado ha logrado consolidar su presencia en el mercado local e incursionar con éxito en mercados internacionales.

En efecto, las exportaciones metalmeccánicas que ascendían a US\$220 millones en el 2007 aumentaron a US\$545 millones en el 2012 y ascendieron a US\$591 millones en el 2018. Hay que recordar que la metalmeccánica es una de las ramas más importantes de la industria peruana, en donde existe empresas de diversas dimensiones que atienden a la industria minera.

La economía peruana llegó a 1990 en medio de una prolongada crisis y las exportaciones mineras ascendían a solo US\$1471 millones, que equivalían al 45 % de las exportaciones de bienes exportados en ese año. Tras la aplicación de una política económica promercado, en 1999, las exportaciones mineras habían duplicado su valor hasta llegar a US\$3008 millones, en tanto que su participación en el total de bienes exportados por el Perú alcanzó el 49.2 %.

El mejor entorno para el desarrollo de la minería en las dos primeras décadas del siglo XXI, que combinó un aumento del volumen físico con ciclos de precios positivos, llevó a que las exportaciones mineras ascendieran a US\$28 899 millones en el 2018, un aumento de casi 10 veces con relación a 1999 y de 20 veces con relación a 1990.

Se aprovechó el potencial minero que tiene el país, aunque no lo suficiente en la medida en que varios grandes proyectos se quedaron suspendidos y/o postergados en ese periodo en un contexto en que existe una demanda por minerales producidos por el Perú, en particular el cobre.

La nueva dimensión de la minería peruana obliga a reflexionar con mayor detenimiento a los proveedores de bienes y servicios (figura 6.38) con el fin de asegurar la calidad y la oportunidad del abastecimiento, toda vez que las empresas mineras que operan en el Perú necesitan un manejo fino de los costos para competir con sus similares de otros países que también son potencias mineras.

Se mencionó la importancia que ha tenido la minería en el desarrollo de la industria metalmeccánica; sin embargo, un estudio del IPE también puede advertir que otras ramas industriales (química) y de servicios (transporte y almacenamiento) también son relevantes en la demanda minera.

Un aspecto que las proveedoras de las empresas mineras no han dejado pasar por alto es la zona del país donde pueden asentarse para brindar un abastecimiento y/o servicios de calidad. Todo indica que es la zona de Arequipa, al contar con una mejor infraestructura en el interior (vial, portuaria y aérea) y sobre todo su cercanía a grandes operaciones mineras o a proyectos que podrían ingresar a fase de operación en la siguiente década.

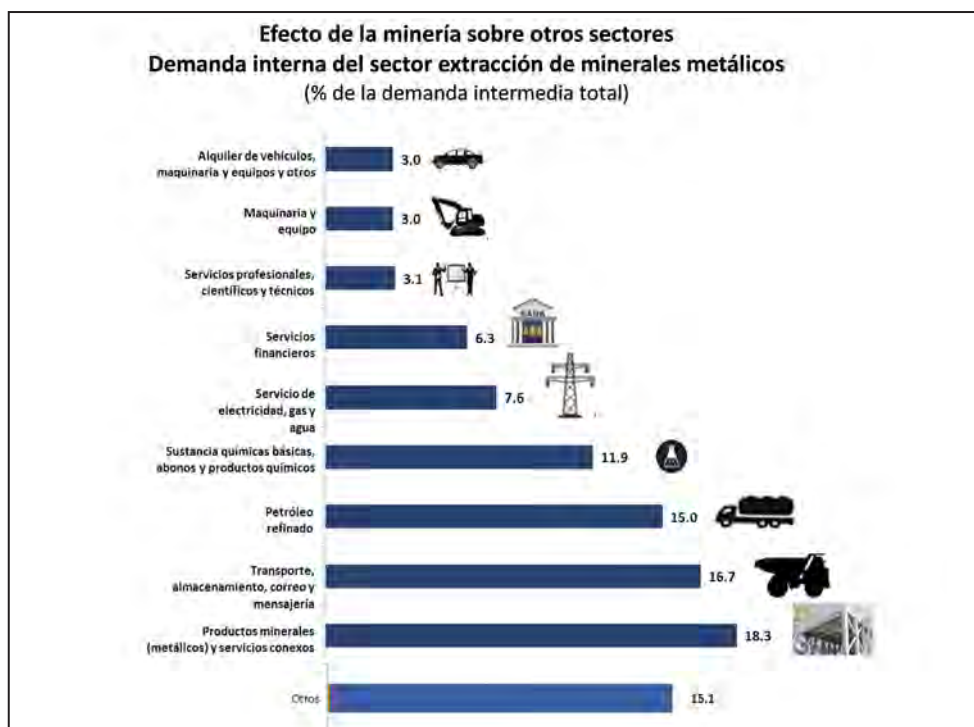


Figura 6.38 Efecto de minería sobre otros sectores en unidades porcentuales sobre la demanda intermedia total.

Fuente: BVL, Semana Económica

La evolución del gasto en servicios diversos de cuatro importantes empresas mineras que operan en la zona sur del país en el periodo 2014-2018 (figura 6.39) es una muestra del dinamismo de la demanda generada por la minería, en particular

entre los años 2017 y 2018, y que los proveedores tienen que atender considerando que las empresas tienen una constante presión por la reducción de costos.



Figura 6.39 Costo de servicios a terceros en millones de dólares.

Fuente: BVL, Semana Económica

El potencial minero que también existe en la zona norte del país puede influir en que se gesten un polo de desarrollo donde converjan empresas mineras, proveedores y centros de investigación. En efecto, la cartera de proyectos que existe en la región Cajamarca (Conga, Galeno, La Granja, Michiquillay), así como las minas en operación existentes en dicha región son un elemento para tomar en cuenta. A ello se sumarían las operaciones mineras en la región Libertad y el proyecto Cañariaco en la región Lambayeque.

Avances del clúster en Arequipa y otras experiencias

La idea de constituir un clúster en Arequipa no es nueva, puesto que, en varios eventos internacionales, como Perumin, fue uno de los temas de debate, en donde participaron expertos de Australia, Canadá y Chile, que son países que han desarrollado este tipo de soluciones para sus industrias mineras.

En la edición de Perumin 34, en septiembre del 2019, se contó con la participación de expertos de Australia. El director de Convergencia Ric Gros recordó que, en Australia, el clúster minero se inició en el 2004 con 70 miembros y actualmente reúne a más de 500 miembros. Mientras que la CEO de Austmine, Christine Gibbs precisó que los factores claves para el desarrollo exitoso de un clúster minero son tener una industria competitiva, una buena ubicación, con infraestructura necesaria de traslado, y un plan detallado de cómo ejecutar el clúster.

En el caso peruano, la participación del Estado en el apoyo a la constitución de un clúster en Arequipa tuvo intermitencias que

cambió en el último quinquenio. Un avance importante se dio en noviembre del 2018, cuando la Corporación Andina de Fomento (CAF) y la Cámara de Comercio e Industria de Arequipa (CCIA) suscribieron un convenio de cooperación técnica con el objetivo de desarrollar el Clúster Minero del Sur del Perú (CMSP).

Un rol importante en este acuerdo jugó el exministro de Economía y Finanzas, Luis Carranza, quien actualmente es el presidente de la CAF, y conoce muy bien la importancia de mejorar la competitividad de la minería.

El proyecto comprende tres componentes: a) desarrollo de la institucionalidad y gobernanza del modelo de clúster minero; b) la generación de actividades de corto plazo que permita a empresas mineras y proveedores trabajar en la solución de necesidades inmediatas del sector; y c) el desarrollo de una base de conocimientos para la identificación de oportunidades de mejoras en materia normativa.

Las lecciones que el Perú debe tomar en cuenta

En una presentación realizada en el IIMP, Benjamín Quijandría, consultor de la CAF en materia de competitividad e innovación, señaló que las condiciones para constituir un clúster en Arequipa se "caen de maduro". "La idea ya no es hacer tantos estudios, que ya se han hecho, sino romper la inercia", precisó Quijandría. La idea simplemente es emular las experiencias existentes y un primer paso ha sido tomar contacto con las instituciones responsables para establecer vínculos de colaboración.

Tabla 6.50
Experiencia del desarrollo de clústeres en países mineros

País	Inicios	Resultados anuales de proveedores
Australia	El 2001 se detectan dificultades de proveedores de equipos, tecnología y servicios (METS)	Ingresos generados US\$90,000 mills. Exportaciones de tecnología US\$27,000 mills. 386,000 empleos directos
Chile	2008-2014 BHP Billiton trabajó programa "proveedores de clase mundial". El 2014, Corfo se sumó al esfuerzo y se plantearon objetivos al 2035	Exportaciones de tecnología US\$300 mills. Se proyecta al 2035 se tenga 250 proveedores de clase mundial. Se espera exportaciones de US\$4,000 mills.

Una primera referencia es Australia, que en el 2001 identificó las dificultades y oportunidades que enfrentaban el conjunto de proveedoras de equipos, tecnología y servicios para la minería o Mining Equipment, Technology and Services (METS). Este país trabajó una agenda que ha beneficiado a su minería, porque las METS crecen entre 15 % a 20 % cada año y representan casi el 10 % del PBI australiano.

La forma en cómo Australia desarrolló su experiencia de clúster llevó a la existencia de METS locales, provinciales, regionales, nacionales y extranjeros, los cuales se distribuyen la "torta minera" en un rango que oscila entre 13 % y 24 % del gasto total. Así se puede ver una descentralización de la cadena del gasto. "Las METS generan ingresos por US\$90 000 millones, dan empleo a 386 000 personas y trabajan en cada ciclo de vida de la minería", señala el consultor de la CAF. Además de atender a la minería australiana, los METS de ese país exportan tecnología por un valor de US\$27 000 millones.

El clúster chileno es otra experiencia que se puede tomar en cuenta, aunque en este caso la gestadora de esta iniciativa fue la empresa australiana BHP Billiton, que el 2008 hizo un mapeo de unos 4000 proveedores y encontró que eran usuarios de tecnología y pocos tenían capacidad para crear tecnología. Así se comenzó a trabajar un programa de tecnología abierta que se denominó "proveedores de clase mundial" y que culminó el 2014. A la iniciativa de BHP Billiton, se sumaron luego la empresa estatal Corporación del Cobre (Codelco) y otras empresas; en ese momento, el gobierno chileno entró a tomar protagonismo.

A través de Corporación de Fomento de la Producción (Corfo), el Ministerio de Economía y otras entidades lanzan la iniciativa público-privada "Alta Ley", ubicada en Antofagasta. En el 2015, elaboran una hoja de ruta planteándose objetivos hacia el

2035. Actualmente, los proveedores chilenos exportan US\$300 millones en tecnología y servicios intensivos en conocimientos y se busca que hacia el 2035 existan 250 proveedores de clase mundial y que exporten US\$4000 millones.

En el caso peruano se viene avanzando en el proyecto auspiciado por la CAF. Las autoridades del MEM ya se han involucrado en la iniciativa para avanzar en un catastro de proveedores y hay cada vez más interés de las grandes empresas en unir esfuerzos con sus proveedores. La Sociedad Nacional de Industrias, que reúne no solo a las empresas metalmeccánicas sino también a otras proveedoras mineras, viene tomando continuo contacto con las empresas mineras. A principios del 2019, en el MEM existía un registro de 1700 empresas contratistas, aunque Carlos Bernal –gerente general de la Asociación de Empresas Contratistas Mineras del Perú (Acomipe)– señaló que unas 700 estaban activas.

Se ha tomado contacto con empresas mineras que operan en la zona sur del Perú, entre ellas, Anglo American, Hudbay, Cerro Verde, Las Bambas, Southern y Antapaccay. El proyecto impulsado por la CAF también ha sostenido reuniones con la SNMPE y el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, así como con autoridades de gobiernos regionales del sur.

Empleo minero estable y la robotización

La minería generó 208 716 trabajos directos en el 2019, el tercer mejor resultado anual en la segunda década del siglo XXI, después de los 214 000 registrados en el 2012, que fue el nivel más alto de empleo director generado por la actividad. Hay que recordar que el número de empleos generados por la minería es una pequeña fracción de la Población Económicamente Activa (PEA), que a fines del 2017 ascendía a 17.2 millones, según el INEI.

La menor capacidad de generación de empleo directo por la minería habitualmente ha servido para infravalorar la importancia de la minería en la economía peruana. Sin embargo, se olvida que, al ser una actividad intensiva en capital, relativamente habrá un menor número de trabajadores con respecto a una actividad intensiva en mano de obra.

Lo que se destaca poco es que la intensidad en el uso de capital está asociado a una alta productividad del trabajador minero y, por lo tanto, un mejor salario asociado a dicha productividad. Los representantes de las empresas mineras reaccionaron tardíamente a las críticas de bajo nivel de empleo y recién en la última década han destacado los impactos indirectos en el mercado laboral.

Según estimados realizados por el Instituto Peruano de Economía en el 2012, por cada empleo en la minería se generan **6.25 empleos en otras actividades** (figura 6.40), ello se debe a los encadenamientos generados por el proceso productivo minero y las actividades proveedoras de bienes y servicios. De manera que, de acuerdo con este indicador, el empleo total generado por la minería en el 2019 superó los 1.3 millones.

El empleo en minería es un puesto de trabajo de calidad, ya que tanto los trabajadores que están incluidos en la planilla de las empresas (66 919 en el 2019) y los que laboran a través de empresas contratistas (141 797 en el 2019) reciben los beneficios de ley, y la diferencia es que en las primeras se hacen merecedores de las distribuciones de utilidades anuales de la empresa.

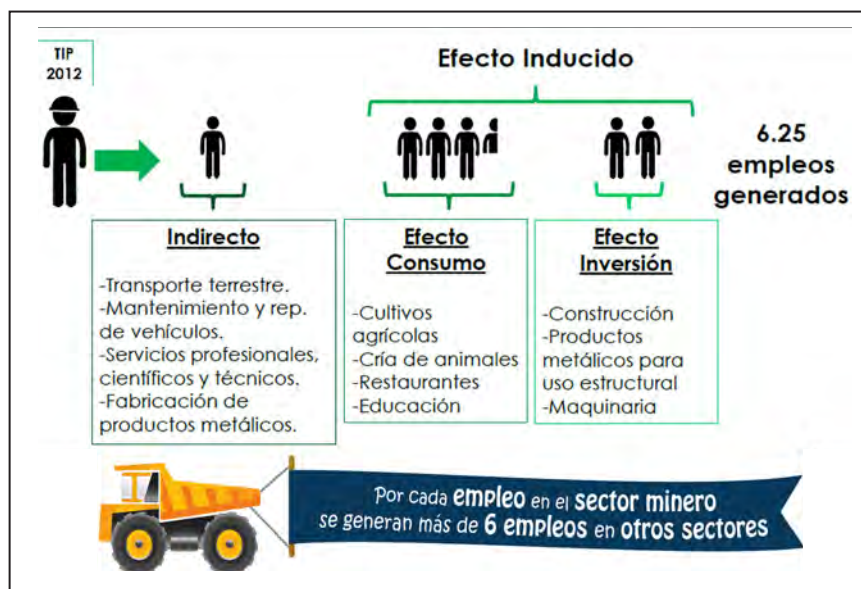


Figura 6.40 Efecto de la minería en la generación de empleo.

Fuente: MINEM

La demanda de empleo de la minería está cambiando en el mundo debido a la creciente aplicación de robots y el Perú no puede ser ajeno a esta tendencia, en la medida que las empresas buscan mantener o mejorar el nivel de competitividad alcanzado. La sofisticación de la maquinaria es tal que muchas empresas ya incorporan en sus equipos software que les permite recopilar datos en tiempo real necesarios para una mejor planificación del proceso de producción.

La pandemia del Covid-19 ha acentuado la tendencia hacia el uso de robots en la actividad minera, e incluso varias empresas locales han apelado al trabajo operativo a distancia para determinados tipos de trabajos u operaciones. En ese sentido, la

sofisticación de la mano de obra que demandarán las empresas mineras, en particular las grandes empresas, aumentará y la tasa de crecimiento de la demanda de empleo minero podría verse afectada en el futuro.

6.9 PANORAMA ECONÓMICO-MINERO 1990-2000

Grandes cambios geopolíticos a favor del libre mercado

Varios eventos geopolíticos ocurridos entre fines de la década de los ochenta y principios de los noventa auguraban un periodo de intensificación de la globalización en el mundo y la hegemonía de Estados Unidos como la única superpotencia.

El afianzamiento del modelo de desarrollo capitalista en sus vertientes occidental y asiática finalmente había triunfado con relación al modelo de desarrollo socialista tras siete décadas de convivencia no necesariamente pacífica. El desmoronamiento de la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas que se inició en el segundo lustro de los años ochenta con el relajamiento del control político ejercido por el Partido Comunista, propiciado por las reformas implementadas por Mijail Gorbachov, derivó en anuncios de independencia de varias repúblicas desde marzo de 1991. El progresivo reconocimiento de la autonomía de las repúblicas por parte del gobierno soviético hizo imposible el funcionamiento del Parlamento Soviético, el cual finalmente fue disuelto el 26 de diciembre de 1991.

Fue una época de grandes tensiones e incertidumbre no solo política, sino también económica, en la medida en que se disolvía un bloque de países que tuvo una gran influencia en el equilibrio de poderes político y militar en el mundo. Había además muchas incógnitas respecto del poderío económico de este bloque, gran productor de materias primas principalmente de minerales e hidrocarburos, que abandonaba la planificación económica centralizada para realizar operaciones con criterios de mercado.

El inicio de la década también se encontró con un conflicto bélico entre una coalición de países liderada por Estados Unidos contra Irak, país que intentaba anexionar a Kuwait desde agosto de 1990 y que había invadido su país vecino productor de petróleo. La coalición autorizada por Naciones Unidas inició las acciones bélicas ("Operación Tormenta del Desierto") para liberar Kuwait el 17 de enero de 1991; logró su objetivo varias semanas después, el 11 de abril.

Cada conflicto bélico en una zona de influencia de los países productores de petróleo genera incertidumbre con relación a asegurar el abastecimiento de los países principalmente

consumidores, lo cual implica un aumento del precio del crudo; aunque tratándose de una guerra la demanda también se traslada a otros commodities como el cobre. El aumento de precios de productos básicos implicaba también preocupación por el impacto negativo en el crecimiento; aunque la economía mundial.

El incremento del precio de la energía, principalmente el petróleo, durante los años setenta y altibajos en los años ochenta habían llevado a las empresas a buscar eficiencias productivas para generar ahorros en el uso de insumos. Se estableció una relación directa entre el aumento del precio del petróleo y la menor expansión económica en los países industrializados que se transmitía hacia el resto de los países más dependientes del crudo.

Por otro lado, las políticas económicas de corte liberal aplicadas en los países industrializados durante la década de los ochenta comenzaban a dar frutos en el tránsito a la estabilidad macroeconómica, algo que muchos países latinoamericanos no tardarían en transitar durante los años noventa. La diferencia del alto nivel de inflación de los países en desarrollo con relación al bajo nivel en las economías desarrolladas graficaba la necesidad de implementar políticas orientadas a corregir este y otros problemas macroeconómicos.

Sin embargo, en Estados Unidos, las políticas de ajuste también tenían un correlato en un menor dinamismo económico hacia fines de la década de los ochenta. Un crecimiento de apenas 1.0 % en 1990 y la caída de 0.6 % reflejan los problemas que enfrentaba EE. UU. en esa época y que finalmente repercutió en la derrota del intento de reelección que postulaba George Bush en las elecciones de 1991, a pesar del contundente triunfo militar en la guerra del Golfo que terminó con la expulsión de las fuerzas militares de Sadam Hussein de Kuwait.



Figura 6.41 Evolución de la inflación desde 1970 hasta 2000.

6.10 LA DEMANDA DE MINERALES EN LA GLOBALIZACIÓN

6.10.1 Evolución del consumo de minerales

La década de los noventa se caracterizó por un avance del mundo hacia la globalización. Si bien los gobiernos demócratas en EE. UU. son más propensos a la protección de sus industrias y la agricultura, el primer gobierno de Bill Clinton impulsó la suscripción del Tratado de Libre Comercio entre EE. UU., Canadá y México, con un conjunto de beneficios para ingresar al pujante mercado estadounidense que sirvió de referencia para avanzar en la suscripción de acuerdos comerciales con muchos países.

Durante los dos gobiernos de Bill Clinton (1993-1996 y 1997-2000), la economía de EE. UU. registró una importante

expansión y un extraordinario manejo de las finanzas públicas que llevaron a que al final de su mandato EE. UU. presentará un superávit fiscal récord ascendente a US\$235 mil millones; un resultado que EE. UU. no volvió a registrar en las dos décadas siguientes.

La expansión de EE. UU. y de las economías avanzadas implicó la mayor demanda de minerales; ello se puede advertir en el caso del cobre, el mineral por excelencia utilizado por las principales industrias del mundo. Según un trabajo de Humberto Capodónico, el crecimiento del consumo de cobre y níquel alcanzó el 3.4 % anual en el periodo 1990-2001, muy por encima de la tasa de expansión anual de la economía mundial de ese periodo.

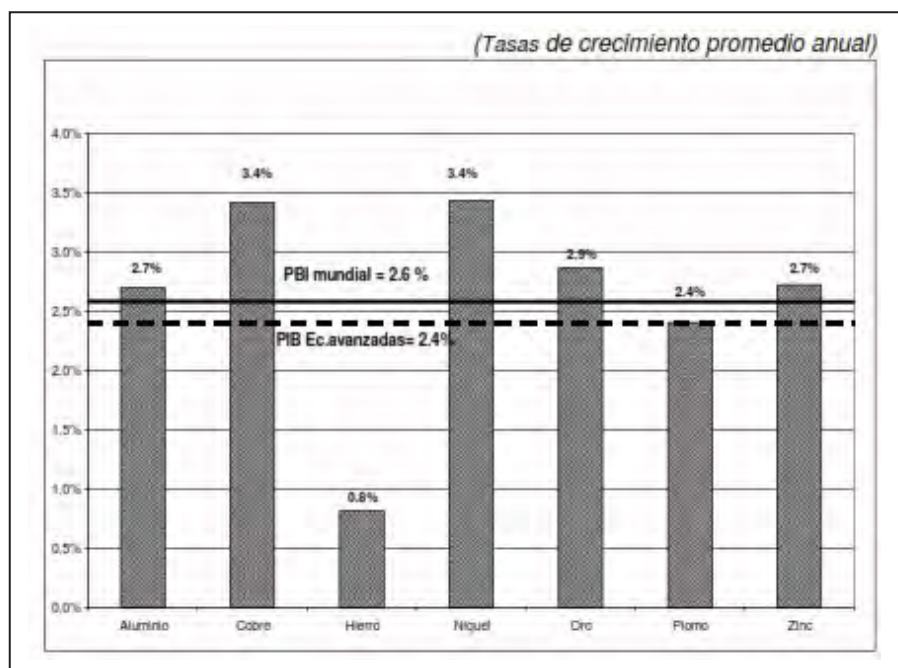


Figura 6.42 Consumo de minerales y PIB mundial entre 1990 y 2001.

Fuente: CEPAL, USGS

El consumo de otros minerales producidos por el Perú, como el zinc y el oro, también registraron una expansión superior a la economía mundial; en cambio, el consumo de plomo solo alcanzó una tasa de expansión similar al crecimiento de las economías avanzadas y por debajo de la expansión de la economía mundial. Por su parte, el consumo del hierro tuvo un desempeño muy alejado al resto de minerales.

De otro lado, la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) proporciona otra mirada del uso del cobre. Se trata del índice de intensidad de uso del cobre (IIUC), medido por el cociente entre el índice de consumo del cobre entre el índice de la actividad industrial de los países industrializados. Se advierte que, al

término de la década de los noventa, el IIUC era mayor al año base de referencia (1992) tanto para los países miembros de la OECD, como para una versión ampliada que incluye a otros países europeos no miembros de la OECD. A nivel de países destaca Alemania, Italia y España.

En cambio, en EE. UU., Japón y Reino Unido, la intensidad del uso del cobre descendió inclusive de una manera notoria en el 2001. Al respecto, hay que recordar la persistente preocupación de los países industrializados por el costo de la energía desde la década de los setenta y también por la búsqueda de sustitutos a los minerales de mayor demanda.

Asimismo, el aumento de costos de producción en Japón obligó a buscar zonas cercanas que posibilitaban ganar competitividad y en ese momento comenzó a ser una opción el traslado de las

plantas de producción a zonas de China donde había no solo apertura, sino atracción al capital extranjero ofreciendo bajísimos costos de mano de obra.

Tabla 6.51

Índice de intensidad de uso de cobre

Año / Year	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Países OECD (2)	1,000	1,029	1,078	1,054	1,045	1,050	1,045	1,057	1,051	0989
OECD-Europa (3)	1,000	0974	1,014	1,037	1,004	1,020	1,053	1,044	1,077	1,001
Alemania	1,000	0959	1,005	1,077	0964	1,008	1,067	1,045	1,131	0948
Francia	1,000	1,011	1,062	1,098	1,051	1,092	1,034	1,007	1,017	0943
Italia	1,000	0978	0903	0886	0922	0928	1,042	1,122	1,136	1,162
Reino Unido	1,000	1,074	1,186	1,213	1,194	1,222	1,114	0904	0941	0848
Bélgica	1,000	0905	1,090	0914	0817	0722	0736	n.d.	n.d.	n.d.
España	1,000	1,108	1,131	1,060	1,175	1,165	1,281	1,358	1,474	1,542
Suecia	1,000	1,144	1,055	0922	0957	0989	1,001	n.d.	n.d.	n.d.
EE.UU.	1,000	1,043	1,130	1,017	1,007	1,030	1,000	0991	0934	0868
Japón	1,000	1,025	1,006	1,002	1,024	0964	0897	0917	0906	0829
Canadá	1,000	1,151	1,156	1,050	1,192	1,167	1,248	1,293	1,249	1,252
Australia	1,000	1,160	1,047	1,218	1,135	1,103	1,087	1,081	1,030	1,033

(1) Cuociente Índice de Consumo de Cobre / Índice de Actividad Industrial, (Base 1992 = 1).

(2) Países miembros de OECD, incluye países en OECD-Europa y en Norte América más Australia, Japón, Corea y Nueva Zelandia.

(3) Países miembros Europeos de OECD: Unión Europea más República Checa, Hungría, Islandia, Noruega, Polonia, Suiza y Turquía.

n.d. Información no disponible

Fuente: World Metal Statistics May 2019 and Yearbook 2019.

- Main Indicators. O.E.C.D. (Mayo 1999 y anteriores) y Brook Hunt Ltd. Actividad Industrial.

- Comisión Chilena del Cobre.

Las fronteras se abren y el comercio se incrementa

A inicios de la década de los noventa, los países más dinámicos del sudoeste asiático continuaban ganando competitividad y se preparaban para dar el salto hacia otros continentes, tal como

ocurrió con Japón en las décadas pasadas. Japón, afectado por los efectos recesivos del estallido de la burbuja inmobiliaria, comenzó a ceder competitividad frente a los NIC; en tanto que China preparaba los cimientos del gran despliegue productivo que iba a mostrar en las décadas siguientes.

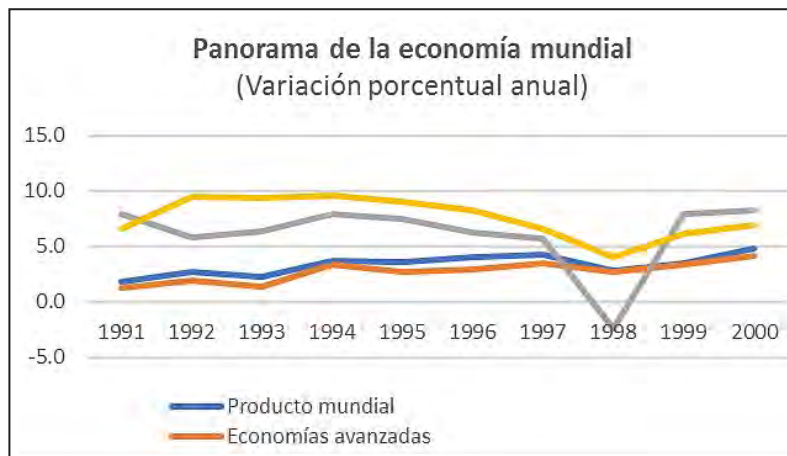


Figura 6.43 Panorama de la economía mundial (variación porcentual anual).

El gráfico muestra la evolución de la economía mundial en la década de los noventa, en donde se logró alcanzar y/o superar la tasa de 4.0 % en varios años, lo que evidenció el buen momento registrado por el mundo y que fue el reflejo de lo ocurrido con la economía de los grupos de países más demandantes de commodities, en particular de los minerales producidos por el Perú.

Una trayectoria similar a la economía mundial registró el conjunto de países más avanzados; aunque lo que sorprende más es lo ocurrido por los grupos de países asiáticos. Los NIC se expandieron por encima del crecimiento mundial y registraron una severa caída de 2.4 % en 1998 por efecto de la crisis que los golpeó, aunque lograron una rápida recuperación en los años siguientes.

Si bien en el grupo de países en desarrollo no se menciona a China, sin duda, es el principal país de este grupo, el que en conjunto logró una expansión superior a 8.0 % anual en el periodo 1992-1996. Asimismo, durante la crisis que afectó a toda la zona asiática en 1998, este grupo de países reportó

una envidiable expansión de 4.0 %, a diferencia de los otros grupos que evolucionaron por debajo de la producción mundial.

El trasfondo de la economía mundial es el énfasis hacia la globalización, en donde los países buscan aumentar la producción y el intercambio comercial basándose en las ventajas competitivas. Nuevamente, es en la zona de Asia donde ocurren con los grandes cambios y en donde su dinamismo competitivo busca conquistar los mercados de mayor poder adquisitivo (EE. UU. y Europa) para lanzarse a los mercados latinoamericanos, que comenzaban a crecer tras aplicar programas de estabilización macroeconómica.

La globalización también posibilitó la afluencia de inversiones hacia los países con potencial minero, en los cuales el marco legal se había modificado para atraer capitales. Las grandes empresas de nivel mundial vieron oportunidades para aplicar el know how orientado a una explotación más eficiente de los recursos. Sin embargo, las cotizaciones de minerales son variables determinadas por el mercado, en donde difícilmente las empresas por muy grandes que sean pueden influir o determinar.

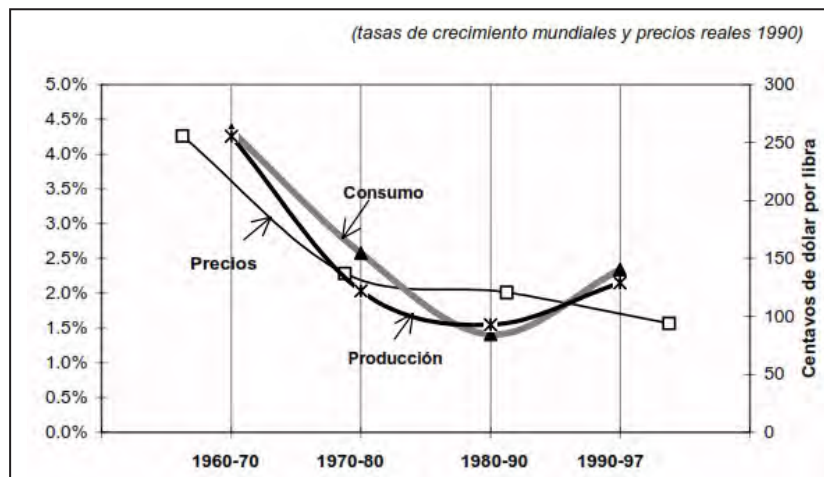


Figura 6.44 Consumo, producción y precios de cobre entre 1960 y 1997.

Fuente: CEPAL

En el caso concreto del cobre, la relación entre producción, consumo muestra una tendencia declinante en las décadas de los setenta y ochenta, según el análisis del exministro de Energía y Minas, Fernando Sánchez Alvabera en su trabajo "Panorama minero de América Latina afines de los años noventa". El precio del cobre (tomando como referencia 1990) no siguió la misma tendencia en los años ochenta y noventa.

La crisis económica registrada en el mundo en esas décadas se tradujo no solo en menores tasas de crecimiento del consumo sino el ritmo decreciente del mismo, lo cual fue correspondido por la producción del metal rojo. Asimismo, el cambio de tendencia en el consumo y producción en la década de los noventa está

asociado al inicio del periodo de globalización más importante registrada en el mundo; sin embargo, sorprende que el precio del cobre (con base 1990) no acompañó el cambio de tendencia en la producción y consumo.

Según Sánchez Alvabera, "es conocido el carácter cíclico de la demanda mundial de los metales que afecta el posicionamiento de las empresas, determinando que los productores de alto costo reciban beneficios solo cuando la demanda es dinámica y los precios son elevados. En este contexto pueden producirse paralizaciones, definitivas o transitorias, o rentabilidades que solo cubrirían el mantenimiento de las operaciones, que podrían afectar el tipo de explotación de las minas. Así cuando se

priorizan exclusivamente las vetas de mayor calidad se produce lo que los mineros denominan el desceme de las minas”.

El extitular del Minem recuerda que la estructura de costos es relevante para las operaciones mineras. De allí la relevancia de crear las condiciones para mejorar la competitividad del Perú y en particular de la minería, que es una tarea permanente, pero que a principios de los años noventa no se tenía un plan para afrontar de una manera sistemática este tema.

Evolución de la oferta de minerales

El proceso de globalización en marcha desde inicios de la década de los noventa implicó la eliminación progresiva de las barreras comerciales entre los países, lo que generó rápidas mejoras en los países que apostaron por este escenario. No solo era necesario concentrarse en las operaciones mineras, sino en avanzar en los hallazgos de nuevos prospectos a través de intensas labores de exploración.

Las estrategias de concentrarse en el núcleo del negocio llevaron a que las grandes empresas productoras también

delegaran total o parcialmente las tareas de exploración a empresas especializadas o denominadas junior, que abundaban fundamentalmente en Canadá o Australia, debido a los incentivos tributarios otorgados por los gobiernos de esos países para promover las labores de tales empresas.

La posibilidad de adquirir yacimientos que eran privatizados en los países productores también era una alternativa que existió desde esa época para el crecimiento de las grandes empresas. Sin embargo, el aliciente para una mayor producción es un precio más alto y las empresas con más experiencia en los mercados conocen bien la importancia de un incremento rápido de la producción.

Auge productivo del cobre

La producción de cobre mundial venía aumentando en los últimos años de la década de los ochenta y cerró con 8950 miles de toneladas en 1990. En los años noventa, a diferencia de la década anterior, la producción de cobre registró un incremento anual continuo y acumuló un aumento de 48.2 %.

Tabla 6.52
Principales productores mundiales de cobre de mina

(Miles de T.M. en cobre fino)											
Países/año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Chile	1810	1,932.7	2,055.4	2,219.9	2,488.6	3,115.8	3,392.0	3,686.9	4,391.2	4,602.0	4,739.0
EEUU	1584	1,765.1	1,801.4	1,796.0	1,849.1	1,918.4	1,940.0	1,860.0	1,600.0	1,472.8	1,336.0
Indonesia	212	290.9	309.7	333.9	461.7	525.9	548.3	809.1	790.3	1,005.5	1,047.4
Australia	320	378.0	402.0	415.6	378.5	548.0	558.0	607.0	737.0	832.0	873.0
Perú	399	369.4	374.8	365.5	405.0	484.2	503.0	483.3	536.3	553.9	722.0
Canadá	811	768.6	732.6	616.8	726.3	688.4	659.5	705.8	620.1	634.2	632.8
Rusia	nd	552.5	460.0	573.3	525.9	520.0	510.0	518.0	510.0	580.0	600.0
China	304	334.3	345.7	395.6	445.2	439.1	495.5	486.8	520.0	588.5	564.7
Kazakhstan	nd	303.7	263.5	215.4	232.6	237.5	316.2	337.6	373.0	430.2	470.1
Polonia	320	372.6	430.8	424.0	431.0	472.6	414.7	435.8	463.2	454.1	458.5
10 principales	5760	7,067.8	7,175.9	7,356.0	7,943.9	8,949.9	9,337.2	9,930.3	10,541.1	11,153.2	11,443.5
Otros	3380	2,390.3	2,298.5	2,218.9	2,236.6	2,160.8	2,145.3	2,354.2	2,216.0	2,109.4	2,150.3
Total	9140	9,458.1	9,474.4	9,574.9	10,180.5	11,110.7	11,482.5	12,284.5	12,757.1	13,262.6	13,593.8

Fuente: - World Metal Statistics (Abril 2002 y anteriores)
- Minerals YearBook - Metals and Minerals
- Comisión Chilena del Cobre

Chile, que ya era el primer productor mundial de cobre en mina al inicio de la década, reportó un significativo incremento de su producción al pasar de 1.5 millones de toneladas (Tn) en 1991 a 4.6 millones de Tn en el 2000, un aumento récord de 2.1 veces en dicho periodo.

La incursión de los grandes productores cupríferos del mundo, desde la década de los ochenta como consecuencia de la política de apertura de su economía y de las facilidades otorgadas a los inversionistas extranjeros no solo mineros sino del resto de actividades económicas, posibilitó que Chile se consolide como el primer productor de cobre.

Asimismo, la gestión y las inversiones realizadas por la empresa estatal Corporación Nacional del Cobre (Codelco) también incidieron en el logro alcanzado por el vecino país. Hay que recordar que si bien el Estado chileno ya tenía participación en las empresas cupríferas que operaban en ese país antes del ascenso al poder del gobierno socialista presidido por Salvador Allende en 1970 fue durante su controvertida administración cuando fueron nacionalizadas completamente el 11 de julio de 1971.

A pesar del discurso liberal y antiestatista que la tecnocracia chilena divulga y defiende después del golpe militar en septiembre de 1973, todos los intentos por transferir el control total o parcial de Codelco al sector privado han fracasado. En realidad, Codelco, como empresa fue creada en abril de 1976 durante el gobierno militar.

El segundo productor mundial de este metal estratégico era EE. UU. con 1584 miles de Tn; mientras que el tercer productor era la Unión Soviética con 950 mil Tn; aunque la disolución de este conjunto de países distribuyó la producción en años posteriores, principalmente entre Rusia y Kazakstán.

Dentro de los 10 principales productores de cobre EE. UU. y Canadá disminuyeron el protagonismo productivo muy probablemente porque las multinacionales de esos países optaron por inversiones en país con potencial minero. Esos fueron los casos de Indonesia, cuya producción aumentó 5.1 veces en la década, y Perú que no avanzó tanto, pero sí reportó un incremento productivo de solo 0.6 veces.

En el ranking de los 10 principales productores de cobre, el Perú se ubicaba en el octavo lugar en el año 2000, superando solo a Polonia y Kazakstán; aunque las importantes inversiones realizadas tras las reformas realizadas en la década de los

noventa iban a comenzar a dar resultados y consecuentemente colocar al Perú en uno de los lugares privilegiados en la producción cuprífera.

Un aspecto importante es que, al inicio de la década, los 10 principales países productores producían el 74.7 % del total de la producción mundial de cobre y al final de la década esa participación aumentó a 84 %. Ello implicaba una tendencia observada posteriormente respecto de la concentración productiva de este mineral en un conjunto de países que compiten por atraer inversiones.

Perú da un salto en producción de oro

El Perú no era un gran productor de oro a nivel mundial, a pesar de contar con importantes reservas. A fines de la década de los ochenta, la producción reportada ascendía a 8.5 toneladas obtenidas como subproducto de la explotación de otros minerales y a la extracción artesanal, principalmente de oro aluvial en la zona de Madre de Dios.

La moderada evolución de la cotización tampoco era un incentivo para destinar grandes inversiones; aunque la posibilidad de la explotación a tajo abierto, a través del procesamiento de grandes cantidades de concentrados era una técnica que ya había sido probada y prometía resultados interesantes para las empresas e inversionistas del sector.

El tradicional gran productor de oro era Sudáfrica con 602.8 Tn en 1990; aunque iba a perder un poco de su tradicional protagonismo aurífero en el transcurso de la década, al terminar produciendo 428.5 Tn, una caída de 29 %. Una situación diferente se observó con Perú e Indonesia, los dos países que avanzaron notoriamente en el mercado productor de oro en esos años.

Tabla 6.53

Producción mundial de oro en mina

(T.M. de oro fino)											
Países /años	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Sudáfrica	601.0	608.5	619.5	583.9	522.4	494.6	492.5	473.8	447.2	428.5	393.5
EE.UU.	296.8	330.0	331.0	326.6	316.9	326.2	362.3	366.0	341.0	337.7	324.9
Australia	234.2	243.4	248.1	255.2	253.5	289.5	311.0	309.3	300.4	296.4	287.7
China	120.0	113.1	121.0	124.1	136.4	120.6	149.6	158.2	169.1	175.0	216.8
Canadá	176.5	161.4	153.3	146.9	150.9	166.4	171.4	165.6	157.8	156.1	159.4
Rusia	nd	134.5	144.2	136.8	127.8	119.9	123.9	113.1	125.9	143.9	152.5
Perú	8.7	9.5	8.0	54.7	56.5	65.1	74.3	93.8	128.5	132.6	134.0

(T.M. de oro fino)											
Países /años	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Indonesia	16.9	38.0	41.6	42.5	63.3	83.6	90.0	124.0	129.0	117.6	130.8
Uzbekistan	nd	70.0	66.6	64.4	63.6	71.0	82.0	82.0	82.0	82.0	82.0
Papúa Nueva Guinea	60.8	69.5	62.0	58.7	51.7	51.6	48.5	60.3	65.8	73.3	67.3
10 Principales productores	1,514.9	1,777.9	1,795.3	1,793.8	1,743.0	1,788.5	1,905.5	1,946.1	1,946.7	1,943.1	1,948.9
Otros	358.9	336.5	331.8	343.9	365.3	369.3	400.2	413.8	450.2	438.8	422.7
Total	1,873.8	2,114.4	2,127.1	2,137.7	2,108.3	2,157.8	2,305.7	2,359.9	2,396.9	2,381.9	2,371.6

Fuente: World Metal Statistics (2002)

La producción aurífera de Perú que ascendió a 8.5 Tn en 1990 aumentó a 132.6 Tn en el año 2000, lo que representó un incremento récord de 14.6 veces; mientras que Indonesia pasó de producir 11.2 Tn en 1990 a 117.6 Tn en el 2000, lo que significó un incremento de 9.5 veces.

Entre los 10 principales productores de oro en el mundo en la década de los noventa, Canadá fue el único que retrocedió en producción; aunque nuevamente ello obedeció a que grandes productores canadienses como Barrick Gold orientaron sus inversiones hacia otros países con potencial.

En el caso del Perú, Barrick adquirió el yacimiento Pierina, ubicado en Áncash y rápidamente se convirtió en el segundo productor de oro en el Perú.

El inicio de operaciones plenas de Minera Yanacocha en 1994, rápidamente lo llevó a convertirse en el principal productor de oro de América Latina, un distintivo que mantuvo durante las siguientes décadas, a pesar de la disminución de la ley del mineral extraído y las dificultades enfrentadas para poner en producción proyectos ubicados en las otras áreas con potencial aurífero en su zona de concesión, en Cajamarca.

El incremento de la producción de oro en el Perú también recibió la contribución de varias empresas mineras medianas controladas por capitales peruanos que iniciaron fase productiva en la década de los noventa, entre ellos se puede citar a Minera Horizonte, Cia. Minera Poderosa y Minera Aurífera Retamas, todas ellas ubicadas en la región de La Libertad.

La producción de oro en el mundo en la década aumentó 16.2 %, al pasar de 2049.9 Tn en 1990 a 2381.9 Tn en el 2000. Nuevamente los 10 principales productores que concentraban el 80.8 % de la producción aurífera mundial al inicio de la

década de los noventa aumentaron su participación a 81.6 % en el año 2000.

Perú segundo productor mundial de plata

El Perú siempre fue uno de los principales productores de plata en el mundo, desde la época inicial de la Colonia en el siglo XVI; aunque su protagonismo aumentó desde los años ochenta, cuando la producción de plata dio un salto significativo ante el atractivo generado por las cotizaciones récord registradas al inicio de dicha década, debido a movimientos especulativos en el mercado realizados por los hermanos Hunt.

A fines de la década de los ochenta, el Perú (1840 Tn) se ubicaba en el cuarto lugar dentro del ranking de principales productores de plata detrás de la Unión Soviética (2500 Tn), México (2346 Tn) y EE. UU. (2121 Tn). El liderazgo de la Unión Soviética como productor argentífero se desvanecía con la disolución de las 15 repúblicas que la conformaban, entre ellas Kazakstán, un importante productor de este metal precioso.

Excepto EE. UU. y Canadá, el resto de principales productores de plata aumentaron su producción en la década de los noventa, destacando China al pasar de 125 Tn en 1990 a 1330 en el año 2000, un aumento de 9.6 veces. En el caso peruano, el incremento en ese periodo fue moderado, apenas 0.3 veces, aunque suficiente para ubicarlo en el segundo lugar detrás de México.

Asimismo, la concentración de la producción de plata en los 10 principales productores aumentó de 66.2 % a inicios de la década a 86 % al final de esta; sin embargo, la disolución de la Unión Soviética en dicho año es un elemento para tomar en cuenta al analizar la concentración productiva de este metal precioso, ya que Kazakstán quedó como el principal productor del antiguo bloque socialista; pero lejos de los niveles existentes antes de los años noventa.

Tabla 6.54
Producción mundial de plata de mina

(T.M. de plata fina)											
Países	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Perú	1,770.0	1,570.0	1,621.2	1,666.7	1,908.3	1,949.0	2,058.8	2,004.0	2,231.4	2,437.7	2,669.5
México	2,224.0	2,325.0	2,135.7	2,214.6	2,334.4	2,527.8	2,678.7	2,687.5	2,483.4	2,482.8	2,628.4
Australia	1,180.0	1,248.0	1,152.0	1,045.0	920.0	1,020.0	1,106.0	1,474.0	1,720.0	2,060.0	1,970.0
EEUU	1,855.0	1,804.0	1,640.0	1,480.0	1,564.9	1,570.2	2,181.6	2,060.0	1,952.0	2,017.0	1,606.0
Chile	674.0	1,024.8	970.1	983.0	1,041.1	1,147.0	1,091.3	1,340.2	1,380.7	1,242.2	1,348.7
China	150.0	803.8	840.6	812.0	1,000.0	1,000.0	1,265.0	1,260.0	1,330.0	1,330.2	1,330.2
Canadá	1,339.0	1,215.4	895.8	767.8	1,284.8	1,308.8	1,224.0	1,195.9	1,246.4	1,203.7	1,275.6
Polonia	870.0	798.0	767.0	1,064.0	1,001.0	935.0	1,038.0	1,096.9	1,092.6	1,088.2	1,088.4
Kazakhstan	nd	450.0	450.0	408.4	371.0	414.3	389.3	535.8	816.1	816.0	816.0
Bolivia	376.0	282.4	332.8	352.1	452.0	384.0	386.0	403.6	424.4	434.0	410.2
10 Principales productores	10,438.0	11,521.4	10,805.2	10,793.6	11,877.5	12,356.1	13,418.7	14,057.9	14,677.0	15,111.8	15,143.0
Otros	5,254.0	2,905.9	2,787.7	2,658.2	2,601.2	2,549.6	2,543.7	2,622.7	2,532.0	2,627.7	2,478.4
Total	15,692.0	14,427.3	13,592.9	13,451.8	14,478.7	14,905.7	15,962.4	16,680.6	17,209.0	17,739.5	17,621.4

Fuente: World Metal Statistics (2002)

6.10.2 Evolución de los precios de los principales metales

Mayor consumo y caída del precio del cobre

Una mirada de mediano plazo a la evolución del precio nominal del cobre en el periodo 1970-2000 indica claramente la existencia de cuatro ciclos. Dos en la década del setenta

sin alcanzar el nivel de US\$1.0 por libra, el primero antes de la primera crisis del petróleo en 1983 y otro coincidiendo con la segunda crisis petrolera. Posteriormente, una tendencia alcista que se inicia a mediados de los años ochenta y culmina hacia 1989 con una duración de cinco años y nuevamente un periodo, aunque más breve (dos años), que se inicia en 1993 para posteriormente caer.

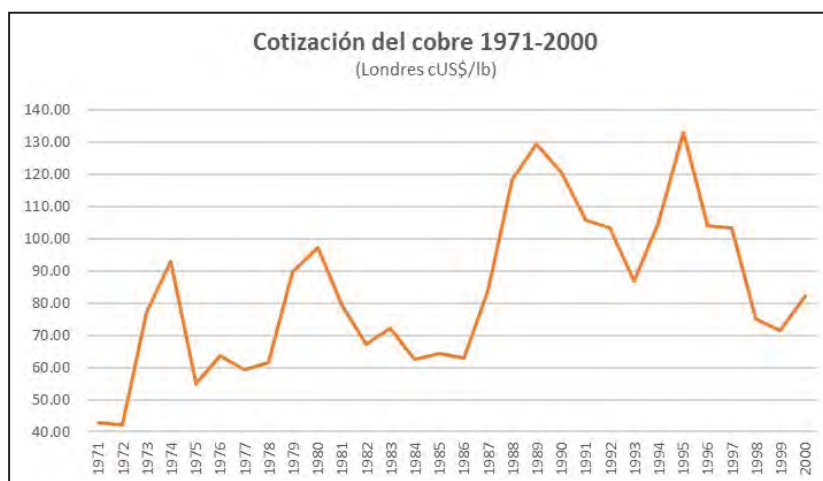


Figura 6.45 Cotización del cobre entre 1971 y 2000.

Un panorama de las exportaciones de cobre en el periodo 1992-2001 indica un continuo crecimiento. Dentro de los 10 principales países exportadores del metal rojo aparecen dos que

no son productores. Su presencia se debe a que son grandes importadores y/o comercializadores de las variedades de cobre en el mercado: Japón y Bélgica.

Tabla 6.55
Exportaciones mundiales de cobre

Exportaciones mundiales de cobre (miles de toneladas métricas finas)										
Países	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Chile	1,936.9	1,983.7	2,081.5	2,411.0	2,953.9	3,297.2	3,575.0	4,268.7	4,473.0	4,649.5
Canadá	712.5	697.9	606.9	723.8	855.4	954.5	853.2	637.7	822.9	1,011.9
Indonesia	241.5	230.7	272.5	354.9	507.8	433.9	507.2	563.7	775.5	813.6
Australia	256.5	255.3	290.2	203.8	314.2	360.9	435.4	513.2	578.8	709.1
Rusia	47.5	153.0	360.2	700.3	540.3	559.1	553.9	646.3	660.3	653.3
Perú	325.5	326.3	347.4	388.2	453.7	492.2	455.0	494.7	480.3	556.8
Japón	100.0	160.0	114.4	163.2	175.9	181.7	327.3	356.9	342.2	461.1
Kazakhstan	105.7	114.8	122.5	216.6	261.6	287.5	322.0	354.0	392.5	398.9
Zambia	411.9	436.5	360.7	291.9	276.1	303.8	228.0	205.9	216.6	296.4
Bélgica	186.9	236.6	170.8	201.5	147.7	149.0	146.4	183.9	216.8	253.3
10 principales	4,324.9	4,594.8	4,727.1	5,655.2	6,486.6	7,019.8	7,403.4	8,225.0	8,958.9	9,803.9
Resto países	2,263.9	2,273.4	2,180.5	2,353.3	2,538.9	2,348.7	2,604.7	2,459.3	2,292.6	2,014.3
Total	6,588.8	6,868.2	6,907.6	8,008.5	9,025.5	9,368.5	10,008.1	10,684.3	11,251.5	11,818.2

Fuente: World Metal Statistics (2002)

El único exportador de cobre del Top Ten que perdió dinamismo en el periodo 1992-2001 fue Zambia, uno de los principales productores de cobre de África que registró luchas políticas internas en ese periodo que terminaron por afectar a la producción minera y a sus exportaciones.

El Perú, por su parte, inició el periodo como el sexto exportador mundial de cobre; aunque varios años de dicha década se ubicó

en el cuarto y quinto lugar. Las inversiones realizadas en varios nuevos yacimientos iban a mejorar la posición exportadora en las siguientes décadas. Por lo pronto, la producción cuprífera del Perú durante la década de los noventa fue notoriamente mayor que la registrada en la década de los ochenta. Ese cambio se advierte claramente a partir de 1995, cuando comenzaron a concretarse los primeros efectos de las nuevas reglas de juego y la privatización.

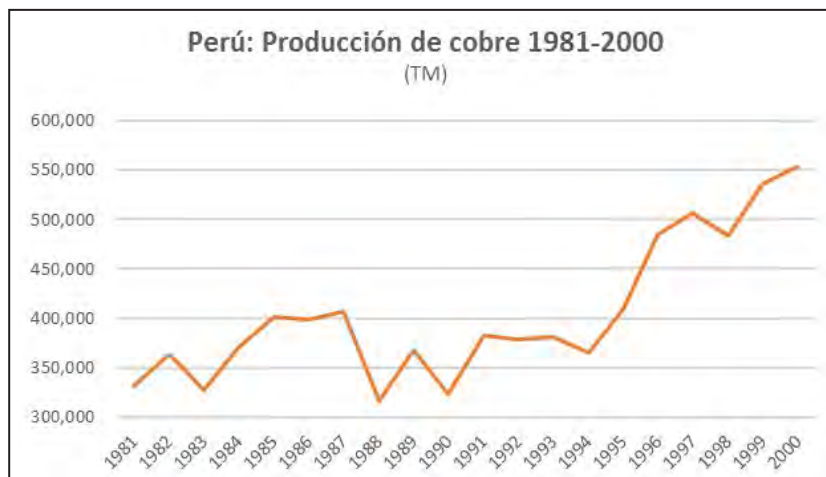


Figura 6.46 Producción peruana de cobre entre 1981 y 2000.

Precio del oro sin muchos altibajos

Una mirada a lo ocurrido con la cotización del oro en la década de los noventa encuentra dos etapas, una primera 1993-1996 con una moderada alza y posteriormente un fuerte descenso. El anuncio realizado por varios bancos centrales europeos de vender importantes volúmenes de oro de sus reservas, en particular de Suiza (1300 toneladas) y Gran Bretaña (450 toneladas), influyó en la notoria disminución del precio en los mercados internacionales.

Una cotización inferior a US\$300 por onza, una de las más bajas en dos décadas, condujo al cierre de varias minas auríferas

que tenían altos costos o indujo la fusión de operaciones. Mientras tanto en Perú, las ganancias en competitividad minera, posibilitaba el incremento de la producción aurífera, no solo a través de Minera Yanacocha y Barrick Misquichilca, sino también las otras auríferas de la mediana minería.

Durante los años 1998 y 2000, en un contexto de tendencia a la baja en la cotización del oro en el mundo, el significativo aumento del volumen exportado de este metal precioso permitió que el oro se convirtiera en el principal producto de exportación del Perú, desplazando de ese histórico lugar al cobre. Sin duda, esa novedad fue resultado del marco legal de promoción a la inversión minera.



Figura 6.47 Cotización de oro entre 1981 y 2000.

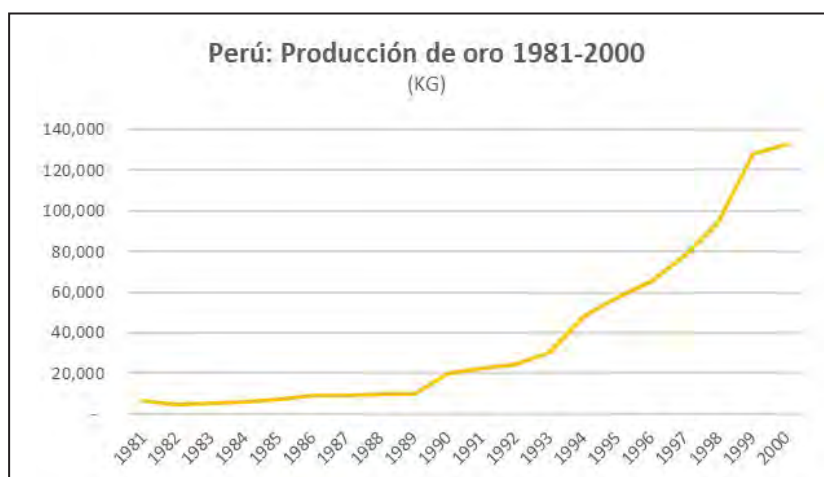


Figura 6.48 Producción de oro entre 1981 y 2000.

Se puede observar que la producción de oro en la década de los ochenta se mantiene en niveles inferiores a las 10 toneladas anuales; pero esa situación cambió dramáticamente en la década de los noventa, hasta acercarse a las 140 toneladas en el año 2000, a pesar de la tendencia declinante del precio en el mercado internacional.

La plata volvió a la “normalidad”

El salto dado por la cotización nominal de la plata en 1979 y principios de 1980 sin duda fue atípico en la historia de este metal precioso. Una mirada de largo plazo al periodo 1980-2000

indica precisamente que la cotización registró un alza abrupta a fines de la década de los setenta, luego un hito más débil en 1983 y desde allí rápidamente retornó a los niveles de alrededor de US\$5 por onza.

La plata, a diferencia del oro, no es un metal precioso que sirve de inversión de refugio en épocas de incertidumbre o crisis, tal como ocurrió en los años ochenta, sino que tiene una importante demanda en distintas industrias como en la fabricación de baterías, recubrimientos de vidrio, chips, en la fotografía, entre otros.

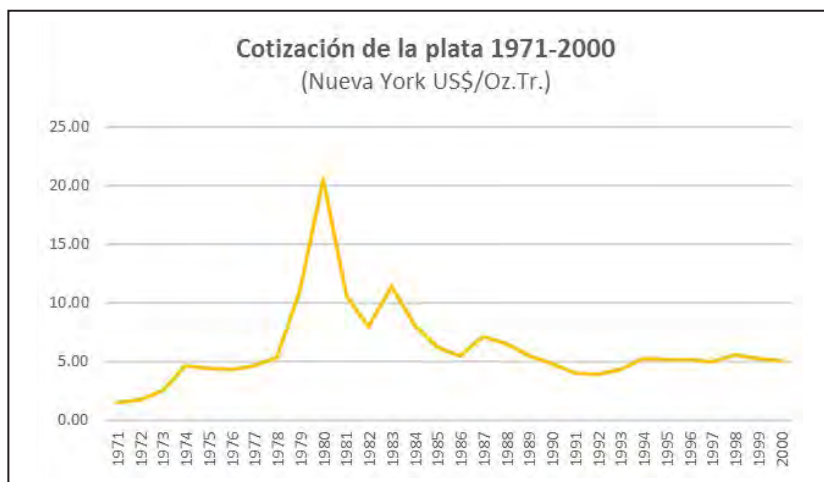


Figura 6.49 Cotización de plata entre 1971 y 2000.

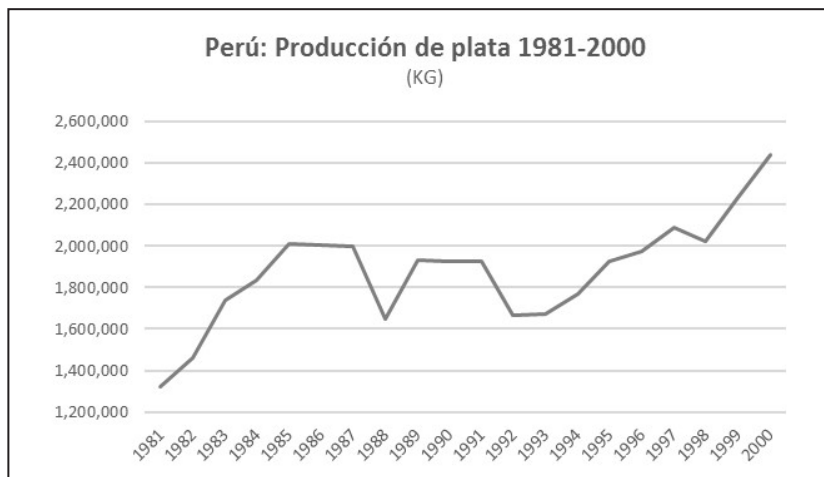


Figura 6.50 Producción peruana de plata entre 1981 y 2000.

En términos de la producción local, la plata está a cargo fundamentalmente de un conjunto de medianas empresas controladas por capitales locales que continuaron expandiendo la producción a pesar de tener un precio bajo que fluctuaba alrededor de US\$5 por onza. Aquí nuevamente hay que rescatar los beneficios de los menores costos y las ganancias de productividad de las empresas locales, debido a las nuevas reglas de juego en la minería.

Tendencia alcista en el precio del zinc

La cotización del zinc que entre 1987 y 1989 registró un fuerte incremento debido a la combinación de una mayor demanda y menor oferta (las productoras peruanas tuvieron relevancia por la caída de la producción) no se repitió en la década de los noventa. Las cotizaciones anuales de este mineral no ferroso fluctuaron entre US\$0.44 por libra en 1993 y US\$0.60 en 1997.



Figura 6.51 Cotización de zinc entre 1981 y 2000.

De manera similar a otros minerales relevantes para producción industrial, un elemento que ya comenzaba a influir en la cotización del zinc era la actuación de China y cuya información sobre sus compras aún carecían de la suficiente transparencia.

China no formaba parte oficialmente de la Organización Mundial del Comercio, por lo que no estaba obligada a ofrecer al mercado de manera regular y en formatos determinados la información de su comercio exterior.

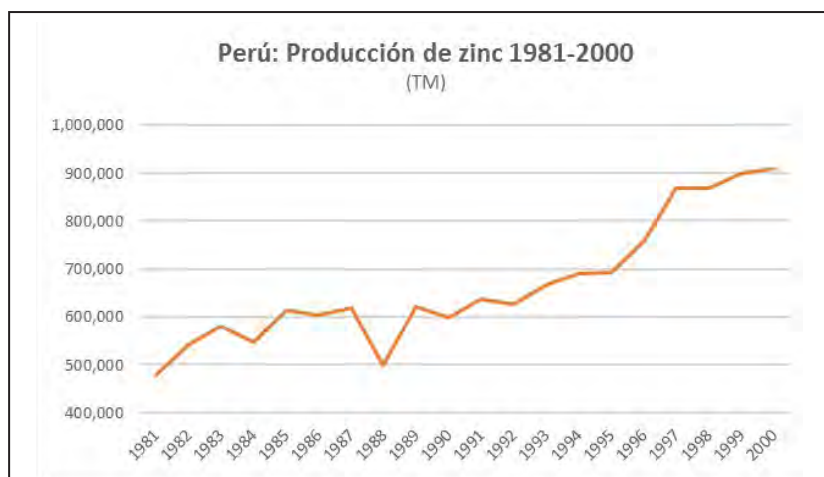


Figura 6.52 Producción peruana de zinc entre 1981 y 2000.

La producción local de zinc que fundamentalmente estaba a cargo de las medianas empresas mineras, a la que se sumaba Centromin, fue transferida al sector privado en 1997, y registró un constante incremento en la década de los noventa. La mejora de la productividad como consecuencia de las eficiencias ganadas ante el nuevo marco legal y el descenso de la violencia terrorista viabilizaron ese positivo resultado.

Plomo y la preocupación medioambiental

El plomo es un mineral que no registra fuertes alzas en su cotización. El pico en el periodo 1970-2000 fue US\$0.54 por

libra en 1979. Su mejor cotización en la década de los noventa fue US\$0.35 por libra en 1996, que fue inferior a US\$0.37 por libra en 1990. El nivel de contenido plomo en los envases (de lata) de alimentos había sido criticado por la Food and Drug Administration-FDA, la Oficina de Alimentos y Drogas de EE. UU. en 1992 y 1993.

En Europa y Japón, comenzaron a evidenciarse preocupaciones similares, lo cual incidía en una mayor demanda. Sin embargo, el efecto China sobre la demanda de este mineral aún no se vislumbraba, aunque el aumento de stocks en el mercado influyó en un descenso de los precios el periodo 1987-2000.



Figura 6.53 Cotización de plomo entre 1981 y 2000.

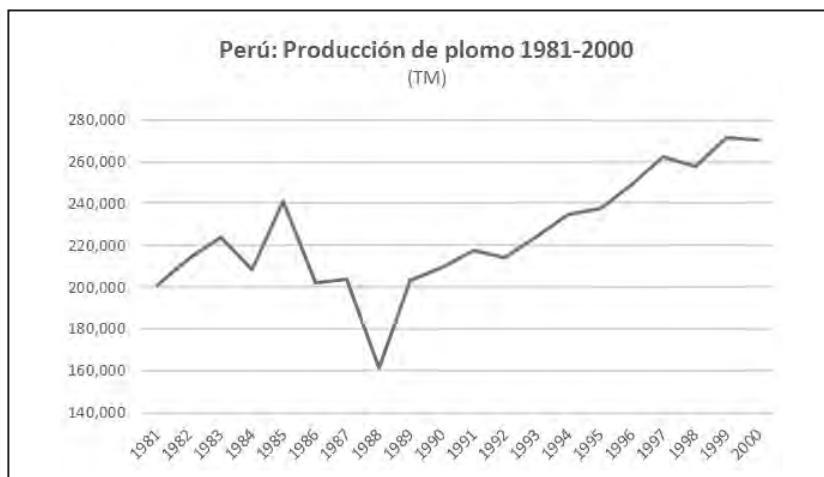


Figura 6.54 Producción peruana de plomo entre 1981 y 2000.

La producción de zinc está asociada también al plomo. De manera que si la producción de zinc, a cargo del conjunto de medianas empresas locales, se incrementa, también ocurrirá una situación similar en el caso del plomo. Eso ocurrió en la década de los noventa; sin embargo, el bajo precio de este mineral recortó la relevancia del aporte del plomo en la canasta exportadora, algo que por el contrario no ocurrió con el plomo que se convirtió en el tercer mineral de mayor exportación.

Estaño se mantuvo estable

Durante la década de los ochenta hubo un persistente superávit en el mercado de estaño que incidió en el continuo descenso de su cotización. Otro elemento que influyó en la tendencia declinante fue el prolongado conflicto entre los comerciantes de este mineral y los bancos contra el London Metal Exchange (LME) y el Consejo Internacional del Estaño, el mismo que se resolvió en 1990.

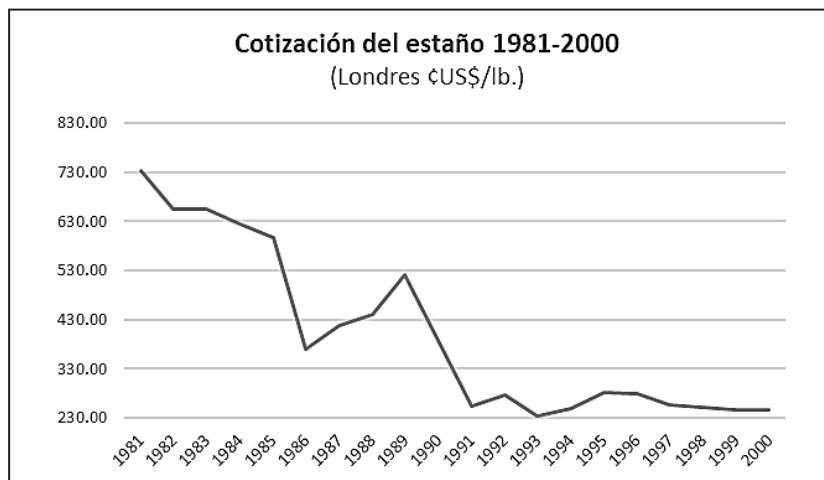


Figura 6.55 Cotización de estaño entre 1981 y 2000.

Tras el descenso de la cotización en 1991, la misma se mantuvo por debajo de US\$3 por libra durante toda la década de los noventa. Sin embargo, en el Perú, la única empresa

productora Minsur S.A. inició un continuo incremento de la extracción de este mineral en su mina San Rafael, ubicada en la región Puno.



Figura 6.56 Producción peruana de estaño entre 1981 y 2000.

El significativo incremento de la producción de estaño de Minsur permitió que este mineral fuera considerado en la canasta exportadora de minerales del Perú. La exportación de 6100 toneladas de zinc en 1991 generó exportaciones por US\$22.2 millones que aumentaron a US\$166.2 millones en el año 2000, tras las ventas de 35 300 toneladas de estaño. El desarrollo de Minsur permitió que el Perú se convierta en el primer productor de estaño de América Latina y el cuarto del mundo.

6.11 GLOBALIZACIÓN E INVERSIONES HACIA AMÉRICA LATINA

Contexto de las grandes economías

El horizonte de la economía mundial en la década de los noventa muestra un continuo crecimiento por encima de 3.0 %, en la mayoría de los años, con una leve desaceleración en 1998 por efecto de la crisis asiática. Las dos principales economías del mundo en esa época: EE. UU. y Japón registraron resultados dispares; mientras que EE. UU. exhibió un crecimiento continuo que superó el 4.0 % a partir de 1997, Japón exhibió tasas de

crecimiento inferiores a 2.0 % y no fue inmune a la crisis asiática al caer 1.1 % en 1998.

China que recién parecía ingresar al grupo de las 10 economías más grandes del mundo a inicios de la década de los noventa ya daba señales del explosivo crecimiento que desarrollaba con su apuesta por el capitalismo de Estado al registrar una expansión productiva anual que fluctuó entre 14.2 % (1992) y 7.1 % (1999). China ciertamente estaba encaminándose a convertirse en la fábrica del mundo y en ese sentido requería asegurarse de abastecimiento de minerales básicos.

Sin embargo, la expansión de las economías y del PBI mundial no siempre se reflejaban en mejores cotizaciones de los minerales y peor aún tales cotizaciones descendieron en un contexto de crecimiento. En los países desarrollados, la preocupación por la contaminación ambiental comenzaba a ganar terreno en la opinión pública y el contenido de algunos minerales en los bienes de consumo masivo era un tema abordado por las autoridades sanitarias y alimenticias.

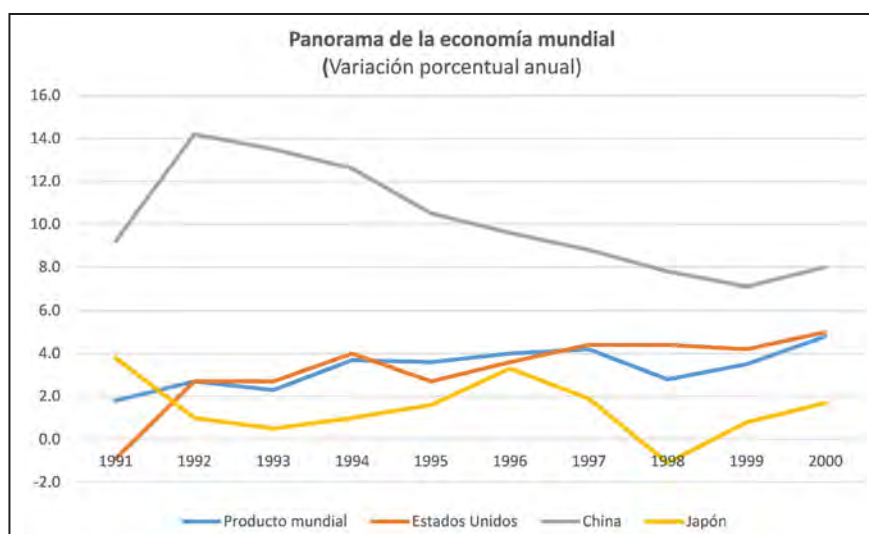


Figura 6.57 Panorama de la economía mundial.

La preocupación por la reducción de costos en las empresas era un tema de interés y obligaba a buscar avances tecnológicos que posibiliten el ahorro en insumos provenientes de la minería. La preocupación ambiental y la eliminación de facilidades fiscales para la actividad minera era un tema de atención para las grandes empresas mineras en EE. UU., Canadá, Australia y otros países con potencial minero.

En ese contexto es que en América Latina comenzaba a aprobarse mecanismos de atracción de capitales para la minería, aunque Chile se había adelantado en aprobar incentivos para la inversión minera en los años ochenta y ya cosechaba frutos. Los inversores acudieron a Chile para realizar intensas tareas de exploración en la medida que los costos de dicha actividad eran significativamente inferiores.

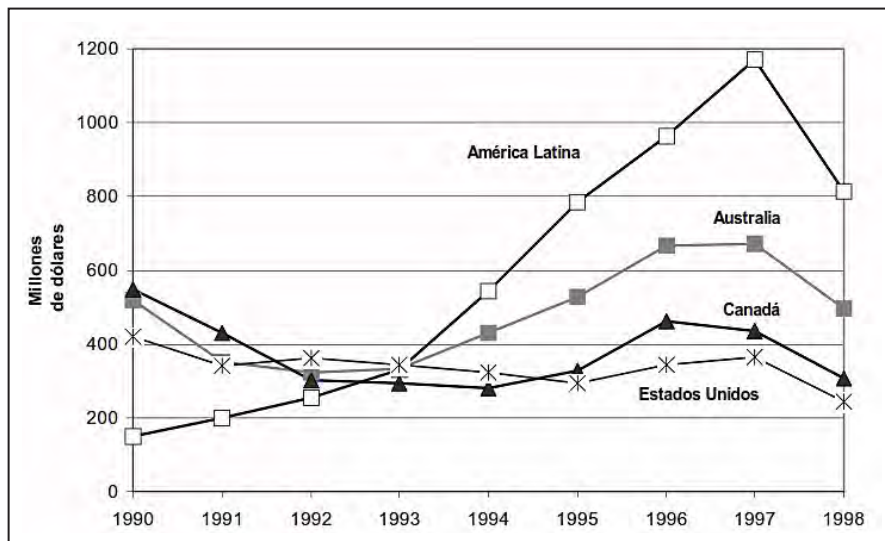


Figura 6.58 Presupuestos de exploración a escala mundial.
Fuente: CEPAL (1998)

Según Sánchez Albavera, hacia 1994, los presupuestos anuales de exploración en América Latina aumentaron a US\$544 millones y a partir de este año iniciaron un vertiginoso crecimiento para situarse en US\$1170 millones en 1997. En dicho año, América Latina logró captar el 29 % de los gastos en exploración previstos por las principales empresas mineras, sobre un monto mundial estimado en US\$4030 millones.

Naturalmente en el ambiente minero un descenso de las cotizaciones inmediatamente se refleja en menores presupuestos para exploración. Eso ocurrió tras la crisis asiática en 1998, cuando el presupuesto descendió a US\$2830 millones, lo que afectó el accionar de las empresas especializadas en exploración denominadas juniors. Sin embargo, América Latina mantuvo una participación de 29 % en el total del presupuesto para exploraciones.

El Perú y las inversiones hacia la región

El potencial minero que ofrecía el Perú en la década de los noventa y la orientación de la política económica y las nuevas reglas de juego en el ámbito de la minería determinó la afluencia de inversiones.

Chile atrajo el 51 % de las inversiones en exploración y explotación en el periodo 1990-1997 según un informe de la Cepal, mientras que Brasil el 24 %. Ello se debía fundamentalmente a las dimensiones de esa potencia regional, ya que contaba con importantes empresas de capital brasileño como Vale do Rio Doce y Votorantim. El Perú captó el 12 % de las inversiones que llegaron a la región, un resultado muy favorable considerando que prácticamente había desaparecido de los radares de la inversión minera durante las dos décadas anteriores.

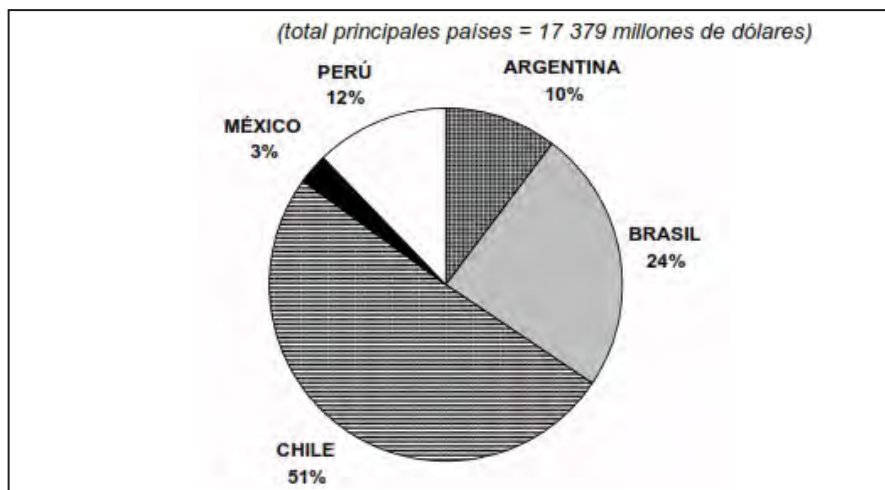


Figura 6.59 Inversión minera materializada entre 1990 y 1997.
Fuente: CEPAL

El dinamismo de la inversión minera en el Perú, en el nuevo escenario que ofrecía el país, se advierte en los montos superiores a los US\$1000 millones ejecutados por una

diversidad de empresas en el periodo 1997-1999, según las estadísticas recopiladas por el Banco Central de Reserva.

Cuadro 6.6
Inversión realizada por las empresas mineras

Inversión realizada por las empresas mineras (millones de US dólares)				
Empresas y unidades mineras	Metales	1997	1998	1999
Compañía Minera Antamina S.A.	polimetálica	44.0	160.0	525.0
Southern Perú Limited S.A. (1)	cobre	184.0	258.7	250.3
Minera Yanacocha SAC (1)	oro	113.7	82.5	1263.0
Volean Cía Minera (1)	polimetálica	137.5	15.1	612.0
Minera Barrick Misquishilca -Pierina (1)	oro	103.0	248.0	434.0
Minsur S.A. (1)	estaño	26.5	29.3	353.0
Empresa Minera Yauliyacu S.A. (2)	polimetálica	20.0	20.0	302.0
Cía de Minas Buenaventura S.A. (1)	plata	23.1	28.0	274.0
Refinería de Cajamarquilla (1)	zinc	33.0	55.0	25.0
Doe Run del Perú S.A. (1) (4)	polimetálica	123.1	10.9	233.0
Sociedad Minera Cerro Verde S. A. (3)	cobre	78.2	30.0	180.0
Minera Quellaveco S.A. (3)	cobre	5.5	nd	140.0
BHP Tintaya S.A. (3)	cobre	10.5	22.0	140.0
Compañía Minera Atacocha S.A. (1)	polimetálica	6.1	7.3	78.0
Solitario Resources-Bongara (2)	exploración	nd	2.5	75.0
Sociedad Minera El Brocal S.A. (1)	polimetálica	2.3	1.9	52.0
Compañía Minera Milpo S.A. (1) (4)	polimetálica	23.2	20.3	50.0
Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. (2)	polimetálica	3.8	6.6	44.0
Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. (2)	oro	nd	9.0	40.0
Sociedad Minera Corona S.A. (1) (6)	polimetálica	1.3	3.5	31.0
Compañía Minera Sipán SAC (2)	oro	14.5	20.8	27.0
Pan American Silver (ex Corporación Minera Nor Perú S.A. (1)(5)	plata	6.4	8.1	24.0
Minas de Arcata S.A. (1)	plata	0.9	2.4	20.0
International Tournigan- Berenguela (2)	exploración	0.8	1.0	20.0
Newcrest Perú S.A.-Coripacha (2)	exploración	0.7	1.0	20.0
Minera Lizandro Proaño S.A. (1) (5)	polimetálica	16.8	10.0	18.0
Compañía Minera Rura S.A. (1)	polimetálica	5.3	3.0	17.0
Compañía Minera Santa Luisa S.A. (1)	polimetálica	6.0	1.7	16.0
Perubar S.A. (1)	polimetálica	1.4	0.8	8.0
Pheps Dodge del Perú S.A. (2)	exploración	6.0	6.0	5.0
Compañía Minera Condestable S.A. (1)(5)	cobre	2.5	1.5	2.0
Minera Andina de Exploraciones S.A (1)	exploración	nd	0.6	2.0
Compañía Minera Castrovirreyra S.A (1)	polimetálica	0.4	0.5	1.0
Compañía Minera Huarón S.A. (1) (5)	polimetálica	2.9	1.0	1.0

Continuación...

Inversión realizada por las empresas mineras (millones de US dólares)				
Empresas y unidades mineras	Metales	1997	1998	1999
Compañía Minera Sayapullo S.A (1)	cobre	1.3	0.2	0.0
Compañía Minera Pativilca S.A (1)	cobre	0.5	0.3	0.0
Sociedad Minera La Granja S.A.- (2)	exploración	14.0	10.0	0.0
Compañía Minera Ares SAC (3)	oro	19.7	7.5	nd
Compañía Minera Poderosa S.A. (1)	oro	11.2	nd	nd
Compañía Minera Izcaycruz S.A. (1)	polimetálica	9.1	4.5	nd
Shougang Hierro Perú S.A. (2)	hierro	29.8	37.3	nd
Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.	polimetálica	0.5	nd	nd
Otros (2)		13.3	11.5	50.0

Fuente: Banco Central de Reserva, Memorias año 2000.

(1) Elaborado sobre la base de los estados financieros auditados de las empresas.

(2) Inversión comprometida en contratos de estabilidad tributaria y reinversión de utilidades (Minem)

(3) En 1999 se registró el financiamiento extremo total proporcionado por el Dpto de Balanza de Pagos.

(4) Se registran los años terminados el 31 de octubre.

(5) En 1999 se registró el periodo enero- noviembre .

(6) En 1997, corresponde a Compañía Minera Santa Rita S.A.y Compañía Minera Yauli S.A.

En ese periodo, el mayor monto de inversión correspondió a la construcción de la infraestructura de la mina polimetálica de clase mundial Antamina, que fue adquirida en el proceso de privatización por las empresas canadienses Inmet Mining Corporation y Río Algom Ltd., en 1996.

Los incentivos a la inversión minera animaron a Southern Perú Limited a realizar cuantiosas inversiones para aumentar la capacidad de producción de sus unidades operativas, y también de la Refinería de Ilo que adquirió del Estado, en 1994, un compromiso de inversión de US\$20 millones.

Otra inversión destacada en el periodo 1997-1999 estuvo a cargo de Minera Yanacocha, en las ampliaciones de su capacidad de explotación y ya convertida desde esa época como la primera empresa aurífera de América Latina. Asimismo, aparece la significativa inversión de Barrick Misquichilca en la mina aurífera Pierina.

Las inversiones reportadas muestran los recursos destinados a exploración por Phelps Dodge (cuando no había sido adquirida por Freeport-McMoRan) y Sociedad Minera La Granja. Asimismo, inversiones realizadas en los primeros prospectos de propiedad de Minero Perú que pasaron al sector privado como Berenguela, ya en manos de International Tournigan (Canadá), tras haber adquirido a Kappes, Cassidy & Associates (EE. UU.).

6.12 GRANDES CAMBIOS EN LA GESTIÓN PÚBLICA Y MINERA

6.12.1 Política económica 1990-2000

A fines de la década de los ochenta, el Perú inició un cambio en el manejo de la economía de corto plazo debido a que el desorden generado por la hiperinflación impedía el desarrollo normal de la economía. La combinación de un errado manejo económico con la violencia terrorista había llevado al país a un nivel de ingobernabilidad, de allí que el cambio era un imperativo.

Una economía empobrecida en la década de los ochenta al alcanzar un Producto Bruto Interno por habitante (PBI per cápita) de US\$1388, un incremento de apenas 36 % en una década, a diferencia de lo ocurrido en la década de los setenta, cuando el PBI per cápita aumentó 117.5 %, al pasar de US\$468 en 1970 a US\$1018, tenía la expectativa de un gran cambio.

El plan de estabilización aplicado por el gobierno el 8 de agosto de 1990 buscaba sincerar los precios y llevarlos a los niveles de mercado. Se trataba de un plan que también buscaba imprimir competencia a la industria local a través de la reducción de la protección arancelaria y paraarancelaria, así como dejar libertad para que el tipo de cambio, una variable clave para los exportadores, sea fijado en el mercado cambiario.

Otro elemento central del programa era establecer que el Banco Central de Reserva (BCR) dejaba de financiar el déficit fiscal en general; es decir, se puso un candado a la emisión de dinero por parte de la autoridad monetaria y solo se permitió emisiones de circulante que eran respaldados por las actividades productivas.

La primera fase del plan consistía precisamente en estabilizar la variabilidad de los precios básicos de la economía (tipo de

cambio, tasas de interés) y además un manejo prudente de las finanzas públicas. Se entendía que eso era fundamental para que las empresas respondieran con mayor producción y exportaciones. En paralelo al aterrizaje hacia una economía más predecible, se buscaba introducir los cambios fundamentales para el crecimiento de mediano plazo que era primordial para atraer a los inversionistas.

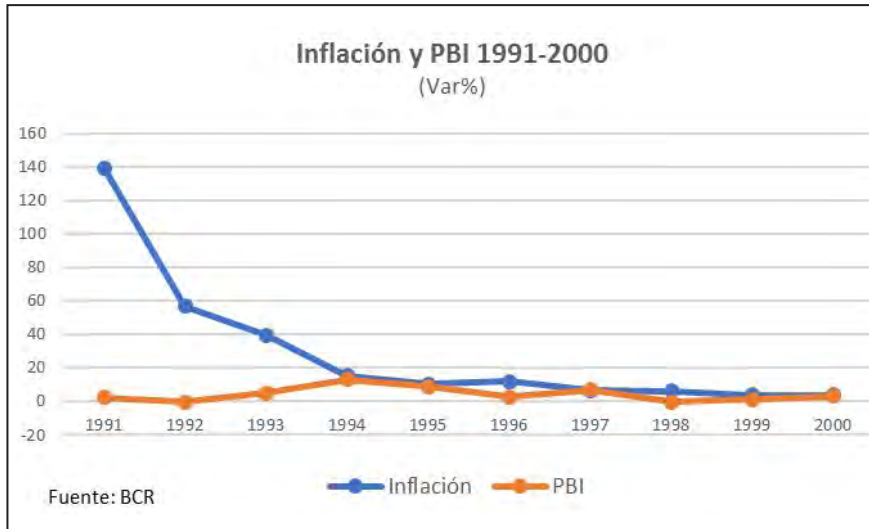


Figura 6.60 Inflación y PBI entre 1991 y 2000.

Alcanzar un nivel de inflación anual tardó siete años y recién en 1997 este indicador llegó a la tasa de 6.7 %, mientras que niveles cercanos a la inflación promedio de países desarrollados se alcanzó hacia finales de la década de los noventa. En efecto,

la inflación anual de 3.7 % se registró en los años 1999 y 2000, una época en que la administración de la economía peruana mostraba un manejo prudencial y predecible.

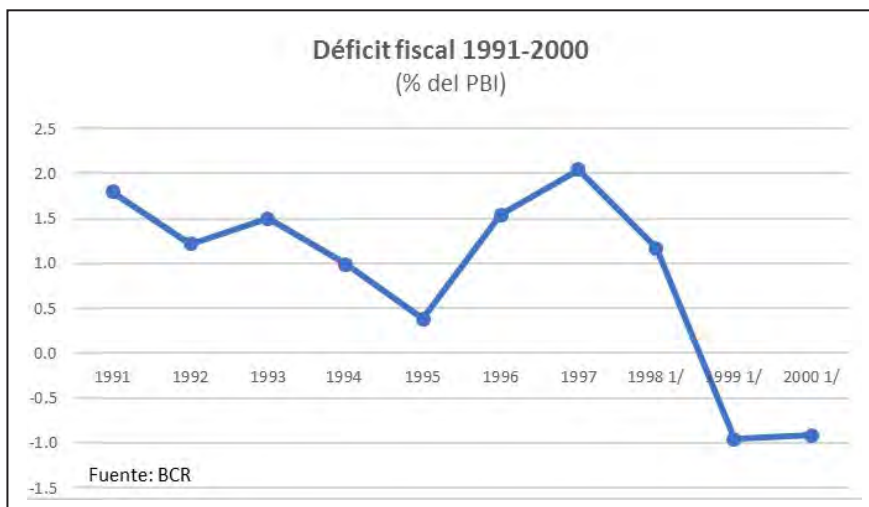


Figura 6.61 Déficit fiscal entre 1991 y 2000.

El tránsito de la estabilización de la economía hacia las reformas económicas de primera generación fue un proceso con mucha controversia, porque parte de las normas debían ser aprobadas por el Congreso, en donde todavía existían partidos políticos con una visión no tan cercana al liberalismo económico prevaleciente en amplios sectores de la población y empresas.

Lo cierto es que los resultados de la imprudencia fiscal en el segundo lustro de los años ochenta aumentó la animadversión a la actuación del Estado en materia económica. A ello se sumaron posiciones políticas antiempresariales, como el intento de estatización de la banca, en el segundo semestre de 1987, que incidieron en el clima de polarización que hizo un profundo daño a la confianza para las inversiones del sector privado.

El proceso de aprobación de importantes reformas, entre ellas la nueva Ley de Minería, avanzó rápidamente en el lapso que el Congreso estuvo cerrado entre abril y diciembre de 1992. Las expectativas favorables generadas por esta importante norma se vieron reforzadas tras la captura del líder del Partido Comunista del Perú-Sendero Luminoso (PCP-SL), Abimael Guzmán, en septiembre de 1992.

El avance del proceso de privatización que comenzó tímidamente hacia fines de 1991 y avanzó en 1992, en medio de las tensiones generadas por la violencia terrorista del PCP-SL en Lima, que tomó gran dinamismo a partir de 1993, fue un elemento central para la expansión de la economía, que requería la dosis de dinamismo generada por la inversión privada.

Tabla 6.56
PBI por sectores productivos

(Variaciones porcentuales)										
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Agropecuario 2/	4.0	-9.1	9.0	13.2	9.5	5.2	5.4	1.5	11.7	6.2
- Agrícola	4.5	-17.1	17.1	17.7	9.9	8.0	3.7	-0.1	13.9	6.7
- Pecuario	3.3	4.5	-1.8	6.0	9.1	0.9	9.0	6.3	9.2	6.0
Pesca	-23.5	27.2	3.9	21.1	-13.9	-4.8	-1.8	-13.4	29.2	9.1
Minería e hidrocarburos 3/	3.6	0.9	10.2	12.0	4.2	5.1	9.0	3.8	12.9	2.4
- Minería metálica	8.3	0.8	10.9	15.2	6.5	7.3	10.7	3.9	17.0	3.4
- Hidrocarburos	-11.2	1.3	7.4	-0.6	-9.5	-4.0	-2.0	-0.2	-6.9	-6.5
Manufactura	5.4	-3.3	3.4	16.6	5.5	1.5	5.3	-3.2	-0.5	6.7
- Procesadores de recursos primarios	2.9	-1.5	7.9	15.5	-3.2	3.6	1.8	-8.7	21.1	8.6
- Industria no primaria	6.1	-3.8	2.1	17.0	8.1	0.9	6.3	-1.8	-5.8	6.1
Construcción	0.0	2.3	20.3	33.3	17.4	-2.3	14.9	0.6	-10.5	-4.3
Comercio	2.9	-0.9	2.6	16.3	11.1	0.9	7.8	-3.2	-1.9	5.1
Otros servicios 4/	1.1	1.3	3.5	8.9	8.5	3.3	6.0	0.3	0.5	1.8
Producto Bruto Interno	2.2	-0.4	4.8	12.8	8.6	2.5	6.7	-0.5	0.9	3.1

1/ Preliminar.

2/ Incluye el sector silvícola.

3/ Incluye el sector minería no metálica.

4/ Incluye impuestos indirectos y derechos de importación.

Fuente: INEI y BCRP

Elaboración: Subgerencia del Sector Real

Excepto la agricultura y la pesca que son actividades sensibles a problemas del clima, el resto de los sectores económicos tuvo un buen desempeño en la mayor parte de la década de los noventa. Hay dos años, 1992 y 1998, en donde la economía registró una caída y fueron precisamente efectos del Fenómeno del Niño y el proceso de ajuste económico que todavía se registraba en el

país en 1992, mientras que en 1998 la crisis asiática coincidió con severos problemas climáticos.

Una mirada a la evolución de los sectores en la década muestra que la minería fue uno de los sectores que registró una permanente expansión y que durante cuatro años

reportó tasas anuales superiores a 10 %. Este resultado es muy representativo del impulso que desarrolló la minería en esa época, porque el aumento de la producción se plasmó por mejoras en la productividad de las operaciones mineras

en operación y en la puesta en marcha de algunos nuevos proyectos fundamentalmente auríferos (Yanacocha en 1994 y Pierina en 1998).

Tabla 6.57
Principales indicadores macroeconómicos

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Producto Bruto Interno						
Vañación porcentual anual	-0.4	1.4	4.5	3.0	4.5	5.5
Miles de millones de S/.	167.0	175.9	190.2	203.3	217.9	234.2
Tipo de Cambio (S/. por US\$)						
Promedio anual	2.93	3.38	3.49	3.58	3.65	3.65
Fin de período	3.14	3.49	3.53	3.63	3.65	3.65
Indice de Precios al Consumidor						
Promedio (Variación porcentual anual)	7.3	3.5	3.8	3.5	2.4	1.7
Acumulada del período	6.0	3.7	4.0	3.0	2.0	1.5
Balanza Comercial (Millones de US\$)						
Exportaciones	5757	6113	6976	7612	8727	9661
Importaciones	8222	6729	7298	7500	7991	8604

Fuente: BCRP

Se puede advertir que, hacia el final de la década, la inflación se ubicaba en rangos internacionales, aunque el BCR aún no había fijado el rango meta objetivo (1.0 %-3.0 %) con el que trabajaría la política monetaria en las siguientes décadas. El tipo de cambio no registraba grandes incrementos anuales y también tenía un rango de incremento predecible.

La balanza comercial se mostraba deficitaria, a pesar de que las exportaciones se habían duplicado con relación a 1990; sin embargo, el dinamismo que ya mostraba la minería con nuevos grandes proyectos iba a ser determinante para el volumen y valor del comercio exterior del Perú en las primeras décadas del siglo XXI.

Hay que precisar que las exportaciones mineras habían ascendido a US\$1471 millones en 1990; con y tras el auge productivo minero, las exportaciones alcanzaron los US\$3212 millones en el año 2000, lo que implica un incremento de 118.4 % en una década. El resultado se alcanzó a pesar de que los precios de los minerales no fueron tan favorables con relación a los existentes al inicio de la década.

En efecto, excepto la plata, cuya cotización fluctuó en US\$5 por onza en la década, el resto de los minerales conformantes de la canasta exportadora del Perú tenían cotizaciones en el año 2000 inferiores a los vigentes en 1990.

Política minera 1990-2000

Una política sectorial que promueva la inversión tiene que estar enmarcada dentro de una política de gobierno

orientada en principio a propugnar la estabilidad macroeconómica y eso es lo que ocurrió en el país desde el 8 de agosto de 1990. El propósito de la política minera que se aplicó era realizar un cambio profundo en la manera en cómo se atraía la inversión hacia una actividad que está estrechamente vinculada al Perú desde sus orígenes dado el potencial geológico que ostenta por las características de su territorio.

El desafío no era simple, porque la situación de profunda crisis que vivía este sector estratégico para el desarrollo del país implicaba derogar un conjunto de normas vigentes en el periodo 1970-1990, y que entre otros aspectos le otorgaba un rol importante al Estado, a través del control de empresas en operaciones, la comercialización de minerales y la propiedad del portafolio de proyectos, muchos de ellos descubiertos por las empresas estadounidenses que operaban en el país antes del proceso de nacionalización impulsada por el gobierno militar (1968-1980).

La descapitalización que habían sufrido las empresas en general y las mineras en particular durante las crisis de los años ochenta hacía inevitable atraer inversiones extranjeras

a la minería, algo que no era simple durante el periodo de estabilización macroeconómica 1990-1992, porque el Perú también debía enfrentar la insania de la violencia terrorista que podía movilizarse fácilmente en las zonas alejadas de las ciudades donde se desarrollan las actividades mineras.

Ofrecer un marco legal predecible que facilite la estimación de la rentabilidad de inversiones de mediano y largo plazo como son los proyectos mineros era indispensable. En ese sentido, destacan la promulgación de un conjunto de normas a partir del segundo semestre de 1991, entre ellas:

- Ley de Promoción de la Inversión Extranjera (Decreto Legislativo 662).
- Ley de Privatizaciones (Decreto Legislativo 674).
- Ley de Promociones de Inversiones en la Minería (Decreto Legislativo 708).
- Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería (Decreto Supremo 014-92-EM).
- Incentivos a la Inversión en Recursos Naturales (Decreto Legislativo 818).
- Ley Catastro Minero Nacional (Ley 26615), las modificaciones a la Ley General de Minería (Decreto Legislativo 868), entre otros.

El Decreto Legislativo 662 (29 de agosto de 1991), estableció un "régimen de estabilidad jurídica a las inversiones extranjeras mediante el reconocimiento de ciertas garantías", a fin de promover y garantizar "las inversiones extranjeras efectuadas y por efectuarse en el país, en todos los sectores de la actividad económica y en cualesquiera de las formas empresariales o contractuales permitidas por la legislación nacional" (artículo 1º).

Asimismo, el artículo 10º de esta norma establece que el Estado peruano podrá celebrar convenios para garantizar a los inversionistas la estabilidad del régimen tributario vigente al momento de celebrarse el convenio, asegurando que la utilidad de la empresa de libre disposición sea por lo menos igual a la garantizada.

El Decreto Legislativo 674 (27 de septiembre de 1991) aprobó la Ley de la inversión privada en las empresas del Estado. El artículo 1º de esta norma declaró "de interés nacional la promoción de la inversión privada en el ámbito de las empresas que conforman la Actividad Empresarial del Estado", precisando que debía entenderse "por inversión privada aquella que proviene de personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, públicas o privadas, distintas del Estado Peruano, de los organismos que integran el sector público nacional y de las Empresas del Estado".

Por otro lado, el Decreto Legislativo 757 (13 de noviembre de 1991) que aprobó la Ley Marco para el crecimiento de la inversión privada, estableció que el Estado peruano se compromete a "garantizar la libre iniciativa y las inversiones privadas, efectuadas o por efectuarse, en todos los sectores de la actividad económica y en cualesquiera de las formas empresariales o contractuales permitidas por la Constitución y las Leyes", siendo de aplicación obligatoria para "todos los organismos del Estado, ya sean del Gobierno Central, Gobiernos Regionales, o Locales, a todo nivel" (artículo 1º).

Dicha norma declaró "de necesidad nacional la inversión privada, nacional y extranjera, en actividades productivas realizadas o por realizarse en las zonas de frontera del país. En consecuencia, las personas naturales y jurídicas extranjeras podrán adquirir concesiones y derechos sobre minas, tierras, bosques, aguas, combustibles, fuentes de energía y otros recursos que sean necesarios para el desarrollo de sus actividades productivas dentro de cincuenta kilómetros de las fronteras del país, previa autorización otorgada mediante Resolución Suprema refrendada por el ministro que ejerza la Presidencia del Consejo de Ministros y el Ministro del Sector Correspondiente. Dicha Resolución Suprema podrá establecer las condiciones a las cuales se sujeta a la adquisición o explotación" (artículo 13º).

En su artículo 39º, estableció que los convenios de estabilidad jurídica "se celebran al amparo del artículo 1357º del Código Civil y tienen la calidad de contratos con fuerza de Ley, de manera que no pueden ser modificados o dejados sin efecto unilateralmente por el Estado. Tales contratos tienen carácter civil y no administrativo, y solo podrán modificarse o dejarse sin efecto por acuerdo entre las partes".

También se estableció que el Estado "podrá aprobar la cesión de posición contractual realizada por un inversionista en favor de otro inversionista con respecto al convenio de estabilidad jurídica que hubiera celebrado" (artículo 42º).

En cuanto a la solución de controversias en materia de inversiones, establece que, respecto a sus relaciones con particulares, el Estado en todos sus niveles "podrán someter a arbitraje nacional o internacional, de acuerdo con la legislación nacional o tratados internacionales, de los cuales el Perú es parte, toda controversia referida a sus bienes y obligaciones, siempre que deriven de una relación jurídica patrimonial de derecho privado o de naturaleza contractual" (artículo 48º).

De manera que para proporcionar seguridad jurídica a la inversión extranjera fue relevante que el Perú ratificara el "Convenio sobre Arreglo de Diferencias Relativas a Inversiones entre Estados y Nacionales de Otros Estados" el 9 de agosto

de 1993. Este Convenio, impulsado por el Banco Mundial, creó el Centro Internacional de Arreglo de Diferencias Relativas a Inversiones (CIADI) y entró en vigor el 14 de octubre de 1966, cuando fue ratificado por 20 países.

El historial que exhibía en Perú en materia de expropiaciones y/o nacionalizaciones realizadas por el Estado en las décadas de los sesenta y ochenta era una fuente de preocupación por parte de los inversionistas para efectos de la valoración o de otra controversia. En ese sentido, el acceso al CIADI le posibilitaba

una mayor independencia para atender una controversia con el Estado.

El cambio en las reglas de juego de la minería fue importante para la expansión que comenzó a observarse en la producción e inversiones mineras en el Perú de una manera comparada a la vivida en la década de los cincuenta, un periodo en que hubo una gran demanda de minerales producidos por el Perú y que implicó también un incremento en los precios.

Tabla 6.58
Producción minera e hidrocarburos por principales productos

(Miles de unidades recuperables)										
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Minería Metálica										
Cobre (toneladas)	322.5	323.2	3,217	328.8	355	3,731	383.2	356.2	393.6	4,008
Estaño (toneladas)	3.7	5.6	13.7	19.4	21.7	25.7	28.9	25.7	29.4	36.0
Hierro (toneladas)	2,426.20	1,949.30	3,511.50	4,636.60	3,985.30	2,988.90	3,171.30	3,282.10	2,715.50	2,688.5
Oro (kilos)	22.6	24.2	30.3	47.6	55	64.5	76.4	92.3	125.9	129.9
Plata (kilos)	1,716.20	1,497.00	1,531	1,600.60	1,792.40	1,893	2,002.40	1,939.40	2,137.50	2,335.2
Plomo (toneladas)	187.5	184.2	2,103	208.5	217.8	224	247.2	242.7	256.0	2,548
Zinc (toneladas)	535.5	525.5	5,648	572.6	577.1	634	719.3	720.2	745.7	7,547
Hidrocarburos										
Gas natural (pies cúbicos) 2/	11,771.7	10,617.4	9,135.1	9,537.0	9,425.1	876.8	8,530.9	14,431.9	14,644.5	12,180.9
Petróleo crudo (barriles)	41,898.2	42,296.0	46,091.0	46,467.8	44,445.0	43,909.2	43,157.1	42,191.4	38,663.4	36,313.5

1/ Preliminar.

2/ En miles.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Si bien la riqueza geológica del Perú ofrece al mundo una diversidad de minerales, en la década de los noventa siete constituían casi la totalidad de la canasta exportadora. El cobre siempre fue el principal mineral de exportación y el oro comenzó a progresivamente consolidándose como el segundo mineral en importancia. La puesta en operaciones de los yacimientos Yanacocha y Pierina, a los que sumaron otras medianas auríferas convirtió al Perú en el primer productor aurífero de América Latina.

En la década de los noventa la producción de oro del Perú aumentó 5.6 veces. Asimismo, el Perú se convirtió en uno de los principales productores de estaño del mundo, debido a que la mina San Rafael, la única dedicada a la explotación de estaño en el Perú que es controlada por Minsur, reportó un aumento récord de 6.7 veces en su producción.

Los otros cuatro productos de la canasta exportadora tuvieron incrementos inferiores a 100 % en la década. El aumento de 71 % en la producción de cobre fue destacado, lo mismo que el 52 % del zinc, debido a que no hubo grandes nuevas operaciones, como sí ocurrió con el oro.

El nuevo operador del yacimiento Marcona, la empresa china Shougang, solo logró incrementar en 29 % su producción de hierro, un porcentaje similar también registró el plomo. La plata que tuvo un gran crecimiento productivo en la década de los ochenta fue perdiendo dinamismo en los noventa, al registrar un incremento de 26 % de su producción en dicha década.

Por otro lado, la evolución anual de la producción de los principales minerales tuvo altibajos en la década, aunque 1992 fue el año de menor desempeño productivo minero al crecer solo 0.8 %. Los preparativos para la privatización de Hierro Perú y

problemas de liquidez para afrontar pagos de energía eléctrica hicieron que la empresa optara por paralizaciones temporales de su planta.

Asimismo, huelgas sindicales en los primeros meses del año por divergencias en la negociación salarial afectaron a muchas

empresas de la mediana minería, que eran responsables de la explotación de plata, zinc y plomo; sin embargo, los mejores precios en los casos del zinc y el plomo compensaron las caídas de la producción. En cuanto al cobre, el bajo incremento de la producción obedeció a problemas en el suministro eléctrico y a la extracción de recursos de menores leyes.

Tabla 6.59

Producción minera y de hidrocarburos por principales productos (INEI)

	(Var %)									
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
PBI Minería metálica	8.3	0.8	10.9	15.2	6.5	7.3	10.7	3.9	17.0	3.4
Cobre	17.7	0.2	0.5	2.2	8.0	5.1	2.7	70.0	10.5	1.8
Estaño	36.5	52.9	145.1	41.5	11.8	18.4	12.6	11.0	14.3	22.2
Hierro	12.8	19.7	80.1	32.0	1.4	25.0	6.1	3.5	17.3	1.0
Oro	12.0	7.2	25.1	57.2	15.7	17.2	18.5	20.9	36.4	3.2
Plata	0.1	12.8	2.3	4.5	12.0	5.6	5.8	3.1	10.2	9.2
Plomo	3.9	1.8	14.2	0.8	4.4	2.9	10.3	1.8	5.5	0.4
Zinc	6.7	1.9	7.5	1.4	0.8	9.9	13.4	0.1	3.5	1.2
PBI Hidrocarburos	-11.2	1.3	7.4	-0.6	-9.5	-0.4	-0.2	-0.2	-6.9	-6.5
Gas natural	-7.0	-9.8	-1.4	4.4	-1.2	-0.7	-2.7	69.2	1.5	-16.8
Petróleo crudo	-10.9	0.9	0.9	0.8	-4.4	-1.2	-1.7	-2.2	-8.4	-6.1
PBI Minería e hidrocarburos	3.6	0.9	10.2	12.0	4.2	5.1	9.00	3.8	12.9	2.4

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Otro año que sorprendió por un desempeño negativo de la producción de varios minerales fue 1998, que coincidió con menores cotizaciones de los minerales por efecto de la crisis asiática. La reducción de la producción de cobre (-7.0 %) reflejó principalmente el menor ritmo de producción de Southern Perú Copper Corporation, como consecuencia de los trabajos de expansión de la planta concentradora de Cuajone y, en menor medida, la paralización de tres minas de la mediana minería: Condestable, Pativilca y Sayapullo.

La producción de plata y plomo se vio afectada por la paralización de minera Huarón, debido a la inundación de su mina, y a la menor actividad de Centromín. Asimismo, los trabajos de expansión de diversas unidades mineras (Milpo y Buenaventura) afectaron temporalmente la producción de los mencionados minerales.

La recuperación productiva de la minería en 1999 (incremento de 17 %) y el 2000 indican que las reglas de juego establecidas entre 1991 y 1992 estaban dando los resultados esperados y la minería consolidaba su posición estratégica en la economía peruana.

Nuevo marco legal para la minería

A principios de la década de los noventa, en el Perú, había el consenso de que para atraer inversión hacia la minería era necesario introducir cambios en las reglas que regían la actividad minera, ya que la Ley de Minería vigente, Decreto Legislativo 109 promulgado en 1981, no ofrecía los incentivos para la llegada de nuevos inversionistas en un contexto en que países con potencial minero como Chile contaban con una norma que les había posibilitado una afluencia de capitales desde la década de los ochenta.

Una ventaja que ofrecía el Perú era que tenía un territorio con gran potencial geológico para exploración, un proceso de privatización que incluía empresas en operaciones y una numerosa cartera de prospectos, varios de ellos de clase mundial descubiertos en décadas pasadas.

En ese contexto, el gobierno promulgó la Ley de Promociones de Inversiones en la Minería, Decreto Legislativo 708 (14 noviembre de 1991) y el Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, Decreto Supremo 014-92-EM (3 junio

de 1992), que se convirtieron en los pilares legales para la extraordinaria expansión que iba a registrar la actividad minera en las siguientes décadas.

Uno de los actores centrales del impulso al nuevo marco legal minera fue Fernando Sánchez Albavera, un economista no asociado a las ideas económicas liberales dominantes de la época, pero que estaba de acuerdo en la necesidad de un cambio fundamental para contar con una minería competitiva en el mundo globalizado que había tomado fuerza tras los cambios geopolíticos y económicos a nivel mundial.

En su trabajo "Panorama minero de América Latina afines de los años noventa", Sánchez Albavera describe la situación económica del país y los cambios realizados en materia minera: "en el Perú, la Ley de Promoción de la Inversión Privada en la Minería (D.L. 708) dispuso que dicha actividad no podía ser objeto de ningún tipo de discriminación regulatoria en materia cambiaria, arancelaria, financiera o tributaria. Esta norma evita cualquier medida que afecte la libertad de remisión de utilidades, dividendos, atención de obligaciones financieras, garantizándose la libre disponibilidad de moneda extranjera. Además, el concepto abarca cualquier otra forma de regulación existente, lo que permite por ejemplo evitar discriminación en materia de tarificación por uso de infraestructura".

La legislación minera peruana instauró los Contratos de Estabilidad Tributaria. Así para quienes suscribían estos contratos no eran de aplicación los nuevos tributos que se crearían ni los cambios en los regímenes de pagos de impuestos ni las normas que exijan comprar obligaciones del Estado. En ese sentido, si hubiera cambios se podía optar por el régimen tributario común, por una sola vez, manteniéndose la estabilidad.

De acuerdo con Sánchez Albavera, el Contrato de Estabilidad del Perú superaba, en cuanto a su contenido, el concepto de estabilidad tributaria, ya que el Estado se comprometía a no modificar unilateralmente el contrato con lo que restringía voluntariamente su capacidad de afectarlo en el futuro.

Se establecía la libre disponibilidad de divisas y la no discriminación en materia cambiaria. Y más aún, si por determinadas circunstancias se aplicaran tipos de cambios diferenciales, el inversionista tendría garantizado el mejor tipo de cambio para las operaciones de comercio exterior.

En las dos décadas anteriores, el Estado había tenido injerencia en el comercio de minerales, la nueva norma aseguraba que bajo ninguna causa se afectará el derecho al libre comercio de productos mineros. Asimismo, se garantiza la estabilidad de los regímenes especiales vigentes al momento de realizarse la inversión, tales como los mecanismos de devolución de impuestos, admisión temporal u otros similares.

En cuanto a la duración de los contratos de estabilidad tributaria se establecieron dos:

- **Periodo de 10 años:** se aplica para las operaciones mayores de 350 Tm/día y hasta 5000 Tm/día; para las empresas que aumenten en 100 % su producción dentro del rango mencionado y para los inversionistas que presenten programas de inversión equivalentes a dos millones de dólares.
- **Periodo de 15 años:** se aplica para las operaciones con capacidad inicial no menor de 5000 Tm/día y para las empresas que presenten programas de inversión no menores a 20 millones de dólares para el inicio de cualquier actividad minera. Las empresas en operación se podían acoger a este tipo de contrato si presentan programas de inversión por 50 millones de dólares.

La Ley de Promoción de la Inversión privada en la Minería instauró el principio respecto a que la tributación grava únicamente la renta que distribuyan los titulares de la actividad minera, consagrando la deducción sobre los Impuestos a la Renta y al Patrimonio Empresarial de todos los tributos que incidían en la producción. Según Sánchez Albavera, por primera vez tenía en vigencia en la minería peruana un mecanismo de *drawback* o de devolución de impuestos internos.

Otro aspecto relevante para fines tributarios fue que permitía a las empresas mineras la deducción el valor de adquisición de la concesión, de los gastos de exploración, desarrollo y preparación de la explotación. Por otro lado, las inversiones en infraestructura de servicio público serían deducibles de la renta imponible, y junto con los activos vinculados a vivienda y bienestar del personal no constituyen base imponible.

La norma precisaba que la definición de canon minero corresponde a una proporción de los impuestos pagados por la minería y no una carga adicional. Y además establece que no se aplicarán nuevos tributos por participación local o regional en la renta minera. Sin embargo, el crecimiento extraordinario de la minería abrió un debate para la aprobación de las regalías mineras.

También, se dio un avance muy importante en términos de agilizar los trámites al dar fuerza legal a los principios de presunción de veracidad y silencio administrativo positivo. Dos décadas después, el problema del excesivo número de trámites iba a ser uno de los principales reclamos del sector. Al respecto un estudio elaborado para la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía indicaba que el número de entidades involucradas en autorizaciones de la minería aumentó de 7 a 27, en los años noventa, en la segunda década del siglo XXI.

Los incentivos otorgados por el Perú a la inversión minera tenían como propósito mejorar la competitividad del Perú para atraer inversiones e impulsar el desarrollo de la minería. Los primeros resultados positivos se dieron en la década de los noventa con un aumento de la producción y de las exportaciones que, en 1999, representó casi el 50 % del total de las ventas externas del país.

Sin embargo, la expansión de la actividad minera no se reducía solo al ámbito minero, sino que generaba una demanda de bienes y servicios para una diversidad de ramas industriales y de servicios. La necesidad de un conocimiento especializado para atender la demanda minera incentivó la capacitación de

personal en una diversidad de especialidades de empresas consultoras de ingeniería.

De otro lado, el Decreto Legislativo 708 introdujo regulaciones sobre el medioambiente, un tema que no había tenido mucha relevancia en el pasado y que era materia de atención en los países mineros del mundo desarrollado. Así se introdujo tres instrumentos orientados al control de los impactos ambientales: Estudios de Impacto Ambiental dirigido para las nuevas operaciones; Programas de Adecuación y Manejo Ambiental para las unidades en operación; y las Auditorías Internas.

Tabla 6.60

Exportaciones de productos tradicionales

(Millones de US dólares)										
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Mineros	1 534.8	1 819.9	1 472.5	1 970.8	2 615.7	2 654.4	2 730.5	2 746.7	3 008.0	3 212.3
Cobre 2/	742.1	755.9	650.0	823.6	1 198.3	1 052.2	1 096.3	778.8	776.3	930.5
Volumen (miles tm)	329.5	349.3	357.3	387.0	417.5	475.4	501.2	486.4	521.1	529.1
Precio (¢US\$/lb.)	102.2	98.2	82.5	96.5	130.2	100.4	99.2	72.6	67.6	79.8
Estaño	22.2	46.6	46.2	81.6	87.7	108.6	133.2	118.6	132.9	166.3
Volumen (miles tm)	6.1	10.1	12.2	20.0	18.9	20.4	28.3	24.9	28.0	35.3
Precio (¢US\$/lb.)	164.3	209.4	171.8	185.3	210.8	241.2	213.8	216.0	215.4	213.8
Hierro	45.7	54.1	83.7	105.0	100.1	83.9	76.5	96.4	66.7	66.6
Volumen (miles tm)	2.7	3.1	4.8	6.4	6.1	4.1	3.8	4.6	3.8	3.6
Precio (US\$/tm)	17.2	17.6	17.4	16.3	16.5	20.5	20.1	21.0	17.4	18.5
Oro	144.7	399.3	207.7	337.8	462.9	579.3	500.1	928.5	1 192.5	1 144.7
Volumen (miles oz.tr.)	411.2	1 173.3	586.6	885.7	1 196.6	1 478.2	1 487.6	3 150.1	4 228.1	4 082.7
Precio (US\$/oz.tr.)	351.9	340.3	354.1	381.4	386.8	391.9	336.2	294.7	282.0	280.4
Plata refinada	67.8	68.1	71.8	97.9	109.7	119.5	104.8	130.6	169.3	179.5
Volumen (millones oz.tr.)	16.7	17.5	17.4	18.8	21.4	22.9	22.1	25.5	32.4	36.0
Precio (US\$/oz.tr.)	4.1	3.9	4.1	5.2	5.1	5.2	4.7	5.1	5.2	5.0
Plomo 2/	174.8	153.4	128.8	195.1	258.3	274.3	237.0	208.7	177.1	190.4
Volumen (miles tm)	198.2	170.2	196.2	180.0	196.9	200.7	211.6	217.5	222.1	248.6
Precio (¢US\$/lb.)	40.0	40.9	29.8	49.2	59.5	62.0	50.8	43.5	36.2	34.7
Zinc	310.3	322.4	266.0	303.6	325.5	400.8	539.3	445.2	462.4	495.8
Volumen (miles tm)	440.9	442.0	533.6	539.5	507.3	599.1	652.0	656.7	669.2	792.0
Precio (¢US\$/lb.)	31.9	33.1	22.6	25.5	29.1	30.3	37.5	30.7	31.3	28.4
Resto de mineros 3/	27.3	20.1	18.4	26.1	73.3	35.7	43.4	39.9	30.8	38.6
Pesqueros	4,527	4,345	5,805	7,798	7,869	9,088	1125.9	4,099	6,009	9,541
Harina de pescado	440.9	427.2	545.0	713.3	712.1	834.9	1 030.9	392.0	532.8	873.5
Volumen (miles tm)	1 123.0	993.1	1 568.2	2 221.2	1 815.7	1 609.8	1 926.3	666.2	1 482.0	2 352.1
Precio (US\$/tm)	392.6	430.2	347.5	321.2	392.2	518.6	535.2	588.4	359.5	371.4
Aceite de pescado	11.8	7.3	35.5	66.5	74.8	73.9	95.0	18.0	68.1	80.6
Volumen (miles tm)	54.5	25.9	119.8	279.5	259.3	221.0	242.5	34.6	258.7	456.4
Precio (US\$/tm)	217.1	283.8	296.2	237.8	288.7	334.3	391.9	518.8	263.1	176.7

(Millones de US dólares)										
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Agrícolas	2,021	1,115	831	2,469	3,459	2,971	4,717	3,227	2,821	2,489
Algodón	55.0	18.5	5.1	4.9	25.0	30.2	32.1	4.0	1.6	5.0
Volumen (miles tm)	22.9	7.5	2.2	2.2	8.1	11.6	13.6	1.6	0.9	2.7
Precio (US\$/tm)	2 401.2	2 453.3	2 300.5	2 201.5	3 101.3	2 613.8	2 357.5	2 459.9	1 823.3	1 832.2
Azúcar	31.4	18.2	10.5	30.9	30.3	37.2	34.4	26.8	9.4	16.0
Volumen (miles tm)	73.2	42.6	41.6	69.6	64.6	82.5	79.4	60.1	21.2	41.7
Precio (US\$/tm)	428.2	428.1	251.7	444.2	468.5	450.7	433.3	4,461.0	442.5	384.3
Café	113.6	71.7	60.0	207.0	286.0	223.1	396.9	286.9	267.9	223.3
Volumen (miles tm)	72.2	62.7	48.7	68.3	105.1	100.3	98.0	115.9	145.9	140.4
Precio (US\$/tm)	1 574.0	1 143.4	1 232.0	3 031.4	2 720.9	2 224.4	4 048.8	2 474.9	1 835.7	1 590.2
Resto de agrícolas 1/	2.2	3.2	7.5	4.1	4.6	6.6	8.3	5.0	3.2	4.6
Petróleo crudo y derivados	169.3	196.2	181.5	164.9	241.2	353.0	376.4	232.5	250.8	401.5
Volumen (millones bs.)	16.2	17.6	16.0	14.0	17.4	20.6	24.9	25.9	17.5	15.9
Precio (US\$/b)	10.5	11.2	11.3	11.8	13.8	17.1	15.1	9.0	14.3	25.3
Total	2 359.0	2 562.2	2 317.7	3 162.5	3 989.7	4 213.3	4 704.5	3 711.9	4 141.8	4 816.9

Fuente: World Metal Statistics (Abril 2002 y anteriores)

- Minerals YearBook - Metals and Minerals

- Comisión Chilena del Cobre.

En su momento, este tipo de instrumentos no generó gran preocupación, debido a que a falta de inversión no había en el horizonte de corto plazo nuevos proyectos; sin embargo, el abordaje del manejo ambiental fue crucial en las dos décadas siguientes, en tanto se incorporaron otro tipo de preocupaciones de la población y de otros actores ajenos a la minería, aunque interesados en el medioambiente. Por otro lado, Dammert y Molinelli destacan entre los aspectos más importantes la liberación de la comercialización interna y externa de los minerales permitiendo a cualquier persona, y no solo

al Estado, su realización. Asimismo, se adopta el régimen de cuadrículas mediante el uso de la Carta Nacional y el Sistema de Coordenadas U.T.M. (Universal Transversal Mercator), evitando así los problemas de superposiciones de derechos mineros y brindando mayor seguridad jurídica. Se dispuso la inclusión de los minerales del suelo, subsuelo y dominio marítimo en las concesiones.

En general, se crearon las condiciones para promover la incursión del sector privado en la minería, tal como se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Cuadro 6.7

Tipificación de las concesiones

Tipificación de las concesiones (TUO de la Ley General de Minería)	
Tipo de concesión	Consideraciones legales
Exploración- Explotación	Incluye las actividades de exploración y explotación como una actividad conjunta, no separada, y se redujo la sub - clasificación de las mismas a metálicas y no metálicas.
Beneficio	Incluye las actividades de preparación mecánica, metalurgia y refinación.
Labor General	Consiste en la prestación de servicios auxiliares como ventilación, desagüe, izaje o extracción a dos o más concesiones.
Transporte minero	Incluye el transporte masivo continuo de productos minerales empleando fajas transportadoras, tuberías, cables carriles u otros sistemas de transporte.

Fuente: OSINERGMIN

Cuadro 6.8

Disposiciones del TUO de la Ley General de Minería

Otras disposiciones del TUO de la Ley general de Minería 1992
<ul style="list-style-type: none"> • El incumplimiento en el pago del derecho de vigencia por 2 años consecutivos ocasiona la caducidad de la concesión. • El amparo por el trabajo obliga a la inversión mínima, mediatizado con un plazo de gracia de 5 años para la exploración-explotación. • Se declara la libre comercialización del oro, otorgándose fuerza de ley al Decreto Supremo 005-91-EMNMM 18. • El denuncia minero se denomina petitorio minero. • La Jefatura Regional de Minería no constituye más un órgano administrativo minero, eliminándose un ente de tradición histórica. • La Oficina de Concesiones Mineras, donde se presentan los petitorios mineros, pasó al Registro Público de Minería, para luego formar parte del INACC, éste último hoy fusionado con el INGEMMET. • Se incluye al Joint Venture como una modalidad contractual asociativa para ejecutar un negocio común en materia minera.

Fuente: OSINERGMIN

Pacificación del país y la minería

Una mirada retrospectiva del poco avance minero que tuvo el Perú en los años ochenta indica que una de las principales causas fue la violencia terrorista que afectó el país, y que no solo destruyó activos claves para las operaciones, como las torres de transmisión de energía eléctrica, sino que afectó el transporte de minerales y además la seguridad de los trabajadores.

Esa situación obligó a que las empresas mineras a destinarán más recursos a asuntos de seguridad, lo que elevaba los costos de producción y ello implicaba una pérdida de competitividad. La actuación del terrorismo también obligaba a incorporar una variable de incertidumbre en el diseño de los proyectos (nuevos y/o de ampliación) y restringía los grados de libertad que debe tener la actividad de exploración.

La preocupante situación de la violencia terrorista fue disminuyendo a partir de 1993, cuando la estrategia antisubversiva del gobierno de turno comenzó a mostrar resultados concretos, entre ellos la captura de los líderes del denominado Partido Comunista del Perú-Sendero Luminoso (PC del P-SL) y las rápidas sanciones penales dictadas contra ellos.

Lamentablemente, la violencia del PCP del P-SL no era la única que afectó al Perú desde la década de los ochenta, aunque evidentemente sí fue la más dañina. Otro grupo subversivo fue el denominado Movimiento Revolucionario Túpac Amaru (MRTA), cuya actuación extorsionadora cobró connotadas víctimas de la actividad minera, tales como: David Ballón, en septiembre de 1992. Y no menos trágico fue el asesinato de Luis Hochschild, connotado empresario minero, en mayo de 1998.

En general, la estrategia subversiva aplicada en la década de los noventa fue exitosa, ya que los grupos terroristas fueron diezmados y sus líderes recibieron las sanciones de ley. Esa situación contribuyó a generar seguridad para las tareas de exploración y explotación minera, y en general a las inversiones orientadas a aprovechar el potencial minero con el que cuenta el Perú.

6.12.2 Afluencia de inversiones extranjeras**La minería fue una de las principales receptoras de inversión**

La puesta en marcha de una política de estabilización de la economía juntamente con las reformas económicas y la estabilidad política fueron elementos que hicieron del Perú un país atractivo para las inversiones mineras. Si bien se trataba de reformas de corte liberal que otros países de la región también ejecutaban, la diferencia que ofrecía el Perú era el potencial geológico poco explorado.

Sin embargo, vale contrastar la afluencia de inversiones en la década de los noventa con relación a la década anterior, y hacia qué sectores se dirigió la mayor Inversión Extranjera Directa (IED), considerando solo los aportes de capital. La IED acumulada en 1990 ascendió a US\$1298.6 millones, incrementándose en solo US\$538.7 millones durante la década, equivalente a US\$53.9 millones anuales; un monto poco relevante para efectos de impulsar la cartera de grandes proyectos mineros que ya tenía en Perú en esa época.

Tabla 6.61
Inversión extranjera directa entre 1981 y 1990

(en millones de US\$)										
Sector	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Minería	395.1	396.5	400.6	406.7	411.7	412.8	411.4	415.2	427.9	428.6
Comunicaciones	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Finanzas	49.5	84.1	107.9	109.5	109.4	101.9	91.4	82.1	82.2	102.1
Energía	1.4	1.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Industria	299.8	321.0	352.2	371.2	368.9	382.8	398.2	402.5	405.8	422.5
Comercio	111.1	131.2	153.0	164.1	175.9	180.2	192.7	207.0	210.8	216.1
Servicios	1.9	3.9	6.0	6.4	7.9	12.1	12.6	13.9	15.2	15.9
Petróleo	24.0	24.0	24.0	24.2	30.1	46.4	79.7	80.5	80.5	80.7
Transporte	3.2	3.3	3.5	3.6	3.9	4.4	4.5	4.6	4.6	5.3
Construcción	0.6	0.9	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.9	2.0	2.1
Pesca	2.8	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.2	3.3	3.3
Turismo	9.6	9.9	10.6	10.6	10.6	10.6	10.3	10.3	10.3	10.3
Agricultura	3.0	3.0	3.0	3.0	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.2
Vivienda	10.7	11.6	4.7	4.7	4.2	4.0	4.1	5.7	5.8	5.8
Silvicultura	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2
Total general	912.7	993.9	1,070.2	1,108.9	1,130.5	1,163.1	1,212.8	1,230.6	1,253.2	1,298.6

1/ Considera aportes provenientes del exterior destinados al capital social de empresas nacionales.

Fuente: Proinversión.

En la década de los ochenta, la minería fue el principal sector receptor de IED acumulando un total de US\$428.6 millones en 1990 y fundamentalmente representado por los recursos registrados por Southern Peru Copper Corporation, la única gran minera que no fue estatizada por el gobierno militar. Al comparar los montos acumulados entre 1980 y 1990 arroja un incremento de solo US\$49.2 millones de IED en ese periodo.

También, se puede observar que, a pesar de la protección a la competencia extranjera, las inversiones hacia la industria o

el sector financiero fueron modestas con US\$193 millones y US\$68.9 millones, respectivamente durante 10 años.

Hay que recordar que la IED, en este caso, corresponde a los recursos que las empresas inscriben como aportes de capital y es probable que el flujo de inversiones sea mayor cuando se trata de recursos transferidos (préstamos) para financiar gastos corrientes o de capital; sin embargo, un contexto de inestabilidad macroeconómica no era el mejor escenario para el aumento de las inversiones.

Tabla 6.62
Inversión extranjera directa entre 1991 y 2000 como aporte de capital por sector destino

(en millones de US\$)										
Sector	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Minería	437.3	556.5	565.4	875.7	1,047.1	1,145.4	1,230.8	1,374.3	1,663.1	1,698.0
Comunicación	0.0	0.0	0.1	2,003.1	2,005.1	2,006.7	2,024.8	2,098.7	2,354.1	4,587.6
Finanzas	106.3	129.2	185.9	229.6	496.3	684.3	789.5	920.9	1,506.0	1,764.1
Energía	0.6	3.2	3.4	364.8	364.8	739.0	1,267.8	1,374.2	1,540.6	1,537.1
Industria	432.7	442.5	492.4	544.7	685.4	1,014.7	1,220.0	1,350.9	1,484.1	1,556.8

Continuación...

(en millones de US\$)										
Sector	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Comercio	224.5	228.9	243.6	272.6	281.4	400.0	470.0	576.1	587.2	625.2
Servicios	17.0	17.3	17.7	19.5	22.7	35.4	51.3	75.8	110.5	133.7
Petróleo	80.8	80.8	80.9	81.0	82.8	116.4	119.8	119.9	119.9	119.9
Transporte	5.5	5.0	8.4	8.9	10.3	10.6	16.9	81.6	16.8	27.8
Construcción	2.1	2.4	3.7	4.5	14.4	30.6	32.5	44.5	55.9	60.2
Pesca	3.2	3.2	4.2	4.7	4.7	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Turismo	10.3	12.4	12.4	18.6	25.6	35.6	36.2	41.8	58.4	58.4
Agricultura	4.2	4.8	4.8	4.8	7.7	7.2	7.7	26.2	42.1	44.4
Vivienda	5.8	5.8	6.8	7.0	7.2	7.3	10.5	10.9	13.2	13.4
Silvicultura	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Total general	1,331.5	1,493.3	1,631.2	4,440.8	5,056.8	6,239.9	7,284.6	8,102.3	9,558.7	12,233.4

1/ Considera aportes provenientes del exterior destinados al capital social de empresas nacionales.

Fuente: Proinversión.

Una situación diferente se observó en la década de los noventa en materia de IED que de acuerdo con las estadísticas de la Agencia de Promoción de la Inversión-Proinversión registró un incremento de US\$10 935 millones. Por su parte, el BCR estima que la inversión directa sin privatización ascendió a US\$10 408 millones en esa década.

La minería ocupó el cuarto lugar en la recepción de IED con US\$1269 millones en la década de los noventa, siendo superada por comunicaciones (US\$4588 millones), finanzas (US\$1662 millones) y energía (US\$1537 millones). Sin embargo, a diferencia de estos tres sectores, la minería contaba con un amplio portafolio de proyectos que podían interesar a la inversión extranjera y hacer del sector minero el principal receptor de IED en el futuro.

Otra característica de la IED minera en la década de los noventa es que se ampliaba la procedencia por países y no se concentraba en EE. UU., en razón de que empresas de países

con potencial minero (Canadá, Australia, Sudáfrica, entre otros) tuvieron éxito en su participación en el proceso de privatización.

El proceso de privatización

La transferencia de las empresas que controlaba el Estado al sector privado fue una tarea compleja debido a los diversos factores involucrados. La valorización de los activos de la empresa implicaba también tomar en cuenta la situación de las deudas acumuladas y cómo iba a sanearse. Y si bien la intención era que el Estado asuma las deudas, estas debían especificarse y determinar si correspondía asumir cualquier documento que se acreditaba como deuda.

A diferencia de las empresas estatales de países vecinos, como Colombia, en el Perú no se tenía un manejo administrativo que posibilitara obtener ganancias, sino por el contrario. A finales de la década de los ochenta, las cuantiosas pérdidas generadas en el contexto de la crisis económica y la hiperinflación habían creado una opinión favorable a transferir el control al sector privado.

Tabla 6.63

Utilidades de las principales empresas estatales

(En millones de US\$)											
	1986	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Energía	-197	-766	-1223	-213	121	111	-89	94	130	207	97
PETROPERU	-155	-515	-827	-230	6	84	-238	65	37	62	19
Electroperú	-33	-176	-301	11	97	25	148	29	93	145	78
Electroliza	-9	-74	-95	6	18	3	-	-	-	-	-

Continuación...

(En millones de US\$)											
	1986	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Minería	-87	-129	-1353	-636	-261	-29	41	50	10	9	4
Centromín	-69	21	-553	-333	-157	-45	40	68	10	9	4
Hierro Perú	-10	-36	-85	-85	-77		-	-	-	-	-
Minero Perú	-7	-114	-715	-218	-27	16	1	-17			
Transp. y comunic.	-27	-120	-250	-44	-10	-20	-26	-24	-54	-35	-34
ENTEL	0	-39	-10	2	7	6	-	-	-	-	-
Aero Perú	2	-59	-92	-	-	-	-	-	-	-	-
Enafer	-17	0	-71	-47	-49	-43	-26	-25	-59	-34	-44
Enapu	-12	-23	-77	1	32	16	1	1	5	1	10
Industria	-22	-47	-116	-96	-73	-123	-213	-20	-	-	-
Sider Perú	-24	-43	-113	-52	-35	-89	-180	8	-	-	-
Paramonga	2	-4	-6	-45	-38	-35	-33	-27	-	-	-
Otros sectores	23	-75	-102	-41	-14	27	33	39	40	58	49
Sedapal	-5	-59	-103	-23	-15	20	28	32	32	40	24
Resto	28	-16	1	-18	1	7	5	7	8	18	15
Total	-309	-1136	-3047	-1032	-237	-35	-255	139	126	240	116

1/ Considera aportes provenientes del exterior destinados al capital social de empresas nacionales.

Fuente: Proinversión.

Las pérdidas de las principales empresas estatales ascendieron a US\$1136 millones en 1989 y alcanzaron el récord de US\$3047 millones en 1990. En este último año, las pérdidas de las tres empresas mineras (Centromín, Hierro Perú y Minero Perú) incluidas en el análisis representaron el 44.4 % del total de pérdidas generadas, una situación que continuó en 1991.

Sorprende las dimensiones de las pérdidas obtenidas por las tres empresas mineras mencionadas, en 1991, al representar el 62 % del total de pérdidas en ese año. Al carecer de un manejo financiero autónomo, muchas veces las empresas se vieron obligadas a adquirir maquinaria de los países (varios de la esfera europea socialista) que otorgaban financiamiento. A pesar de los cuantiosos resultados financieros negativos, el gobierno tardó en elaborar un plan para privatizar las empresas públicas y el marco legal para su ejecución.

De acuerdo con Pasco-Font y Saavedra, el programa de privatización se inició en febrero de 1991 con la promulgación del D.S. 041-91-EF, aun cuando su ámbito se restringía a solo 23 empresas. En ese contexto de ensayo-prueba, en 1991, el gobierno transfirió al sector privado las participaciones accionarias que mantenía en Sogewiese Leasing y Cia. de Minas Buenaventura, a cambio de US\$2 millones, cuando había la posibilidad de obtener mayores ingresos.

La situación se encaminó a través de la promulgación del Decreto Legislativo 674, que regulaba la Promoción de Inversión Privada

en las Empresas del Estado. Dicha norma creó la Comisión de la Promoción a la Inversión Privada (COPRI), y se establecieron las modalidades de promoción a la inversión privada:

- Transferencia al sector privado del total o de una parte de las acciones o de los activos.
- Aumento de capital mediante aportes efectuados por personas naturales o personas jurídicas de derecho privado constituidas en el país o personas jurídicas o entidades de derecho público o privado constituidas en el extranjero.
- Celebración de contratos de asociación en participación, prestación de servicios, arrendamiento, gerencia, concesión y otros similares con personas jurídicas o entidades de derecho público o privado constituidas en el extranjero.
- Disposición o venta de los activos con motivo de su disolución y liquidación.

La intensidad del proceso de privatización se inició con las transferencias de Hierro Perú, el único yacimiento de hierro explotado en el Perú, en noviembre de 1992, que sorpresivamente ganó la empresa de capitales chinos Shougang Corporation, que se inscribió para participar en la licitación tres meses antes de la subasta. El monto pagado también fue una sorpresa, porque superó varias veces al postor competidor; aunque posteriormente se generaron controversias con respecto al monto del compromiso de inversión.

Cuadro 6.9

Principales activos mineros estatales transferidos al sector privado entre 1992 y 2000				
Fecha	Privatización	Comprador	Pago	Compromiso de inversión
26/05/92	Cía Minera Condestable	Serfin (Perú)	1.3	
07/03/92	Minpeco USA	Inga (Brasil)	41.0	
05/11/92	Hierro Perú SA.	Shougang Corporation (China)	128.3	175.9
19/12/92	Proyecto Que llaveco	Mantos Blancos (Chile)	12	25
10/11/93	Minera Cerro Verde	Cyprus f1nera_Is (EEUU)	354	4453
22/04/94	Refinería de Cobre de Ilo	Southern Peru Cop_perCorp	66.6	20.2
16/10/94	Mina de Cobre Tintaya	Magma Copper (USA)	276.8	85
04/11/94	Refinería de Zinc de Cajamarquilla	Comineo (Canadá/Marubeni, Ja pón)	154.6	20
12/07/96	Proyecto Antamina	Río Algom/ Río Algom (Canadá)	20	2520
26/02/97	Empresa Minera Yauliyacu	Cía Minera Yuracmayo S.A (Perú)	8.5	110.2
10.07.97	Metal Oroya S.A.	Renco/Doe Run (EE.UU)	121.5	120
01/01/95	MahrTunel S.A.	Volean Oa Minera (Perú)	127.8	60
10/07/98	Cobrizo S.A.	Doe Run (EEUU)	75	
28/05/99	Paragsha SA (Cerro de Paseo)	Volean Oa Minera (Perú)	618	70
14/01/00	ProspectoQuicay	Chaneadora Centauro S.A.	0.3	11
Total			1026.5	3639.8

Fuente: Copri-Proinversión

Había expectativa respecto a la segunda subasta importante, ya que se trataba del proyecto Quellaveco, que naturalmente era un prospecto que podía complementar las operaciones que tenía Southern Perú Copper Corporation en esa zona del país. A pesar de las condiciones favorables ofrecidas en las bases de la subasta, la filial de la chilena Mantos Blancos, que era una empresa controlada por la sudafricana Anglo American, se adjudicó el proyecto, que tardará casi tres décadas en ser puesto en operaciones.

Durante la década de los noventa, el Estado realizó unas 25 operaciones transferencias al sector privado que involucró a cerca de 30 activos estatales, entre empresas en marcha, proyectos y prospectos. Recibió en dinero en efectivo y papeles de la deuda externa más de US\$1100 millones; mientras que los compromisos de inversión superaron los US\$3600 millones, un monto que superó a lo ofrecido en las privatizaciones de otros sectores económicos.

Tabla 6.64

Monto de las transiciones e inversión proyectada por privatizaciones entre 1991 y 1999 en millones de dólares

Sector	Transacciones 1/	% del Total de Transacciones	Inversión Proyectada	% del Total de Inversiones Proyectadas
Telecomunicaciones	3,400.4	38.1 %	1,565.2	21.7%
Electricidad	2,008.0	22.50%	633.1	8.8%
Minería	1,169.0	13.1%	4,611.6	64.0%
Hidrocarburos	914.5	10.3%	188.8	2.6%
Industria	603.7	6.8%	50.5	0.7%
Financiero	421.6	4.7%	30.0	0.4%

Continuación...

Sector	Transacciones 1/	% del Total de Transacciones	Inversión Proyectada	% del Total de Inversiones Proyectadas
Pesquería	165.5	1.90%	0.1	0.0%
Transporte	100.4	1.1%	53.3	0.7%
Turismo	47.8	0.5%	23.0	0.3%
Agricultura	46.0	0.5%	47.9	0.7%
Otros	40.2	0.5%	0.3	0.0%
Total	8,917.1	100%	7,203.8	100.0%

Fuente: COPRI

Un análisis de Pasco-Font y Saavedra encuentra que el monto recibido por las privatizaciones de activos en los sectores telecomunicaciones y electricidad superaron a lo recibido en el caso de los activos mineros en el periodo 1991-1999; sin embargo, si se considera la inversión proyectada por tales privatizaciones, se advierte que los compromisos de inversión en minería fueron muy superiores. Ese un aspecto relevante en la medida que la ejecución de dichos compromisos implicó un aporte al crecimiento de la economía peruana durante la década siguiente.

Las privatizaciones del periodo 1992-1996 fueron muy importantes para el posterior desarrollo de la minería peruana y la consolidación como uno de los principales productores de minerales básicos del mundo. La unidad Cerro Verde que fue gestada durante el gobierno militar y posteriormente durante la década de los ochenta fue la que aportó el mayor monto para el Estado (US\$277 millones); mientras que, en compromisos de inversión, sin duda, el yacimiento Antamina ocupó el primer lugar.

Naturalmente, el potencial de ambos proyectos no pasó desapercibido para los gigantes de la minería mundial quienes aprovecharon su soporte financiero para posteriormente adquirir el control de los futuros megaproyectos ubicados en las regiones de Arequipa y Áncash.

El proceso de privatización de los activos mineros estatales no estuvo exento de altibajos. Uno de ellos fue Centromín Perú, la importante minera que tenía una integración vertical al haber sido heredera de la famosa empresa Cerro de Pasco Mining Corporation, que fue estatizada el 1 de enero de 1974. La estrategia inicial de venta conjunta no tuvo acogida dada la complejidad de la empresa y los problemas medioambientales que los inversionistas no parecían dispuestos a asumir.

Ariela Ruiz Caro sostiene que, en mayo de 1994, luego de un proceso de redimensionamiento y reestructuración de la empresa que se inició en febrero de 1992, se declaró desierto el concurso internacional convocado para la transferencia de la

empresa al sector privado por ausencia de postores. En dicha oportunidad, fracasó la modalidad de privatización aprobada para Centromín Perú que consistía en la venta del 100 % de acciones de manera integral, comprendiendo las minas, concentradoras, centrales hidroeléctricas, Complejo Metalúrgico de La Oroya, red ferroviaria, etc., que la conformaban, incluyendo las concesiones del Proyecto Antamina que fueron transferidas a Centromín Perú S.A.

Asimismo, precisa que la frustrada experiencia de privatización llevó al gobierno a la conclusión de que la privatización integral de la empresa no era viable y que la mejor forma de promover la inversión privada era ofertar sus diferentes componentes por separado, fraccionándola en unidades de negocio. Esta estrategia fue aprobada en enero de 1996 y procedió a implementarse.

Privatización fragmentada de Centromín Perú S.A.

- Adecuación
 - Conformación de empresas filiales y subsidiarias
 - Estrategia ambiental
 - Estabilidad tributaria
 - Asignación de préstamo sindicado
 - Desarrollo Urbano
 - Saneamiento legal de propiedades
- Privatización del Proyecto Antamina
- Privatización de Empresa Minera Yauliyacu S. A.
- Privatización de Empresa Minera Mahr Tunel S.A.
- Privatización de Metaloroya S.A.
- Privatización de Yauricocha
- Privatización de Empresa Minera Cobriza S.A.
- Privatización de Empresa Minera Paragsha S.A.
- Privatización de Prospecto Minero Quicay

La única unidad de Centromín Perú que fue incluida en el proceso de privatización y que se ha quedado en el camino es el Complejo Metalúrgico La Oroya, que estuvo bajo el control de Renco/Doe Run.

Impulso a la exploración minera

Según los cálculos realizados por el BCR, durante la década de los noventa, la inversión extranjera directa –sin tomar en cuenta los ingresos de privatización– ascendió a US\$10 408 millones, mientras que la inversión directa por privatización sumó US\$5303 millones. Una parte significativa de los recursos señalados por el Instituto Emisor se debieron a las privatizaciones mineras y/o inversiones realizadas por las empresas mineras privadas en un escenario de atracción para poner en valor los recursos mineros con los que cuenta el Perú.

Una de las tareas centrales en la cadena de valor de la industria minera es la exploración, ya que las empresas requieren permanentemente reponer reservas o si las características geológicas establecen una vida útil determinada, simplemente proceder al cierre. La exploración es una actividad de alto riesgo y en donde el inversionista debe estar dispuesto a destinar

recursos con la posibilidad de no encontrar un prospecto rentable.

Según el Ministerio de Energía y Minas en el Perú, solo 1 de cada 100 proyectos de exploración minera se convierten en una mina. En esa línea, 1 de cada 30 geólogos encontrará una mina durante su vida profesional.

En los años noventa se desarrolló un auge exploratorio debido a la apertura del régimen de concesiones, que implicó que los petitorios mineros vigentes pasaran de unos 100 000 a más de 170 000 en el periodo 1991-1997, lo que dio origen a inversiones cercanas a los US\$100 millones anuales.

Entre los proyectos auríferos que avanzaron a operación se puede citar a Pierina, un prospecto aurífero descubierto por Arequipa Resources, en Ancash, tras una inversión de US\$35 millones y que fue vendido a Barrick Gold por US\$790 millones en 1997. Evidentemente, no todos los trabajos de exploración tienen la suerte de encontrar un prospecto como Pierina, pero ese es uno de los incentivos para seguir atrayendo a inversionistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J. (2006) - *Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú (Latitudes 16° - 18°30')*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Geología Económica y Prospección Minera, 32 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2131>
- Acosta, J. (2017) - Síntesis de metalogenia y procesos de mineralización en el Perú. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, 18 p.
- Acosta, J. & Huanacuni, D. (2008) – *Informe sobre la relación del volcanismo Mio-Plioceno con la franja de depósitos epitermales de Au-Ag e la Cordillera Occidental del sur del Perú (Arequipa-Puno)*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, 22 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2182>
- Acosta, J.; Manrique, M.; Gómez, E.; Villarreal, E.; Mendoza, O.; Zegarra, F.; Pari, W.; Valencia, C. & Flores, R. (2013) - *Evaluación geológica - minera del ANAP Jalaoca*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, 193 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2082>
- Acosta J. & Paico D. (2010) - *Depósitos de hierro, cobre y oro alojados en rocas del Cretácico Inferior en la cordillera de la Costa del Sur del Perú. Latitudes 16° - 18°S. Informe preliminar*. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, 19 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1955>
- Acosta, J.; Quispe, J.; Santisteban, A. & Acosta, H. (2008) - *Épocas metalogénicas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del Sur del Perú: latitudes 14°S - 18°S*. En: Congreso Peruano de Geología, 14 & Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/424>
- Acosta, J.; Rivera, R.; Valencia, M.; Chirif, H.; Huanacuni, D.; Rodríguez, I.; Villarreal, E.; Paico, D. & Santisteban, A. (2009) – *Mapa metalogénico del Perú 2009: Memoria*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 17 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1957>
- Acosta, J.; Rivera, R.; Valencia, M.; Chirif, H.; Huanacuni, D.; Rodríguez, I.; Villarreal, E.; Paico, D. & Santisteban, A. (2015) - *Mapa metalogénico del Perú 2015: Memoria*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 17 p.
- Acosta, J.; Rivera, R.; Valencia, M.; Chirif, H.; Huanacuni, D.; Rodríguez, I.; Villarreal, E.; Paico, D. & Santisteban, A. (2020) – *Mapa metalogénico del Perú 2020: Memoria*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 13 p.
- Acosta, J.; Rodríguez, I.; Flores, A.; Villarreal, E. & Huanacuni, D. (2011) - *Memoria sobre la geología económica de la región Huancavelica*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 48 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3528>
- Acosta, J.; Rodríguez, I.; Valencia, M. & Flores, A. (2011) - *Memoria sobre la geología económica de la región Puno*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 49 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3525>
- Acosta, J. & Sempere, T. (2017) - Evolución tectónica y metalogénesis del Perú. *Horizonte Minero*, 119: 48-51.
- Agar, R.A. (1981) - Copper mineralization and magmatic hydrothermal brines in the Rio Pisco section of the Peruvian coastal batholith. *Economic Geology*, 76(3): 677-693. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.76.3.677>
- Aguado, S. (2008) - La economía de Estados Unidos: el retorno de los déficits. *Revista de Economía Mundial*, (19): 199-220. <https://bit.ly/3X3LCZ8>
- Agurto, S. (1987) - *Estudios acerca de la construcción, arquitectura y planeamiento incas*. Lima: Cámara Peruana de la Construcción, 295 p.

- Alayza, D.; Chávez, N.; La Torre, W. & Kalinaj, M. (2017) - Proyecto de exploración Taucane: geología de un nuevo depósito polimetálico - Sn en el sur del Perú. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 10. *ProExplo 2017 - exploración mineral cimienta de la industria minera - Resúmenes extendidos*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 99-104.
- Albinson, T.; Norman, D.I.; Cole, D. & Chomiak, B. (2001) - Controls on formation of low-sulfidation epithermal deposits in Mexico: Constraints from fluid inclusion and stable isotope data. En: Albinson, T. & Nelson, C.E. *New Mines and Discoveries in Mexico and Central America*. Society of Economic Geologists, Special Publications, vol.8, p. 1-32. <https://doi.org/10.5382/SP.08.01>
- Álvarez, A. (2000) - Yacimiento Toromocho. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999. *Primer libro de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 205-225.
- André-Mayer, A.; Leroy, J.L.; Bailly, L.; Chauvet, A.; Marcoux, É.; Grancea, L.; Llosa, F. & Rosas, J. (2002) - Boiling and vertical mineralization zoning: a case study from the Apacheta low sulfidation epithermal gold-silver deposit, southern Peru. *Mineralium Deposita*, 37(5): 452-464. <https://doi.org/10.1007/s00126-001-0247-2>
- Ángeles, C. (1999) - Los sedimentos cenozoicos de Cerro de Pasco: Estratigrafía, sedimentación y tectónica. En: Sociedad Geológica del Perú, *Volumen Jubilar N° 5: 75° Aniversario de la Sociedad Geológica del Perú*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 103-118.
- Ángeles, C. (2003) - *Geología de Colquijirca y alrededores, informe interno*. Sociedad Minera El Brocal S.A., 39 p.
- Ángeles, C. (2015) - *Geología del área del cerro Atalaya (provincia Daniel Alcides Carrión, departamento de Pasco)*, reporte interno. Compañía de Minas Buenaventura, 62 p.
- Aponte, E. (2014) - *Modificación e Implementación del Sistema de Ventilación de la Unidad Minera Cobriza Zona Norte (Área Coris)*. Tesis Ingeniero de Minas, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 100 p. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/1269>
- Arcos, F. & Calderón, C. (2017) - Actividad minera artesanal en las regiones de Ayacucho y Huánuco. INGEMMET, *Boletín, Serie E: Minería*, 11, 86 p., 14 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1008>
- Arenas, M. (1999) - Exploración y geología de la mina San Rafael, Puno. *Minería*, 260: 10-31.
- Arfè, G.; Mondillo, N.; Boni, M.; Joachimski, M.M.; Balassone, G.; Mormone, A.; Santoro, L. & Castro, E. (2018) - The Cristal Zn prospect (Amazonas region, Northern Peru). Part II: An example of supergene enrichments in tropical areas. *Ore Geology Reviews*, 95: 1076-1105. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.11.022>
- Aronés, Y. & Guadalupe, E. (2017). - Comportamiento estructural y alteración hidrotermal relacionado con la mineralización aurífera diseminada en el prospecto El Cura. Buldibuyo--La Libertad. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20(40): 128-138.
- Atherton, M.P. & Plant, J.A. (1985) - High heat production granites and the evolution of the Andean and Caledonian continental margins. En: *Halls, E. ed. High heat production (HHP) granites, hydrothermal circulation and ore genesis*. London: Institution of Mining and Metallurgy, p. 459-478.
- Atherton, M.P.; Sanderson, L.M.; Warden, V. & McCourt, W.J. (1985) - The volcanic cover: chemical composition and the origin of the magmas of the Calipuy Group En: Pitcher, W.S.; Atherton, M.P.; Cobbing, E.J. & Beckinsale, R.D., eds. *Magmatism at a plate edge: The Peruvian Andes*. Glasgow: Blackie, p. 273-284
- Ayme, J. (2019) - *Implementación del método de explotación por taladros largos y su incidencia en costos operativos*. Caso TJ 11N zona Pomarani, Unidad Minera Untuca - Cori Puno S.A.C. Tesis Ingeniero de Minas, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 120 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4583>
- Bahlburg, H.; Carlotto, V. & Cárdenas, J. (2006) - Evidence of Early to Middle Ordovician arc volcanism in the Cordillera Oriental and Altiplano of southern Peru, Ollantaytambo Formation and Umachiri beds. *Journal of South American Earth Sciences*, 22(1-2): 52-65. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2006.09.001>
- Banco Central de Reserva del Perú. (s.f.) - *Balanza Comercial (229 Series)*. BCRPData. BCRP, Gerencia Central de Estudios Económicos. (Consulta: noviembre 2022). <https://bit.ly/3oYYZ0u>
- Banco Central de Reserva del Perú (1981) - *Memoria 1980*. Lima: BCRP, 199 p. <https://bit.ly/3Fp963Q>

- Banco Central de Reserva del Perú (1982) – *Memoria 1981*. Lima: BCRP, 137 p. <https://bit.ly/3FoE1gN>
- Banco Central de Reserva del Perú (1983) – *Memoria 1982*. Lima: BCRP, 143 p. <https://bit.ly/3lgrs0e>
- Banco Central de Reserva del Perú (1984) – *Memoria 1983*. Lima: BCRP, 177 p. <https://bit.ly/3ZPP5Ma>
- Banco Central de Reserva del Perú (1985) – *Memoria 1984*. Lima: BCRP, 182 p. <https://bit.ly/3FIF4xN>
- Banco Central de Reserva del Perú (1986) – *Memoria 1985*. Lima: BCRP, 174 p. <https://bit.ly/3yGav29>
- Banco Central de Reserva del Perú (1987) – *Memoria 1986*. Lima: BCRP, 2010 p. <https://bit.ly/42bHiK6>
- Banco Central de Reserva del Perú (1988) – *Memoria 1987*. Lima: BCRP, 202 p.
- Banco Central de Reserva del Perú (1989) – *Memoria 1988*. Lima: BCRP, 202 p. <https://bit.ly/3JHxnVy>
- Banco Central de Reserva del Perú (1990) – *Memoria 1989*. Lima: BCRP, 199 p. <https://bit.ly/42hLtnR>
- Banco Central de Reserva del Perú (1991) – *Memoria 1990*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3mVHdtV>
- Banco Central de Reserva del Perú (1992) – *Memoria 1991*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3yBL6a5>
- Banco Central de Reserva del Perú (1993) – *Memoria 1992*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3ZOpFi1>
- Banco Central de Reserva del Perú (1994) – *Memoria 1993*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3TgAfM6>
- Banco Central de Reserva del Perú (1995) – *Memoria 1994*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3YPTgpX>
- Banco Central de Reserva del Perú (1996) – *Memoria 1995*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3TgborU>
- Banco Central de Reserva del Perú (1997) – *Memoria 1996*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3JGx6BY>
- Banco Central de Reserva del Perú (1998) – *Memoria 1997*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3YJgXjC>
- Banco Central de Reserva del Perú (1999) – *Memoria 1998*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3JIN5nS>
- Banco Central de Reserva del Perú (2000) – *Memoria 1999*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3ZSoPkc>
- Banco Central de Reserva del Perú (2001) – *Memoria 2000*. Lima: BCRP. <https://bit.ly/3yHU5X2>
- Barnes, V.E.; Edwards, G.; McLaughlin, W.A.; Friedman, I. & Joensuu, O. (1970) - Macusanite occurrence, age, and composition, Macusani, Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 81(5): 1539-1546. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1970\)81\[1539:MOAACM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1970)81[1539:MOAACM]2.0.CO;2)
- Barreda, J.; Loayza, D.; Juárez, P. & Torres, R. (2004) - Depósitos epitermales de alta sulfuración en el distrito minero Aruntani, Moquegua. En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004, *Resúmenes extendidos*, Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 605-608.
- Bartos, P.J. (1987) - Quiruvilca, Peru: mineral zoning and timing of wall-rock alteration relative to Cu-Pb-Zn-Ag vein-fill deposition. *Economic Geology*, 82(6): 1431-1452. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.82.6.1431>
- Basadre, J. (1948) – *El conde de Lemos y su tiempo. Bbosquejo de una evocación y una interpretación del Perú a fines del siglo XVII*. Lima: Editorial Huascarán, 371 p.
- Basuki, N.I.; Taylor, B.E. & Spooner, E.T.C. (2008) - Sulfur isotope evidence for thermochemical reduction of dissolved sulfate in Mississippi Valley-Type zinc-lead mineralization, Bongara area, northern Peru. *Economic Geology*, 103(4): 783-799. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.103.4.783>
- Baumgartner, R.; Fontboté, L.; Álvarez, H.; Page, L.; Ovtcharova, M., et al. (2006) - Geochronological, fluid Inclusion and isotopic constraints in the Cerro de Pasco district, Peru. En: Congreso Peruano de Geología, 13, Lima, 2006, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 700-703.
- Baumgartner, R.; Fontboté, L. & Vennemann, T. (2008) - Mineral zoning and geochemistry of epithermal polymetallic Zn-Pb-Ag-Cu-Bi mineralization at Cerro de Pasco, Peru. *Economic Geology*, 103(3): 493-537. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.103.3.493>
- Baumgartner, R.; Fontboté, L.; Spikings, R.A.; Ovtcharova, M.; Schaltegger, U.; Schneider, J.; Page, L. & Gutjahr, M. (2009) - Bracketing the age of magmatic-hydrothermal activity at the Cerro de Pasco epithermal polymetallic deposit, Central Peru: a U-Pb and ⁴⁰Ar/³⁹Ar study. *Economic Geology*, 104(4): 479-504. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.104.4.479>
- Baxter, R.; Meder, K.; Cinits, R. & Berezowski, M. (2005) - The Marcona copper project - Mina Justa prospect geology and mineralization. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 4, Lima, 2005. *Trabajos técnicos*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 16 p.

- Bazán, O. & Lagos, A.C. (2018) - Implicancias tectónicas en el magmatismo y metalogenia de la región de Cajamarca. En: Congreso Peruano de Geología, 19, Lima, 2018. *Resúmenes ampliados*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial, 14, p. 220-223.
- Bejarano, V. (2017) - *Proceso de perforación diamantina y logueo geológico en el proyecto minero la Granja Rio Tinto en Querocoto - Chota - Cajamarca*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 89 p. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3375>
- Bellido, E. & De Montreuil, L. (1972) - Aspectos generales de la metalogenia del Perú. *Servicio de Geología y Minería, Boletín, Serie B: Geología Económica*, 1, 149 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/226>
- Benavides, V. (1956) - Cretaceous system in northern Peru (Doctoral Thesis, Faculty of Pure Science, Columbia University). *Bulletin American Museum of Natural History*, 108(4): 353-494. <http://hdl.handle.net/2246/1023>
- Benavides-Cáceres, V. (1999) - Orogenic evolution of the Peruvian Andes: the andean cycle. En: Skinner, B.J., ed. *Geology and ore deposits of the Central Andes*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication 7, p. 61-107. <https://doi.org/10.5382/SP.07.03>.
- Bendezú, A. (2007) - *Mineralización tipo pórfido de Cu-Mo asociadas a venas cordilleranas de metales base: Toromocho-Morococha, distrito de Morococha, Perú*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 99 p. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/111>
- Bendezú, A.; Catchpole, H.; Kouzmanov, K.; Fontboté, L. & Astorga, C. (2008) - Miocene magmatism and related porphyry and polymetallic mineralization in the Morococha district, Central Peru. En: Congreso Peruano de Geología, 14 & Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Bendezú, R. (1997) - *Características geológicas, mineralógicas y geoquímicas de los yacimientos de Zn-Pb(±Ag) de San Gregorio y Colquijirca emplazados en unidades sedimentarias en los bordes del sistema epitermal de alta sulfuración de Marcapunta*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 95 p.
- Bendezú, R. & Fontboté, L. (2002) - Spatial and temporal relations between "Cordilleran base metal lodes and replacement bodies" and precious metal high sulfidation epithermal mineralization in the Colquijirca district, central Peru. En: Goldfarb, R.J. & Nielsen, R.L. *Integrated methods for discovery: global exploration in the twenty-first century*. Littleton: Society of Economic Geologists, Special Publication, 9, p.63-64.
- Bendezú, R. & Fontboté, L. (2009) - Cordilleran epithermal Cu-Zn-Pb-(Au-Ag) mineralization in the Colquijirca district, central Peru: deposit-scale mineralogical patterns. *Economic Geology*, 104(7): 905-944. <https://doi.org/10.2113/econgeo.104.7.905>
- Bendezú, R.; Fontboté, L. & Cosca, M.A. (2003) - Relative age of cordilleran base metal lode and replacement deposits, and high sulfidation Au-(Ag) epithermal mineralization in the Colquijirca mining district, central Peru. *Mineralium Deposita*, 38(6): 683-694. <https://doi.org/10.1007/s00126-003-0358-z>
- Bendezú, R.; Page, L.; Spikings, R.; Pecskey, Z. & Fontboté, L. (2008) - New ⁴⁰Ar/³⁹Ar alunite ages from the Colquijirca district, Peru: evidence of a long period of magmatic SO₂ degassing during formation of epithermal Au-Ag and cordilleran polymetallic ores. *Mineralium Deposita*, 43(7): 777-789. <https://doi.org/10.1007/s00126-008-0195-1>
- Benitez-Nelson, C.R. (2000) - The biogeochemical cycling of phosphorus in marine systems. *Earth-Science Reviews*, 51(1-4): 109-135. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00018-0](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00018-0)
- Berenguer, J. (2000) - *Tiwanaku: señores del Lago Sagrado*. Santiago, Chile: Museo Chileno de Arte Precolombino, 106 p.
- Bernabé, H.; Anzardo, A. & Villón, G. (2008) - Potencial geológico del depósito de pórfido-skarn de Cu (Ag-Au-Mo) de Antapaccay, Cusco-Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 14, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 8 p.
- Bernaola, R.; Espinoza, S.; Díaz, M.; Figueroa, O.; Farfán, C. & Fontboté, L. (2019) - Estadios de mineralización en La Tapada, yacimiento cordillerano polimetálico Carhuacayán, Perú Central: su aplicación para modelar recursos y definir nuevos targets de exploración. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 9. *ProExplo 2019 - exploración minera: ciencia, innovación e inversión extranjera- Resúmenes extendidos*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 65-69.

- Beuchat, S. (2003) - *Geochronological, structural, isotopes and fluid inclusión constrains of the polymetallic Domo de Yauli district, Peru*. Thèse Docteur, Université de Genève, Section des Sciences de la Terre, Terre and Environnement, 41, 130 p.
- Bidgood, T. (2000) - Geología del yacimiento Cerro Negro. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999. *Primer libro de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 227-230.
- Bigazzi G. & Oddone M. (1990) - Datazione dello standard internazionale apatite del Fish Canyon Tuff. *Rendiconti della Società Geologica Italiana*, 13: 133-134.
- Bird, D. K.; Schiffman, P.; Elders, W.A.; Williams, A.E. & McDowell, S.D. (1984) - Calc-silicate mineralization in active geothermal systems. *Economic Geology*, 79(4): 671-695. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.79.4.671>
- Bissig, T.; Ulrich, T.D.; Tosdal, R.M. & Ebert, S.W. (2004) - The late Eocene to late Miocene magmatic arc of Central Peru: new ⁴⁰Ar - ³⁹Ar age constraints from Yauricocha to Cerro de Pasco. En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004. *Resúmenes extendidos*, Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 613
- Bissig, T.; Ullrich, T.D.; Tosdal, R.M.; Friedman, R.M. & Ebert, S.W. (2008) - The time-space distribution of Eocene to Miocene magmatism in the central Peruvian polymetallic province and its metallogenic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 26(1): 16-35. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2008.03.004>
- Blevin, P.L. (2004) - Redox and compositional parameters for interpreting the granitoid metallogeny of eastern Australia: Implications for gold-rich ore systems. *Resource Geology*, 54(3): 241-252. <https://doi.org/10.1111/j.1751-3928.2004.tb00205.x>
- Boekhout, F.; Spikings, R.A.; Sempere, T.; Chiaradia, M.; Ulianov, A. & Schaltegger, U. (2012) - Mesozoic arc magmatism along the southern Peruvian margin during Gondwana breakup and dispersal. *Lithos*, 146-147: 48-64. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.04.015>
- Bonhomme, M.G.; Fornari, M.; Laubacher, G.; Sébrier, M. & Vivier, G. (1988) - New Cenozoic K-Ar ages on volcanic rocks from the eastern High Andes, Southern Peru. *Journal of South American Earth Sciences*, 1(2): 179-183. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(88\)90035-1](https://doi.org/10.1016/0895-9811(88)90035-1)
- Borredon, R. (1982) - *Etude géologique et métallénique du district minier de Hualgayoc (Perou septentrional) a plomb-zinc-cuivre-argent*. Ph.D. Thesis, University of Paris IV.
- Bradford, J. (2000) - Poracota: un yacimiento epitermal de oro de alta sulfuración en el sur del Perú. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999. *Primer libro de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 49-60.
- Buret, Y.; von Quadt, A.; Heinrich, C.; Selby, D.; Wälle, M. & Peytcheva, I. (2016) - From a long-lived upper-crustal magma chamber to rapid Porphyry copper emplacement: Reading the geochemistry of zircon crystals at Bajo de la Alumbrera (NW Argentina). *Earth and Planetary Science Letters*, 450: 120-131. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.06.017>
- Burrough, B. (2009) - *The big rich: the rise and fall of the greatest Texas oil fortunes*. Penguin Books.
- Bussell, M.A. & Pitcher, W.S. (1985) - The structural controls of batholith emplacement. En: Pitcher, W.S.; Atherton, M.P.; Cobbing, E.J. & Beckinsale, R.D., eds. *Magmatism at a plate edge. The Peruvian Andes*. Glasgow: Blackie, p. 167-176.
- Busso, M. & Messina, J. (2020) - *La crisis de la desigualdad: América Latina y el Caribe en la encrucijada*. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0002629>
- Bustamante, A. (2008) - *Geocronología, petrografía, alteraciones e isótopos de Pb y Sr del complejo porfírico (Cu-Au) Utopara - Aplicaciones a la exploración minera Antabamba-Apurímac-Perú*. Tesis de maestría, Red Desir, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 126 p.
- Butler, S. (2016) - *Prism Resources Inc., Huampar Project Technical Report, Huarochiri, Lima, Peru, July 2016*. Vancouver, BC: Prism Resources Inc., 68 p. (consulta: febrero 2022). <https://bit.ly/3HdymvV>
- Caballero, R. (2012) - *Geología del distrito minero de Colquijirca y control estructural en Marcapunta y Smelter sociedad minera El Brocal SAA Cerro de Pasco*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 102 p. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/10927>

- Caballero, V. (2012) - *La negociación de conflictos sociales 2006-2010. Tres modelos para armar*. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ciencias Sociales, 61 p. Cuaderno de trabajo n.17. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/52659>
- Cabezas, J. (2015) - Explotación de los yacimientos de fosfatos en Bayóvar. *Perfiles de Ingeniería*, 11(11): 85-93. https://doi.org/10.31381/perfiles_ingenieria.v2i11
- Cabrera, A. (2012) - *Control geológico del mineral en producción - Compañía Minera Antamina*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/10928>
- Caldas, J. & Farfán, C. (1997) - Tectonismo, magmatismo y sedimentación en la Cuenca Lancones. En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima, 1997. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 249-253.
- Calderón, J. (2017) - *Estudio Geológico del yacimiento mineral de la veta Esperanza en el batolito de Pataz - Minera Poderosa. Arequipa - Perú*. Informe por Servicios Profesionales, Universidad Nacional San Agustín, 61 p. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3376>
- Calvo, G.; Rodríguez, O.; Serrano, M.; Tornos, F.; Rodríguez, R.; Velasco, F.; Contreras, M.; Ochoa, J.; Urbina, M. & Sapacayo, M. (2013) - El skarn magnésico de Pampa del Pongo: un megayacimiento de hierro en la Cordillera de la Costa del sur del Perú. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (107): 99-103.
- Camino, M. (2015) - *El Gigante, un yacimiento orogénico de carácter mundial, nuevos antecedentes geológicos y resultados de la exploración Marsa - Perú [presentación de diapositivas]*. Perumin 32 Convención Minera, 11, 19 p.
- Campodónico, H., & Ortiz, G. (2002) - *Características de la inversión y del mercado mundial de la minería a principios de la década de 2000*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 66 p. <http://hdl.handle.net/11362/6409>
- Camprubí, A. & Albinson, T. (2006) - Depósitos epitermales en México: actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. *Boletín Sociedad Geológica Mexicana*, 58(1): 27-81. <https://doi.org/10.18268/bsgm2006v58n1a2>
- Camus, F. (2003) - *Geología de los sistemas porfíricos en los Andes de Chile*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 267 p.
- Canales, J. (2017) - *Análisis del ambiente sedimentario del yacimiento de fosfato en la concesión Bayovar 6 y su relación con la cuenca Sechura, Piura*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Piura, 93 p.
- Canchaya, S. & Aranda, A. (2001) - *Geología económica y mapa metalogenético del Perú: relación de minas y prospectos mineros*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 32 p.
- Candiotti, H. (1995) - Geología y análisis de datos cuantitativos del yacimiento de pórfido de cobre Quellaveco. En: Sociedad Geológica del Perú, *Volumen Jubilar Alberto Benavides*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 33-46.
- Candiotti, H. & Guerrero, T. (2002) - Low-sulphidation epithermal gold-silver veins in the Ares deposit, southern Peru. En: Congreso Peruano de Geología, 11, Lima, 2002. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 233.
- Candiotti, H.; Noble, D.C. & McKee, E.H. (1990) - Geologic setting and epithermal silver veins of the Arcata district, southern Peru. *Economic Geology*, 85(7): 1473-1490. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.85.7.1473>
- Carcedo, P. (1999a) - *Cobre del antiguo Perú*. 2a. ed. Lima: Integra AFP, Southern Peru. 596 p. Colección Apu.
- Carcedo, P. (1999b) - Tecnología y belleza en la orfebrería precolombina peruana. *Íconos, Revista Peruana de Conservación, Arte y Arqueología*, 2: 10-23.
- Cardona, A. (2006) - *Reconhecimento da evolução tectônica da proto-margem andina do centro-norte peruano, baseada em dados geoquímicos e isotópicos do embasamento da Cordilheira Oriental na região de Huánuco-La Unión*. Tesis doctoral, Universidad de Sao Paulo, Instituto de Geociencias, Sao Paulo, 198 p.
- Cardona, A.; Chew, D.; Valencia, V.A.; Bayona, G.; Mišković, A. & Ibañez-Mejía, M. (2010) - Grenvillian remnants in the Northern Andes: Rodinian and Phanerozoic paleogeographic perspectives. *Journal of South American Earth Sciences*, 29(1): 92-104. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.07.011>
- Cardozo, L. (1979) - *Yacimiento Tintaya: contribución del estudio microscópico de menas y otros minerales opacos en la fase de exploración*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/13055>
- Cardozo, M. (2002) - *Los andes peruanos: geología y potencial minero [presentación en diapositivas]*. Lima: Ministerio de Energía y Minas, 31 p.

- Carlier, G.; Grandin, G.; Labaucher, G.; Marocco, R. & Mégard, F. (1982) - Present knowledge of the magmatic evolution of the Eastern Cordillera of Peru. *Earth Science Reviews*, 18(3-4): 253-283. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(82\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0012-8252(82)90040-X)
- Carlotto, V.; Cárdenas, J.; Díaz-Martínez, E.; Sempere, T.; Hermoza, W.; Cerpa, L. & Acosta, H. (2000) - La Formación Ene de la región de Cusco y su importancia en la exploración de yacimientos de hidrocarburos. En: Congreso Peruano de Geología, 10, Lima, 2000. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 105.
- Carlotto, V.; Cárdenas, J.; Carlier, G.; Díaz, E.; Cerpa, L.; Valderrama, P. & Robles, T. (2004) - Evolución tectónica y sedimentaria de la Cuenca Mitu (Permo-Triásico) de la región de Abancay-Cusco-Sicuani (sur del Perú). En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004, *Resúmenes extendidos*, Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 412-415.
- Carlotto, V.; Cárdenas, J. & Fidel, L. (2007) - La geología en la conservación de Machupicchu. *INGEMMET, Boletín, Serie I: Patrimonio y Geoturismo*, 1, 305 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/372>
- Carlotto, V.; Cárdenas, J., & Fidel, L. (2009) - La geología, evolución geomorfológica y geodinámica externa de la ciudad inca de Machupicchu, Cusco-Perú. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65(4): 725-747. <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/878>
- Carlotto, V.; Carlier, G.; Jaillard, E.; Sempere, T. & Mascle, G. (1999) - Sedimentary and structural evolution of the Eocene-Oligocene Capas Rojas basin: Evidence for a late Eocene lithospheric delamination event in the southern Peruvian Altiplano. En: International Symposium on Andean Geodynamics, 4, Göttingen, 1999. *Géodynamique Andine: résumés étendus*. París: IRD, p. 141-146.
- Carlotto, V.; Jaillard, E.; Carlier, G.; Cárdenas, J.; Cerpa, L.; Flores, T.; Latorre, O. & Ibarra, I. (2005) - Las cuencas terciarias sinorogénicas en el Altiplano y en la Cordillera Occidental del sur del Perú. En: Arce, J., ed. *Alberto Giesecke Matto*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Volumen Especial 6, p. 103-126.
- Carlotto V.; Quispe, J.; Acosta, H.; Rodríguez, R.; Romero, D.; Cerpa, L.; Mamani, M.; Díaz-Martínez, E.; Navarro, P.; Jaimes, F.; Velarde, K.; Lu, S. & Cueva, E. (2009) - Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (103): 1-89.
- Carstensen, A. & Córdova, A. (2000) - El Proyecto Tambogrande: un nuevo distrito de metales base y metales preciosos, norte del Perú. En: *Perú, Cuarto Simposium Internacional del Oro*, Lima, 2000. Sociedad Nacional de Minería y Petróleo, Comité Aurífero, 2 p.
- Cassard, D.; Chauvet, A.; Bailly, L.; Llosa, F.; Rosas, J.; Marcoux, E. & Lerouge, C. (2000) - Structural control and K/Ar dating of the Au-Ag epithermal veins in the Shila Cordillera, southern Peru. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA-Earth and Planetary Science*, 330(1): 23-30. [https://doi.org/10.1016/S1251-8050\(00\)00118-X](https://doi.org/10.1016/S1251-8050(00)00118-X)
- Catchpole, H.; Bendezú, A.; Vallance, J.; Kouzmanov, K.; Astorga, C. & Fontboté, L. (2016) - Relaciones espacio-temporales entre pórfidos, skarns estériles y mineralización polimetálica en skarn, cuerpos de reemplazamiento en rocas carbonatadas y vetas en el Distrito de Morococha, Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 18, *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 5 p.
- Catchpole, H.; Kouzmanov, K.; Putlitz, B.; Seo, J.H., & Fontboté, L. (2015) - Zoned base metal mineralization in a porphyry system: Origin and evolution of mineralizing fluids in the Morococha district, Peru. *Economic Geology*, 110(1): 39-71. <https://doi.org/10.2113/econgeo.110.1.39>
- Cavanagh, J. ed. (1990) - *Peru the top 2500: Las 2500 empresas líderes del país*. Lima: Peru Reporting, 325 p.
- Ccama, M. (2017) - *Aplicación del QAQC en el proceso geológico, para validar la estimación de recursos y reservas, de la unidad operativa Chungar*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 157 p. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3074>
- Cerny, P.; Blevin, P.L.; Cuney, M. & London, D. (2005) - Granite-related ore deposits. En: Hedenquist, J.W.; Thompson, J.; Goldfarb, R.J., & Richards, J.P. *Economic Geology: one hundredth anniversary volume 1905-2005*. Society of Economic Geologists, Paper 11, p.337-370.
- Cerpa, L.; Bissig, T.; Kyser, K.; McEwan, C.; Macassi, A., & Rios, H. (2013) - Lithologic controls on mineralization at the Lagunas Norte high-sulfidation epithermal gold deposit, northern Peru. *Mineralium Deposita*, 48(5): 653-673. <https://doi.org/10.1007/s00126-013-0455-6>

- Chauvet, A.; Bailly, L.; André, A.-S.; Monié, P.; Cassard, D.; Llosa, F.; Rosas, V.J. & Tuduri, J. (2006) - Internal vein texture and vein evolution of the epithermal Shila-Paula District, southern Peru. *Mineralium Deposita*, 41: 387-410. <https://doi.org/10.1007/s00126-006-0068-4>
- Cheilletz, A.; Clark, A.; Farrar, E.; Arroyo, G.; Pichavant, M. & Sandeman, H. (1992) - Volcano- stratigraphy and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Macusani ignimbrite field: monitor of the Miocene geodynamic evolution of the Andes of southeast Peru. *Tectonophysics*, 205(1-3): 307-327. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90433-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90433-7)
- Chelle-Michou, C. (2013) - *Geochronologic and petrologic evolution of the magmatic suite associated with the Eocene Corocchohuayco deposit, and its role in the genesis of the associated Cu(-Au) - porphyry-skarn mineralization, Tintaya District, Peru*. Thèse de doctorat, Université de Genève, no. Sc. 4626, 191 p. <https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:38009>
- Chelle-Michou, C.; Chiaradia, M.; Beguelin, P. & Ulianov, A. (2015) - Petrological evolution of the magmatic suite associated with the Corocchohuayco Cu (-Au-Fe) Porphyry-skarn deposit, Peru. *Journal of Petrology*, 56(9): 1829-1862. <https://doi.org/10.1093/petrology/egv056>
- Chelle-Michou, C.; Chiaradia, M.; Ovtcharova, M.; Ulianov, A. & Wotzlaw, J. F. (2014) - Zircon petrochronology reveals the temporal link between porphyry systems and the magmatic evolution of their hidden plutonic roots (the Eocene Corocchohuayco deposit, Peru). *Lithos*, 198-199: 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.03.017>
- Chelle-Michou, C.; Chiaradia, M.; Selby, D.; Ovtcharova, M. & Spikings, R.A. (2015) - High-resolution geochronology of the Corocchohuayco porphyry-skarn deposit, Peru: A rapid product of the Incaic orogeny. *Economic Geology*, 110(2): 423-443. <https://doi.org/10.2113/econgeo.110.2.423>
- Chen, H. (2008) - *The Marcona - Mina Justa district, south central Perú: implications for the genesis and definition of the iron oxide-copper (-gold) ore deposit clan*. PhD thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, 280 p. <http://hdl.handle.net/1974/1206>
- Cheney, E. S. (1991) - Structure and age of the Cerro de Pasco Cu-Zn-Pb-Ag deposit, Peru. *Mineralium Deposita*, 26: 2-10. <https://doi.org/10.1007/BF00202357>
- Chew, D.M.; Schaltegger, U.; Kosler, J.; Fontignie, D.; Spikings, R.A. & Misković, A. (2005) - Evolution of the Gondwanan margin of the northern Andes. En: Swiss Geoscience Meeting, 3, Zurich, 2005. *Abstracts*. Zürich: Geoforum, 2 p.
- Chew, D.M.; Schaltegger, U.; Kosler, J.; Whitehouse, M.J.; Gutjahr, M.; Spikings, R.A. & Miškovíc, A. (2007) - U-Pb geochronologic evidence for the evolution of the Gondwanan margin of the north-central Andes. *Geological Society of America Bulletin*, 119(5-6): 697-711. <https://doi.org/10.1130/B26080.1>
- Chiaradia, M.; Merino, D. & Spikings, R.A. (2009) - Rapid transition to long-lived deep crustal magmatic maturation and the formation of giant porphyry-related mineralization (Yanacocha, Peru). *Earth and Planetary Science Letters*, 288(3-4): 505-515. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.10.012>
- Chiaradia, M.; Schaltegger, U.; Spikings, R.; Wotzlaw, J. F. & Ovtcharova, M. (2013) - How accurately can we date the duration of magmatic-hydrothermal events in porphyry systems?—an invited paper. *Economic Geology*, 108(4): 565-584. <https://doi.org/10.2113/econgeo.108.4.565>
- Chira, J.; Ríos, C.; Trelles, G. & Villareal, E. (2018) - *Estimación del potencial minero metálico del Perú y su contribución económica al Estado acumulado al 2050*. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 90 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1361>
- Chirif, H. & Acosta, J. (2013) - *Modelos de yacimientos y metalogenia del Perú [presentación de diapositivas]*. VIII Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, Pro Explo, Lima 19-21 mayo, 2013.
- Chirre, A.; Guillén, F.; León, J. & Brookes, M. (2006) - Proyecto las Bambas-Apurímac, Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 13, Lima, 2006, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 712-715
- Chocano, M.; Contreras, C.; Quiroz, F.; Mazzeo, C. & Flores, R. (2020) - Compendio de historia económica del Perú. Tomo 3: Economía del periodo colonial tardío. Lima: Banco Central de Reserva del Perú, 472 p. Serie: Historia Económica, 7. <https://bit.ly/410aB5c>
- Cieza de León, P. (1984) - *La crónica del Perú*. Madrid: Historia 16.
- Clark, A.H. (1990) - The slump breccias of the Toquepala porphyry Cu(-Mo) deposit, Peru: implications for fragment rounding in hydrothermal breccias.

- Economic Geology*, 85(7): 1677-1685. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.85.7.1677>
- Clark, A.H. (1993) - Are outsize porphyry copper deposits either anatomically or environmentally distinctive? En: Whiting, B.H.; Hodgson, C.J. & Mason, R., eds. *Giant ore deposits*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication, 2, p. 213-283. <https://doi.org/10.5382/SP.02.06>
- Clark, A.H.; Farrar, E.; Kontak, D.J.; Langridge, R.J.; Arenas, M.; France, L.J.; McBride, S.L.; Woodman, P.L.; Wasteneys, H.A.; Sandeman, H.A. & Archibald, D.A. (1990) - Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of Southeastern Peru. *Economic Geology*, 85(7): 1520-1583. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.85.7.1520>
- Clark, A.H.; Tosdal, R.M.; Farrar, E. & Plazolles, A. (1990) - Geomorphologic environment and age of supergene enrichment of the Cuajone, Quellaveco, and Toquepala porphyry copper deposits, southeastern Peru. *Economic Geology*, 85(7): 1604-1628. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.85.7.1604>
- Cobbing, E.J. & Pitcher, W.S. (1972) - The coastal batholith of Central Peru. *Journal of the Geological Society London*, 128(5): 421-454. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.128.5.0421>
- Cobbing, E.J.; Pitcher, W.S.; Wilson, J.J.; Baldock, J.W.; Taylor, W.P.; McCourt, W.J. & Snelling, N. (1981) - *The geology of the Western Cordillera of northern Peru*. London: Institute of Geological Sciences, 143 p. Overseas Memoir 5.
- Cobbing, E.J. & Sanchez, A. (1996) - *Mapa geológico del cuadrángulo de Yanahuanca, departamento de Pasco (Hoja 21-j), escala 1:100 000*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/199>
- Cobeñas, G., (2008) - *Cinturones metalogénicos Cenozoicos en Pasco y Huánuco: tipos de yacimientos y naturaleza geoquímica de los magmas asociados*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 140 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/763>
- Comisión Chilena del Cobre (2005) – *Anuario: estadísticas del cobre y otros minerales 1985-2004 (Yearbook: Statistics of Copper and Other Minerals 1985-2004)*. Santiago: Cochilco, 144 p. <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/11/Anuario2004.pdf>
- Comisión Chilena del Cobre (2006) – *Anuario: estadísticas del cobre y otros minerales 1986-2005 (Yearbook: Statistics of Copper and Other Minerals 1986-2005)*. Santiago: Cochilco, 144 p. <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/10/Anuario2005.pdf>
- Comisión Chilena del Cobre (2007) – *Anuario: estadísticas del cobre y otros minerales 1987-2006 (Yearbook: Statistics of Copper and Other Minerals 1987-2006)*. Santiago: Cochilco, 154 p. <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/21/anuario%20pdf%20final.pdf>
- Comisión Chilena del Cobre (2008) – *Anuario: estadísticas del cobre y otros minerales 1988-2007 (Yearbook: Statistics of Copper and Other Minerals 1988-2007)*. Santiago: Cochilco, 151 p. <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/8/anuario2007.pdf>
- Comisión Chilena del Cobre (2009) – *Anuario: estadísticas del cobre y otros minerales 1989-2008 (Yearbook: Statistics of Copper and Other Minerals 1989-2008)*. Santiago: Cochilco, 167 p. <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/7/anuario2008.pdf>
- Comisión Chilena del Cobre (2011) – *Anuario: estadísticas del cobre y otros minerales 1992-2011 (Yearbook: Statistics of Copper and Other Minerals 1992-2011)*. Santiago: Cochilco, 167 p. <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/5/AE2012web.pdf>
- Comisión de Desarrollo Minero Sostenible (2020) – *Informe final: Propuestas de medidas normativas, de gestión y de política pública para afianzar la sostenibilidad del sector minero*. <https://bit.ly/42eWPsq>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2014) - *Urbanización y políticas de vivienda en China y América Latina y el Caribe: perspectivas y estudios de caso*. Santiago de Chile: Cepal, ILAS-CASS, CAF, 200 p. <http://hdl.handle.net/11362/37649>
- Compañía Minera Raura S.A. (2012) - *Memoria anual: ejercicio 2011*. Compañía Minera Raura S.A., 58 p.
- Concha, O. & Valle, J. (2000) - Prospección, exploración y desarrollo del yacimiento de Cuajone. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999. *Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 117-143.

- Condori, J. (2012) - *Geología Atacocha* [presentación de diapositivas]. Milpo.
- Coney, P.J. (1971) - Structural evolution of the Cordillera Huayhuash, Andes of Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 82(7): 1863-1884. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1971\)82\[1863:SEOTCH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1971)82[1863:SEOTCH]2.0.CO;2)
- Cooke, D.R. & Simmons, S.F. (2000) - Characteristics and genesis of epithermal gold deposits. En: Hagemann, S.G. & Brown, P.E., eds. *Gold in 2000*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology 13, p. 221-244.
- Cooke, D.R.; Hollings, P.N. & Walshe, J.L. (2005) - Giant porphyry deposits: characteristics, distribution, and tectonic controls. *Economic Geology*, 100(5): 801-818. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.100.5.801>
- Cooke D.R.; Hollings P.; Wilkinson J.J. & Tosdal R.M. (2014) - Geochemistry of porphyry deposits. En: Holland, H.D. & Turekian K.K., eds. *Treatise on geochemistry*, volume 13. 2a ed. Oxford: Elsevier, p. 357-381.
- Corbett, G.J. (2008) - Influence of magmatic arc geothermal systems on porphyry-epithermal Au-Cu-Ag exploration models. *Terry Leach Symposium, Australian Institute of Geoscientists Bulletin*, 48: 25-43.
- Córdova, A. (2009) - Geología del yacimiento VSM Tambogrande de Piura. *Geología, Revista del Capítulo de Ingeniería Geológica - CD Lima*, 4(6): 5-9.
- Córdova, J. & Hoyos, D. (2000) - Geología del pórfido de Cu-(Au-Mo) El Galeno, Cajamarca, Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 10, Lima, 2000, *Trabajos Técnicos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 1158-1177.
- Cori Puno. (2015) - *Depósitos orogénicos de oro* [presentación de diapositivas]. Departamento de Geología y Exploraciones.
- Coveney Jr, R.M., & Glascock, M.D. (1989) - A review of the origins of metal-rich Pennsylvanian black shales, central USA, with an inferred role for basinal brines. *Applied Geochemistry*, 4(4): 347-367. [https://doi.org/10.1016/0883-2927\(89\)90012-7](https://doi.org/10.1016/0883-2927(89)90012-7)
- Cox, D.P. (1986) - Descriptive model of porphyry Cu. En: *Mineral Deposit Models*. U.S. Geological Survey, Bulletin 1693, p. 76-79.
- Cox, D.P. & Singer, D.A., eds. (1986) - Mineral deposit models. *U.S. Geological Survey, Bulletin*, 1693, 379 p. <https://doi.org/10.3133/b1693>
- Cruz, R. (2017) - *Geología, alteraciones y mineralización en la unidad minera Huarón*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de San Agustín, 96 p. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2830>
- Cuéllar, J. (2014) - Evolución magmática-hidrotermal del sistema pórfido-skarn Paraíso y su relación con la mineralización de Cu-Mo, batolito de Andahuaylas-Yauri, Apurímac, Perú. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (109): 73-105.
- Cueva, E. (2008) - *Estratigrafía, sedimentología y tectónica de la Meseta de Bombón (Cerro de Pasco)*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional San Antonio Abad, Cusco, 123 p.
- Cueva, E.; Mostacero, J. & Aguilar, J. (2017) - *Geología y alcances generales del yacimiento minero de Antamina, Perú*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 5 p.
- Cuney, M. (2008) - The extreme diversity of uranium deposits. *Mineralium Deposita*, 44(1): 3-9. <https://doi.org/10.1007/s00126-008-0223-1>
- Dahlkamp, F.J. (1993) - *Uranium ore deposits*. Berlin: Springer, 460 p.
- Dahlkamp, F.J. (2010) - *Uranium deposits of the world: USA and Latin America*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-78943-7>
- Dalmayrac, B.; Laubacher, G. & Marocco, R. (1980) - *Géologie des Andes péruviennes : caractères généraux de l'évolution géologique des Andes péruviennes*. Paris: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, 501 p. Travaux et Documents de l'ORSTOM, 122.
- Dalmayrac, B. ; Laubacher, G. ; Marocco, R. ; Martinez, C. & Tomasi, P. (1980) - La chaîne hercynienne d'amerique du sud structure et evolution d'un orogene intracratonique. *Geologische Rundschau*, 69: 1-21. <https://doi.org/10.1007/BF01869020>
- Dammert, A. & Molinelli, F. (2007) - *Panorama de la minería en el Perú*. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 200 p. <https://bit.ly/3h1qurc>

- Davies, R.C.I. (2002) - *Tectonic, magmatic and metallogenic evolution of the Cajamarca mining district, northern Peru*. PhD Thesis, James Cook University, Australia, 323 p. <https://researchonline.jcu.edu.au/10/>
- Davies, R.C. & Williams, P.J. (2005) - The El Galeno and Michiquillay porphyry Cu–Au–Mo deposits: geological descriptions and comparison of Miocene porphyry systems in the Cajamarca district, northern Peru. *Mineralium Deposita*, 40(5), 598-616. <https://doi.org/10.1007/s00126-005-0026-6>
- De Haller, A.; Corfu, F.; Fontboté, L.; Schaltegger, U.; Barra, F., et al. (2006) - Geology, Geochronology, and Hf and Pb Isotope Data of the Raúl-Condestable Iron Oxide-Copper-Gold Deposit, Central Coast of Peru. *Economic Geology*, 101(2): 281–310. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.101.2.281>
- De la Cruz, N. & Carpio, M. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Sandía y San Ignacio. Hojas: 29-y y 29-z. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 82, 165 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/38>
- de Oliveira, S.B.; Leach, D.L.; Juliani, C.; Monteiro, L.V. & Johnson, C.A. (2019) - The Zn-Pb mineralization of Florida canyon, an evaporite-related Mississippi valley-type deposit in the Bongará district, northern Peru. *Economic Geology*, 114(8): 1621-1647. <https://doi.org/10.5382/econgeo.4690>
- Defensoría del Pueblo (2001) - *Informe Defensorial N°62: el caso del derrame de mercurio que afectó a las localidades de San Sebastián de Choropampa, Magdalena y San Juan, en la provincia de Cajamarca*. 149 p. <https://bit.ly/3mSAL6T>
- Defensoría del Pueblo (2019) - *Reporte de conflictos sociales, N° 190, diciembre 2019*. Lima: Defensoría del Pueblo, Adjuntía para la Prevención de Conflictos Sociales, 107 p. <https://bit.ly/3JGpQGf>
- Del Busto, J. (2011) - *Perú Preincaico. Obras escogidas*. Lima: El Comercio, 196 p.
- Demouy, S.; Paquette, J.L.; Saint Blanquat, M.; Benoit, M.; Belousova, E.A.; O'Reilly, S.; García, F.; Tejada, L.; Gallegos, R. & Sempere, T. (2012) - Spatial and temporal evolution of Liassic to Paleocene arc activity in southern Peru unraveled by zircon U-Pb and Hf in-situ data on plutonic rocks. *Lithos*, 155: 183-200. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.09.001>
- Drummond, J.B.; Pufahl, P.K.; Porto, C.G. & Carvalho, M. (2015) - Neoproterozoic peritidal phosphorite from the Sete Lagoas Formation (Brazil) and the Precambrian phosphorus cycle. *Sedimentology*, 62(7): 1978-2008. <https://doi.org/10.1111/sed.12214>
- Egeler, C.G. & De Booy, T. (1961) - Preliminary note on the geology of the Cordillera Vilcabamba (SE Peru), with emphasis on the essentially pre Andean origin of the structure. *Geologie en Mijnbouw*, 40(9): 319-325.
- Einaudi, M.T.; Hedenquist J.W. & Inan E.E. (2003) - Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: transitions from porphyry to epithermal environments. En: Simmons, S.F.; Graham, I., eds. *Volcanic, geothermal, and ore-forming fluids: rulers and witnesses of processes within the earth*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication, 10, p. 285-313.
- Engel, F. (1958) - Algunos datos con referencia a los sitios precerámicos de la costa peruana. *Arqueológicas*, 3: 3-54.
- Enriquez, J.; Rodríguez, O. & Rodríguez, R. (2005) - Características estructurales y estratigráficas de los yacimientos epitermales de baja sulfuración en el corredor estructural San Pablo-Porculla. En: Convención de Ingenieros de Minas del Perú, 27, Lima, *Trabajos técnicos*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú 2005, 21 p.
- Escayola, M. P.; van Staal, C.R. & Davis, W.J. (2011) - The age and tectonic setting of the Puncoviscana Formation in northwestern Argentina: An accretionary complex related to Early Cambrian closure of the Puncoviscana Ocean and accretion of the Arequipa-Antofalla block. *Journal of South American Earth Sciences*, 32(4): 438-459. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.04.013>
- Espinoza, J. (2019) - *Evaluación geológica preliminar prospecto Paraíso, Chaparra, Caraveli, Arequipa*. Tesis de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería. 95 p. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1618>
- Estrada, F. (1975) - Geología de Quellaveco. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (46): 65-86.
- Farrar, E. & Noble, D.C. (1976) - Timing of late Tertiary deformation in the Andes of Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 87(9): 1247-1250. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1976\)87%3C1247:TOLTDI%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1976)87%3C1247:TOLTDI%3E2.0.CO;2)

- Filippelli, G.M. (2008) - The global phosphorus cycle: past, present, and future. *Elements*, 4(2): 89-95. <https://doi.org/10.2113/GSELEMENTS.4.2.89>
- Fletcher, C.J.N.; Hawkins, M.P. & Tejada, R. (1989) - Structural control and genesis of polymetallic deposits in the Altiplano and Western Cordillera of southern Peru. *Journal of South American Earth Sciences*, 2(1): 61-71. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(89\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0895-9811(89)90027-8)
- Focus Ventures Ltd. (2016). *Bayovar 12 Phosphate Project. NI 43-101 Update Pre-Feasibility Study. Department of Piura, Peru*. Independent Mining Consultants, INC., 343 p. <https://bit.ly/3Lr3pq2>
- Föllmi, K.B. (1996) - The phosphorus cycle, phosphogenesis and marine phosphate-rich deposits. *Earth-Science Reviews*, 40(1-2): 55-124. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(95\)00049-6](https://doi.org/10.1016/0012-8252(95)00049-6)
- Föllmi, K.B.; Garrison, R.E. & Grimm, K.A. (1991) - Stratification in phosphatic sediments: illustrations from the Neogene of Central California. En: Einsele, G.; Ricken, W.; Seilacher, A., eds. *Cycles and events in stratigraphy*. Heidelberg: Springer-Verlag, p. 492-507.
- Föllmi, K.B.; Weissert, H. & Lini, A. (1993) - Nonlinearities in phosphogenesis and phosphorus-carbon coupling and their implications for global change. En: Wollast, R.; Mackenzie, F.T.; Chou, L., eds. *Interactions of C, N, P and S Biogeochemical Cycles and Global Change*. Springer Berlin Heidelberg, NATO ASI Series, vol.4, p. 447-474. https://doi.org/10.1007/978-3-642-76064-8_18
- Fondo Monetario Internacional (2015) - *Informe Anual 2015—Juntos frente a los desafíos*. FMI, 110 p. (consulta: noviembre 2022) <https://bit.ly/3p4Sw3T>
- Fontboté, L. & Bendezú, R.A. (1999) - The carbonate-hosted Zn-Pb San Gregorio deposit, Colquijirca district, central Peru, as part of a high sulfidation epithermal system. En: Stanley, C.J. *Mineral deposits: processes to processing*. Rotterdam: A.A. Balkema, t.1, p. 495-498.
- Fornari, M.; Mamani, M.; Ibarra, I. & Carlier, G. (2002) - Datación del período volcánico "Tacaza" en el altiplano del Perú y Bolivia. En: Congreso Peruano de Geología, 11, Lima, 2002. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 21.
- France, L.J. (1985) - *Geochronology, stratigraphy, and petrochemistry of the Upper Tertiary volcanic arc, southernmost Peru, Central Andes*. Master Thesis, Queen's University, Kingston, 182 p.
- Francisco, G. (1973) - *Estudio geológico de la mina Aguas Verdes (Parinacochas - Ayacucho)*. Tesis grado de bachiller, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 62 p.
- Franklin, J.M.; Gibson, H.L.; Jonasson, I.R. & Galley, A.G. (2005) - Volcanogenic massive sulfide deposits. En: Hedenquist, J.W.; Thompson, J.F.H.; Goldfarb, R.J.; Richards, J.P., eds. *Economic Geology: one hundredth anniversary volume 1905-2005*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, p. 523-560.
- Froelich, P.N.; Arthur, M.A.; Burnett, W.C.; Deakin, M.; Hensley, V.; Jahnke, R.; Kaul, L.; Kim, K.-H.; Roe, K.; Soutar, A. & Vathakanon, C. (1988) - Early diagenesis of organic matter in Peru continental margin sediments: phosphorite precipitation. *Marine Geology*, 80(3-4): 309-343. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(88\)90095-3](https://doi.org/10.1016/0025-3227(88)90095-3)
- Gammons, C.H. & Williams-Jones, A.E. (1997) - Chemical mobility of gold in the porphyry-epithermal environment. *Economic Geology*, 92(1): 45-59. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.92.1.45>
- Garay, E.; Guzmán, J. ; Díaz, J. & Mota e Silva, J. (2017) - Proyecto Tipo CRD de Zn-Pb-Ag-(Cu) Hilarión, Ancash - Perú. En: *ProExplo 2017 - Exploración mineral cimiento de la industria minera - Resúmenes extendidos*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 95-98.
- Garcilaso de la Vega, Inca (1943) - *Comentarios Reales de los Incas*. Buenos Aires: Emecé Editores S.A., 2 t.
- Gauthier, A.; Díaz, N. & Quirita, V. (2000) - Yacimiento La Arena - Virgen, Huamachuco, La Libertad - Perú. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999, *Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 73-92.
- Girard, J.P.; Flicoteaux, R.; Walter, A.V.; Savin, S.M. & Nahon, D. (1993) - Oxygen and carbon isotope composition of structural carbonate in weathering apatites from laterites, southern Brazil and western Senegal. *Applied geochemistry*, 8(6): 617-632. [https://doi.org/10.1016/0883-2927\(93\)90017-B](https://doi.org/10.1016/0883-2927(93)90017-B)
- Glave, M. & Kuramoto, J. (2007) - La minería peruana: lo que sabemos y lo que aún nos falta por saber. En: *Investigación, políticas y desarrollo en el Perú*. Lima: GRADE, p. 135-181.

- Glenn, C.R.; Föllmi, K.B.; Riggs, S.R.; Baturin, G.N.; Grimm, K.A., et al. (1994) – Phosphorus and phosphorites: sedimentology and environments of Formation. *Eclogae Geologicae Helvetica*, 87(3): 747-788.
- Goldfarb, R.J.; Baker, T.; Dubé, B.; Groves, D.I.; Hart, C. J. & Gosselin, P. (2005) - Distribution, character, and genesis of gold deposits in metamorphic terran. En: Hedenquist, J.W.; Thompson, J.F.; Goldfarb, R.J. & Richards, J. P., *One Hundredth Anniversary Volume*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, p. 407-450.
- Goldfarb, R.J., Groves, D.I. & Gardoll, S. (2001) - Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. *Ore Geology Reviews*, 18(1-2): 1-75. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(01\)00016-6](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(01)00016-6)
- Gonzalez, R. (2016) - *Comentarios Reales y otros textos*. Lima: Penguin Clásicos, 376 p.
- Groves, D.I. (1993) - The crustal continuum model for late-Archaean lode-gold deposits of the Yilgarn Block, Western Australia. *Mineralium Deposita*, 28: 366-374. <https://doi.org/10.1007/BF02431596>
- Groves, D.I. (2019) - Orogenic gold deposits: part of a global dynamic conjunction between subduction and gold. *ASEG Extended Abstracts*, 2019(1): 1-3. <https://doi.org/10.1080/22020586.2019.12073249>
- Groves, D.I.; Goldfarb, R.J.; Gebre-Mariam, M.; Hagemann, S.G. & Robert, F. (1998) - Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore geology reviews*, 13(1-5): 7-27. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(97\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(97)00012-7)
- Groves, D.I.; Goldfarb, R.J.; Knox-Robinson, C.M.; Ojala, J.; Gardoll, S.; Yun, G.Y. & Holyland, P. (2000) - Late-kinematic timing of orogenic gold deposits and significance for computer-based exploration techniques with emphasis on the Yilgarn Block, Western Australia. *Ore Geology Reviews*, 17(1-2): 1-38.
- Groves, D. I.; Santosh, M. & Zhang, L. (2020) - A scale-integrated exploration model for orogenic gold deposits based on a mineral system approach. *Geoscience Frontiers*, 11(3): 719-738. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.12.007>
- Gustafson, L.B. (1978) - Some major factors of porphyry copper genesis. *Economic Geology*, 73(5): 600-607. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.73.5.600>
- Gustafson, L.B. & Hunt, J.P. (1975) – The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile. *Economic Geology*, 70(5): 857-912. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.70.5.857>
- Gustafson, L.B.; Orquera, W.; McWilliams, M.; Castro, M.; Olivares, O.; Rojas, G.; Maluenda, J. & Mendez, M. (2001) - Multiple centers of mineralization in the Indio Muerto district, El Salvador, Chile. *Economic Geology*, 96(2): 325-350. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.96.2.325>
- Gustafson, L.B. & Quiroga, J. (1995) - Patterns of mineralization and alteration below the porphyry copper orebody at El Salvador, Chile. *Economic Geology*, 90(1): 2-16.
- Gustafson, L.B.; Vidal, C.; Pinto, R. & Noble, D.C. (2004) – Porphyry-epithermal transition, Cajamarca region, northern Peru. En: Sillitoe, R.H.; Perelló, J. & Vidal, C., eds. *Andean metallogeny: new discoveries, concepts, and updates*, Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication 11, p. 279-299. <https://doi.org/10.5382/SP.11.15>
- Gutiérrez, D. (2014) - *Aplicación del método de explotación Sub level stoping en manto Cobriza*. Tesis Ingeniero de Minas. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 123 p. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/1153>
- Haerberlin, Y. (2002) - *Geological and structural setting, age, and geochemistry of the orogenic gold deposits at the Pataz Province, Eastern Andean Cordillera, Peru*. Thèse Docteur, Université de Genève, Département de Minéralogie Genève, Terre and Environnement, 36, 182 p.
- Haerberlin Y.; Moritz, R.; Fontboté, L. & Cosca, M.A. (2004) - Carboniferous orogenic gold deposits at Pataz, Eastern Andean Cordillera, Peru: geological and structural framework, paragenesis, alteration, and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. *Economic Geology*, 99(1): 73-112. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.99.1.73>
- Hains, D.H. & Stone, M. (2010) - *Technical report on Mantaro phosphate deposit Junin district, Peru. Zone 18 8680000N 456000E (PSADI56 datum)*. Report for NI 43-101. Hains Technology Associates, 170 p.
- Hanneman, H. (2014) - *Mineralogy and geochemistry of Carbonaceous mudstone as a vector to ore: A case study at the Lagunas Norte High-Sulfidation gold Deposit, Peru*. Master Thesis, Colorado School of Mines, Colorado, 138 p.
- Hausberger, B. (2009) - El universalismo científico del Barón Ignaz von Born y la transferencia de tecnología minera

- entre Hispano América y Alemania a finales del siglo XVIII. *Historia mexicana*, 59(2): 605-668.
- Hedenquist, J.W.; Arribas, A. Jr. & Gonzalez, E. (2000) - Exploration for epithermal gold deposits. En: Hagemann, S.G. & Brown, P.E., eds. *Gold in 2000*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology 13, p. 245-277.
- Hedenquist, J.W. & Lowenstern, J.B. (1994) - The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits. *Nature*, 370(6490): 519-527. <https://doi.org/10.1038/370519a0>
- Heggie, D.; Skyring, G.; O'Brien, G.; Reimers, C.; Herczeg, A.; Moriarty, D.J.W.; Burnett, W.C. & Milners, A.R. (1990) - Organic carbon cycling and modern phosphorite formation on the East Australian continental margin: an overview. En: Notholt, A.J.G. & Jarvis I. eds., *Phosphorite research and development*. London: Geological Society, Special Publication, 52, p. 87-117.
- Hyde, D. (1984) - The Mineral Industry of Peru. En: *Mineral Yearbook 1984: vol. III. Area reports international*. Bureau of Mines, p. 649-661. <https://bit.ly/3FCIQ6o>
- Injoque, J. (1978) - *Estudio de la génesis del yacimiento de Tambogrande y determinación de las sustancias de interés económico*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 160 p.
- Injoque J., (2000) - Distribución de Yacimientos de Sulfuros Masivos (VMS) - y de Cobre tipo Manto (CuTM) - en el Arco Volcánico Cretácico de los Andes Peruanos y Sudamericanos. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (90): 19-34.
- Injoque, J. (2002a) - Fe Oxide-Cu-Au deposits in Peru: an integrated view. En: Porter, T.M., ed. *Hydrothermal iron oxide copper-gold related deposits: a global perspective*. Linden Park, SA: PGC Publishing, vol. 2, p. 97-113.
- Injoque, J. (2002b) - Yacimientos de óxido Fe-Cu-Au en el Perú, una visión integral (cd-rom). En: Congreso Peruano de Geología, 11. Lima, 2002. *Trabajos científicos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 429-448.
- Injoque, J. & Aranda, A. (2005) - Metalogenia de la Costa – visión actualizada. En: Arce, J., ed. *Alberto Giesecke Matto*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Volumen Especial, 6, p. 149-166.
- Injoque, J.; Martínez, J.; Serrano, M.; Ríos, A.; Torres, J. & Vargas, C. (2000) - Geología de los volcánicos del Cretáceo Medio, Cuenca Lancones, Tambogrande-Las Lomas, Piura. En: Congreso Peruano de Geología, 10, Lima, 2000. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 231.
- Injoque, J.; Miranda, C. & Dunin-Borkowski, E. (1979) - Estudio de la génesis del yacimiento de Tambogrande y sus implicancias. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (64): 73-99.
- Injoque J.; Valera J. & Miranda, C. (1995) - Geología del distrito minero de Cata Cañete: aspectos petrológicos y estructurales con mención en la mineralización de cobre. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* (84): 43-78.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1993) – *Fondo documental de informes técnicos del Banco Minero del Perú*. Lima: Ingemmet. Dirección de Información y Promoción. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2218>
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1999) - *Mapa metalogénico del Perú, escala 1:2 500 000*. Lima: Ingemmet.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Económica y Prospección Minera (2006). *Inventario de los recursos minerales de la región Huánuco. Informe final*. Lima: INGEMMET, 149 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2442>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016) - Comportamiento de la economía peruana 1950-2015. En: *Panorama de la economía peruana: 1950-2015*. Lima: INEI, p. 13-39. <https://bit.ly/3FoNy7y>
- Instituto Peruano de Economía (2017) - *El valor agregado de la minería en el Perú*. Lima. Instituto de Estudios Energético Mineros, 72 p.
- Instituto Peruano de Economía. (2012) - *Efecto de la minería sobre el empleo, el producto y recaudación en el Perú*. Lima: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 62 p.
- International Atomic Energy Agency (2020) - *Descriptive uranium deposit and mineral system models*. Vienna: IAEA, 313 p. <https://bit.ly/3TDE0tD>
- International Monetary Fund (1980) – *Annual report 1980*. Washington, D.C.: IMF, 209 p. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/archive/pdf/ar1980.pdf>
- International Monetary Fund (1985) – *Annual report 1985*. Washington, D.C.: IMF, 193 p. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/archive/pdf/ar1985.pdf>

- International Monetary Fund (1990) – *Annual report 1990*. Washington, D.C.: IMF, 177 p. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/archive/pdf/ar1990.pdf>
- International Monetary Fund (1991) – *Annual report 1991*. Washington, D.C.: IMF, 192 p. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/archive/pdf/ar1991.pdf>
- International Monetary Fund (1992) – *Annual report 1992*. Washington, D.C.: IMF, 190 p. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/archive/pdf/ar1992.pdf>
- International Monetary Fund (1993) – *Annual report 1993*. Washington, D.C.: IMF, 225 p. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/archive/pdf/ar1993.pdf>
- International Monetary Fund (1994) – *Annual report 1994*. Washington, D.C.: IMF, 265 p. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/archive/pdf/ar1994.pdf>
- International Monetary Fund (1995) – *Annual report 1995*. Washington, D.C.: IMF, 283 p. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/archive/pdf/ar1995.pdf>
- International Monetary Fund (1996) – *Annual report 1996*. Washington, D.C.: IMF, 292 p.
- International Monetary Fund (1997) – *Annual report 1997*. Washington, D.C.: IMF, 300 p. <https://bit.ly/3m2MNKK>
- International Monetary Fund (1998) – *Annual report 1998*. Washington, D.C.: IMF, 244 p. <https://bit.ly/40MSyLp>
- International Monetary Fund (1999) – *Annual report 1999*. Washington, D.C.: IMF, 278 p. <https://bit.ly/40vScJn>
- International Monetary Fund (2000) – *Annual Report 2000: Making the Global Economy Work for All*. Washington, D.C.: IMF, 252 p. <https://bit.ly/40sRa0P>
- Jacay, J.; Sempere, T.; Carlier, G. & Carlotto, V. (1999) - Late Paleozoic – Early Mesozoic Plutonism and related rifting in the Eastern Cordillera of Perú. En: International Symposium on Andean Geodynamics, 4, Göttingen, 1999. *Géodynamique Andine: résumés étendus*. Paris: IRD, p. 358-363.
- Jaillard, E. (1986) - La sédimentation crétacée dans les Andes du Pérou central: exemple de la Formation Jamasha (Albien moyen-supérieur à Turonien supérieur) dans la région d'Oyón (département de Lima). *Géodynamique*, 1(2) : 97-108. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:24331>
- Jaillard, E. (1990) - Evolución de la margen andina en el norte del Perú desde el Aptiano superior hasta el Senoniano. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (81): 3-13.
- Jaillard, E. (1992) - La fase peruana (Cretáceo Superior) en la margen peruana. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (83): 81-87.
- Jaillard, E.; Héral, G.; Monfret, T.; Díaz-Martínez, E.; Baby, P.; Lavenu, A. & Dumont, J. (2000) - Tectonic evolution of the Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and northernmost Chile. En: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A. & Campos, D.A., eds. *Tectonic evolution of South America*. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, p. 481-559.
- Jaillard, E.; Laubacher, G.; Bengtson, P.; Dhondt, A.V. & Bulot L.G. (1999) - Stratigraphy and evolution of the Cretaceous forearc Celica-Lancones basin of southwestern Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences*, 12(1): 51-68. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(99\)00006-1](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(99)00006-1)
- Jaillard, E. & Soler, P. (1996) - Cretaceous to early Paleogene tectonic evolution of the northern Central Andes (0-18°S) and its relations to geodynamics. *Tectonophysics*, 259(1-3): 41-53. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(95\)00107-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(95)00107-7)
- Jaimes, F. & Trelles, G. (2021) - Geología de los cuadrángulos de Sandia (hojas 29y1, 29y2, 29y3, 29y4) y San Ignacio (hoja 29z4). INGEMMET, *Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000)*, 7, 68 p., 5 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3115>
- James, D.E. & Sacks, I.S. (1999) - Cenozoic formation of the Central Andes: a geophysical perspective. En: Skinner, B.J., ed. *Geology and ore deposits of the Central Andes*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication 7, p. 1-25.
- James, J. (1998) - *Geology, alteration, and mineralization of the Cerro Corona porphyry copper-gold deposit, Cajamarca Province, Peru*. Thesis Degree of Master, The University of British Columbia, Vancouver, 249 p. <https://dx.doi.org/10.14288/1.0053185>
- Jarvis, I.; Burnett, W.C.; Nathan, Y.; Almbaydin, F.S.M.; Attia, A.K.M.; Castro, L.N.; Flicoteaux, R.; Hilmy, M.E.; Husain, V.; Qutawnah, A.A.; Serjani, A. & Zanin, Y.N. (1994) - Phosphorite geochemistry: state-of-the-art and environmental concerns. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 87(3): 643-700.
- Jenks, W.F. (1951) - Triassic to Tertiary stratigraphy near Cerro de Pasco, Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 62(2): 203-220. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1951\)62\[203:TTT SNC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1951)62[203:TTT SNC]2.0.CO;2)

- John, D.A.; Garside, L.J. & Wallace, A.R., (1999) - Magmatic and tectonic setting of late Cenozoic epithermal gold-silver deposits in northern Nevada, with an emphasis on the Pah Rah and Virginia Ranges and the northern Nevada rift. En: Kizis, J.A., Jr., ed. *Low-sulfidation gold deposits in northern Nevada, 1999 Spring Field Trip Guidebook*. Reno: Geological Society of Nevada, Special Publication n. 29, p. 64-158.
- John, D.A.; Vikre, P.G.; du Bray, E.A.; Blakely, R.J.; Fey, D.L.; Rockwell, B.W.; Mauk, J.L.; Anderson, E.D. & Graybeal, F.T. (2018) - Descriptive models for epithermal gold-silver deposits. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5070–Q*, 247 p. <https://doi.org/10.3133/sir20105070Q>
- Jordán, L.; Sánchez, E.; Acebedo, M. & Lázaro, M. (2014) - Controles estructurales del distrito minero de Tintaya. En: Congreso Peruano de Geología, 17, Lima, 2014. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 5 p.
- Kihien, A. (1979) - *Géologie du porphyre cuprifère de Quellaveco (Pérou): étude pétrogénétique des altérations et des fluides associés dans le porphyre cuprifère de Quellaveco*. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 167 p.
- Kihien, A. (1997) - La franja de oro-cobre del norte del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima, 1997, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Lima, p. 51-56.
- Kontak, D.J. (1984) - *The magmatic and metallogenic evolution of a craton-orogen interface: the Cordillera of Carabaya, Central Andes, SE Peru*. Doctoral Thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, 714 p.
- Kontak, D.J. & Clark, A.H. (2002) - Genesis of the giant, Bonanza San Rafael lode tin deposit, Peru: origin and significance of pervasive alteration. *Economic Geology*, 97(8): 1741-1777. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.97.8.1741>
- Kontak, D.J.; Clark, A.H.; Farrar, E.; Archibald, D.A. & Baadsgaard, H. (1987) - Geochronological data for Tertiary granites of the southeast Peru segment of the Central Andean tin belt. *Economic Geology*, 82(6): 1611-1618. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.82.6.1611>
- Kontak, D.J.; Clark, A.H.; Farrar, E. & Strong, D.J. (1985) - The rift-associated permo-triassic magmatism of the Eastern Cordillera: a precursor to the andean orogeny. En: Pitcher, W.S.; Atherton, M.P.; Cobbing, E.J. & Beckinsale, R.D., eds. *Magmatism at a plate edge: The Peruvian Andes*. Glasgow: Blackie, p. 36-44.
- Kouzmanov, K.; Bendezú, A.; Catchpole, H.; Agneau, M.; Perez, J. & Fontbolé, L. (2008) - The Miocene Morococha District, Central Perú-Large-Scale Epithermal Polymetallic Overprint on Multiple Intrusion-Centred Porphyry Systems. En: Pacrim Congress, Queensland, 2008. *Extended Abstracts*. AusIMM, p. 117-121.
- Kouzmanov, K.; Ovtcharova, M.; von Quadt, A.; Guillong, M.; Spikings, R.; Schaltegger, U.; Fontboté, L. & Rivera, L. (2008) - U-Pb and ⁴⁰Ar/³⁹Ar age constraints for the timing of magmatism and mineralization in the giant Toromocho porphyry Cu-Mo deposit, central Peru. En: Congreso Peruano de Geología, 14 & Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Kouzmanov, K. & Pokrovski, G.S. (2012) - Hydrothermal controls on metal distribution in porphyry Cu (-Mo-Au) - systems. En: Hedenquist, J.W.; Harris, M. & Camus, F., eds, *Geology and genesis of major copper deposits and districts of the world: a tribute to Richard H. Sillitoe*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication 16, p. 573-618.
- Kouzmanov, K., Pokrovski, G.S. (2013) - Metal zoning and precipitation mechanisms in porphyry systems. En: Jonsson, E., ed., *Mineral deposit research for a high-tech world: Proceedings of the 12th SGA Biennial Meeting g, 12–15 August 2013, Uppsala, Sweden, Volume 2*. Society for Geology Applied to Mineral Deposits, p. 821–824.
- Lancelot, J.R.; Labaucher, G.; Marocco, R. & Renaud, U. (1978) - U/Pb radiochronology of two granitic plutons from the Eastern Cordillera (Peru): extent of Permian magmatic activity and consequences. *Geologische Rundschau*, 67(1): 236-243. <https://doi.org/10.1007/BF01803263>
- Lang, J.R. & Baker, T. (2001) - Intrusion-related gold systems: the present level of understanding. *Mineralium Deposita*, 36(6): 477-489. <https://doi.org/10.1007/s001260100184>
- Laubacher, G. (1978) - *Géologie de la Cordillère Orientale et de l'Altiplano au nord et nord-ouest du lac Titicaca (Pérou)*. Paris : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer, 217 p. Travaux et Documents de l'ORSTOM, 95. Tesis de Doctor, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:09864>

- Laubacher, G.; Sébrier, M.; Fornari, M. & Carlier, G. (1988) - Oligocene and Miocene continental sedimentation, tectonics, and S-type magmatism in the southeastern Andes of Peru. (Crucero basin): Geodynamic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 1(3): 225-238. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(88\)90001-6](https://doi.org/10.1016/0895-9811(88)90001-6)
- Laughlin, A.W.; Damon, P.E. & Watson, B.N. (1968) - Potassium-Argon dates from Toquepala and Michiquillay, Peru. *Economic Geology*, 63(2): 166-168. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.63.2.166>
- Lavado, M. (1973) - *Geología de la Mina La Argentina, Cobrepampa, Acari*. Tesis Bachiller, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 55 p.
- Lavado, M.; Conde, C. & Farfán, C. (2004) - Avances recientes en la concepción geológica del yacimiento Vinchos. Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 66. Publicación Especial n.6.
- Lechtman, H. (1999) - El bronce y el Horizonte Medio. *Boletín Museo del Oro*, (41): 1-25. <https://bit.ly/3K221cf>
- Lechtman, H. (2003) - Middle Horizon Bronze: centers and outliers. En: Van Zelst, L., ed. *Patterns and process: a festschrift in honor of Dr. Edward V. Sayre*. Maryland: Smithsonian Center for Materials Research and Education, p. 148-168.
- Lewis, P.D. (2003) - *Report on structural/stratigraphic map transects through the Alto Chicama Project area, La Libertad, Northern Perú* (reporte inédito). Lima: Minera Barrick Misquichilca, 40 p.
- Ligarda, R.; Arias, E.; Sabán, C.; Salazar, J.C.; Calderón, C. & Bermúdez, C. (2017) - El Proyecto Yumpag: Un nuevo yacimiento de alta Ley de plata en el Perú Central. Importancia de la identificación de facies carbonatadas en la Formación Jumasha y controles estructurales para su descubrimiento. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 10, Lima, 2017. *ProExplo 2017 - exploración mineral cimiento de la industria minera - Resúmenes extendidos*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 89-93.
- Limata, L.; Shugar, A. & Notis, M. (2006) - Investigation of a Pre-Columbian Vicus nose filigree. En: International Symposium on Archaeometry, 34, Zaragoza. 2006. Zaragoza: Institución Fernando el Católico, p. 187-196.
- Lindgren, W., (1922) - A suggestion for the terminology of certain mineral deposits. *Economic Geology*, 17 (4): 292-294. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.17.4.292>
- Llosa, F.; Georgel, J.M. & Véliz, J. (2000) - Los pórfidos Au-Cu de Minas Conga, historia del descubrimiento y exploración entre 1992-1998. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999, *Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 177-195.
- Llosa, F.; Lescuyer, J. & Milesi, J. (1996) - Minas Conga: descubrimiento, exploración y marco geológico de los pórfidos Au-Cu en la región de Cajamarca. En: Simposium Internacional del Oro, 2, Lima, Perú: *Segundo Simposium Internacional del Oro*. Lima: Sociedad Nacional de Minería y Petróleo, 1996. p. 275-283.
- Llosa, F. & Véliz, J. (2000) - Geología, alteración y mineralización de los pórfidos de Au-Cu de minas Conga, norte del Perú (Cajamarca). En: Congreso Peruano de Geología, 10, Lima, 2000. *Trabajos técnicos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 1178-1194.
- Loaiza, E. & Galloso, A. (2008) - Implicancias ambientales por la actividad minera de la zona de Ananea en la cuenca del río Ramis. *INGEMMET, Boletín, Serie E: Minería*, 5, 104 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/352>
- Loayza, D.; Barreda, J.; Crosta, A.P.; Morche, W. & Hedenquist, J.W. (2004) - Late Miocene high-sulfidation epithermal gold deposits of the Aruntani district, southern Peru: Recent discovery of a new ore type in an abandoned mining district. En: Knox-Robinson, C., ed. *SEG 2004: Perth, Western Australia: 27 September-10 October, 2004*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, 4 p.
- Loewy, S.L.; Connelly, J.N. & Dalziel, I.W.D. (2004) - An orphaned basement block: The Arequipa-Antofalla basement of the Central Andean margin of South America. *Geological Society of America Bulletin*, 116(1-2): 171-187. <https://doi.org/10.1130/B25226.1>
- Loewy, S.L.; Connelly, J.N.; Dalziel, I.W.D. & Gower, C.F. (2003) - Eastern Laurentia in Rodinia: constraints from whole-rock Pb and U/Pb geochronology. *Tectonophysics*, 375(1-4): 169-197. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00338-X](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00338-X)

- Longo, A.A. (2005) - *Evolution of volcanism and hydrothermal activity in the Yanacocha mining district, northern Perú*. PhD. Thesis, Oregon State University, 469 p.
- Longridge, J. (2016) - *Evolution of hydrothermal alteration facies at the Cerro Corona Cu-Au porphyry deposit, northern Peru*. Ph.D. Thesis, Imperial College, 300 p.
- Loza, M. (2004) - *Los yacimientos estratoligados de cobre de las capas rojas de Cusco y Sicuani (Eoceno-Oligoceno): sedimentología, tectónica y metalogenia*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 56 p.
- Lumbreras, L. (2001) - *El imperio Wari*. Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos, 62 p.
- Lunar, L. & Oyarzun, O. (1991) - *Yacimientos minerales: técnicas de estudio, tipos, evolución metalogénica, exploración*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces, 938 p.
- Macfarlane, A.W.; Prol-Ledesma, R.M. & Conrad, M.E. (1994) - Isotope and fluid inclusion studies of geological and hydrothermal processes, northern Peru. *International Geology Review*, 36(7), 645-677. <https://doi.org/10.1080/00206819409465480>
- Maher, K.C. (1999) - *Geology of the Cu-skarn at Coroccohuayco, Peru* (unpublished). M.S. thesis, Washington State University, Pullman, Washington, 133 p.
- Maher, K.C. (2010) - Skarn alteration and mineralization at Coroccohuayco, Tintaya district, Peru. *Economic Geology*, 105(2): 263-283. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.105.2.263>
- Maher, K.C. & Larson, P.B. (2007) - Variation in copper isotope ratios and controls on fractionation in hypogene skarn mineralization at Coroccohuayco and Tintaya, Peru. *Economic Geology*, 102(2): 225-237. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.102.2.225>
- Maksaev, V. (2001) - *Reseña metalogénica de Chile y de los procesos que determinan la metalogénesis andina*. Santiago: Universidad de Chile, 63 p.
- Mamani, F. (2016) - Análisis estructural y de mineralización del área Coris-profundización en la mina Cobriza- Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 18, Lima, 2016. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 3 p.
- Mamani, M.; Rodríguez, R.; Acosta, H.; Jaimes, F.; Navarro, P. & Carlotto, V. (2012) - Características litológicas y geoquímicas más resaltantes de los arcos magmáticos del Perú desde el Ordovícico. En: Congreso Peruano de Geología, 16, Lima, 2012. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 5 p.
- Mamani, M.; Wörner, G. & Sempere, T. (2010) - Geochemical variation in igneous rocks of the Central Andean oroclinal (13°S to 18°S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space. *Geological Society of America Bulletin*, 122(1-2): 162-182. <https://doi.org/10.1130/B26538.1>
- Marchena, A. (2019) - *Caracterización petrográfica e interpretación litogeoquímica del magmatismo de los proyectos Tía María-La Tapada, Los Calatos y Chipispaya (Arequipa-Moquegua-Tacna)*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 285 p. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/18294>
- Marín, I. (2018) - *Costos de perforación y voladura: una revisión sistemática en la literatura*. Trabajo de investigación para grado de Bachiller Ingeniería de Minas, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 26 p. <http://hdl.handle.net/11537/23049>
- Martel, F. (2009) - *Exploración por cobre en el proyecto Alto Huancané, distrito minero de Tintaya – Cusco, Perú*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/124>
- Martínez, M. (2016) - *Cambio en la Sociedad Incaica del Perú tras la Conquista Española*. Grado en Humanidades, Universidad de Alicante, Alicante, 37 p. <http://hdl.handle.net/10045/56087>
- Martínez, W.; Marchena, A.; Otero, J.; Cervantes, J. & León, W. (2017) - *Geología y controles tectonomagmáticos de los sistemas porfíricos en el arco magmático occidental sur del Perú*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, 112 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3533>
- Martínez, W.; Otero, J.; Arcos, F.; Cervantes, J. & Vera, M. (2016) - Yacimiento Untuca, marco estructural y mineralización en las cuarcitas *ordovicianas* de la Formación Sandía - Cordillera Carabaya – Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 18, Lima, 2016. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 5 p.
- Martínez, W.; Otero, J.; León, W. & Marchena, A. (2018) - GE33A-4: *Estudio Metalogénico de la Faja magmática Jurásico – Cretáceo, asociado a los*

- depósitos minerales tipo IOCG y Pórfidos entre Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna. Informe anual: Bloque Sur. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 197 p.
- Martignole, J., & Martelat, J.E. (2003) - Regional-scale Grenvillian-age UHT metamorphism in the Mollendo–Camana block (basement of the Peruvian Andes). *Journal of metamorphic Geology*, 21(1): 99-120. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1314.2003.00417.x>
- Mattos, R. & Valle, J. (2000) - Exploración, geología y desarrollo del yacimiento Toquepala. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999. Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 101-116.
- Mayta, O. (2000) - Yacimiento aurífero Chipmo. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999, Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, Lima, p. 37-48.
- Mayta, O.; Barrionuevo, H.; Noble, D.C.; Petersen, U. & Vidal, C. (2002) - Vetas de oro nativo y telururos de oro en el sector Chipmo, distrito minero de Orcopampa, sur del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 11, Lima, 2002. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 240.
- McConnell, D. (1960) - The crystal chemistry of *dahlite*. *American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials*, 45(1-2): 209-216.
- McCourt, W.J. (1981) - The geochemistry and petrography of the Coastal Batholith of Peru, Lima segment. *Journal of the Geological Society*, 138(4): 407-420. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.138.4.0407>
- McKee, E.H. & Noble, D.C. (1982) - Miocene volcanism and deformation in the western Cordillera and high plateaus of south-central Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 93(8): 657-662. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1982\)93%3C657:MVADIT%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1982)93%3C657:MVADIT%3E2.0.CO;2)
- McMillan, W.J. & Panteleyev, A. (1988) - Porphyry copper deposits. En: Roberts, R.G.; Sheehan, P.A., eds. *Ore Deposit Models*. Ontario: Geological Association of Canada, Geoscience Canada Reprint Series, v. 3, p. 59–66.
- Mégard, F. (1968) - Geología del cuadrángulo de Huancayo. *Servicio de Geología y Minería, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 18, 123 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/135>
- Mégard, F. (1978) - *Étude géologique des Andes du Pérou Central, contribution a l'étude géologique des Andes N° 1*. Paris: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, 310 p. Mémoires ORSTOM, 86.
- Mégard, F. (1987) - Cordilleran Andes and marginal Andes: a review of Andean geology north of the Arica elbow (18°S). En: Monger, J.W.H. & Francheteau, J., eds. *Circum-Pacific orogenic belts and evolution of the Pacific Ocean Basin*. Washington, DC: American Geophysical Union, Geodynamic Series, 18, p. 71-95.
- Mégard, F. (1973) - *Etude géologique d'une transversale des Andes au niveau du Pérou Central*. Thèse Docteur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Académie de Montpellier, Montpellier, 263 p.
- Meinert, L.D. (1992) - Skarns and Skarn Deposits. *Geoscience Canada*, 19(4): 145-162. <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/3773>
- Mejía, L. (2019) - *Evaluación Geológica del Yacimiento Minero Sierra Antapite S.A.C. – Huaytará – Huancavelica*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, 112 p. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1052>
- Miranda, M. & Vidal, C. (2006) - Estratigrafía volcánica, geocronología, paragénesis e inclusiones fluidas en el yacimiento de oro epitermal Poracota. En: Congreso Peruano de Geología, 13, Lima, 2006. *Resúmenes Extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 761-764.
- Mišković, A. & Schaltegger, U. (2009) - Crustal growth along a non-collisional cratonic margin: A Lu–Hf isotopic survey of the Eastern Cordilleran granitoids of Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, 279(3-4): 303–315. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.01.002>
- Mitouard, P.; Kissel, C. & Laj, C. (1990) – Post-Oligocene rotations in southern Ecuador and northern Peru and the formation of the Huancabamba deflection in the Andean Cordillera. *Earth and Planetary Science Letters*, 98(3-4): 329-339. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(90\)90035-V](https://doi.org/10.1016/0012-821X(90)90035-V)

- Mlynarczyk, M.S.J.; Sherlock, R.L. & Williams-Jones, A.E. (2003) - San Rafael, Peru: geology and structure of the worlds richest tin lode. *Mineralium Deposita*, 38(5): 555-567. <https://doi.org/10.1007/s00126-002-0334-z>
- Mondillo, N.; Boni, M.; Balassone, G. & Villa, I.M. (2014) - The Yanque prospect (Peru): From polymetallic Zn-Pb mineralization to a nonsulfide deposit. *Economic Geology*, 109(6): 1735-1762. <https://doi.org/10.2113/econgeo.109.6.1735>
- Montgomery, A. (2012) - *Metallogenetic controls on Miocene High-sulphidation epithermal gold mineralization, Alto Chicama district, La Libertad, Northern Perú*. PhD Thesis, Queen's University, Kingston, 436 p.
- Moody, T.C.; Hawkes, N.; Ramos, D.; Loader, S.; Panez, R.; Abbott, C.; Carbonell, J.; Sillitoe, R.H. (2003) - *Los yacimientos de óxido de hierro-cobre en Marcona, Perú*. Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 3, Lima, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.
- Moreno, P. (2018) - *Estudio geológico del depósito de Hierro Cerro Morritos y su relación con la Franja VIII de depósitos Cu-Fe-Au (IOCG) - del Cretácico Inferior*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 78 p. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5634>
- Mukasa, S.B. (1986) - Zircon U-Pb ages of super-units in the Coastal batholith, Peru: Implications for magmatic and tectonic processes. *Geological Society of America Bulletin*, 97(2): 241-254. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1986\)97<241:ZUAOSI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1986)97<241:ZUAOSI>2.0.CO;2)
- Mukasa, S.B. & Henry, D.J. (1990) - The San Nicolas batholith of coastal Peru: early Palaeozoic continental arc or continental rift magmatism? *Journal of the Geological Society London*, 147(1): 27-39. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.147.1.0027>
- Mukasa, S.B. & Tilton, G.R. (1985) - Zircon U-Pb ages of super-units in the Coastal Batholith, Peru. En: Pitcher, W.S.; Atherton, M.P.; Cobbing, E. J. & Beckinsale, R.D., eds. *Magmatism at a plate edge: The Peruvian Andes*. Glasgow: Blackie, p. 203-207.
- Myers, S. & Williams, C. (2000) - Geologic evolution of the Yanacocha district high-sulfidation gold system, northern Peru (abs). En: Cluer, J.K.; Price, J.G.; Struhsacker, E.M.; Hardyman, R.F. & Morris, C.L., eds. *Geology of Ore Deposits 2000 – the Great Basin and beyond: Geological Society of Nevada Symposium Proceedings*, p. 235
- Nagell, R.H. (1957) - Anhydrite complex of the Morococha district, Peru. *Economic Geology*, 52(6): 632-644. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.52.6.632>
- Navarro, P. (2007) - Características metalogenéticas de los yacimientos asociados al Grupo Calipuy en La Libertad y Ancash. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (102): 79-100
- Nelson, G.J.; Pufahl, P.K. & Hiatt, E.E. (2010) - Paleogeographic constraints on Precambrian phosphorite accumulation, Baraga Group, Michigan, USA. *Sedimentary Geology*, 226(1-4): 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2010.02.001>
- Newell, N.D.; Chronic, J. & Roberts, T.G. (1953) - *Upper Paleozoic of Peru*. New York: Geological Society of America, 276 p. GSA Memoirs, 58. <https://doi.org/10.1130/MEM58>
- Newmont Mining Corporation (2004) - *Newmont Mining Corp / DE/ Form 10-K (Annual Report), filed 03/15/04 for the period ending 12/31/03*. EdgardOnline, 287 p.
- Newmont Mining Corporation (2005) - *Newmont Mining Corp / DE/ Form 10-K (Annual Report), filed 03/15/05 for the period ending 12/31/04*. EdgardOnline, 386 p.
- Noble, D.C. (1992) - *Geology of the Orcopampa quadrangle, southern Peru* (informe interno). Lima: Compañía de Minas Buenaventura, 25 p.
- Noble, D.C. (2001) - *Economically important geological constraints on mineralization based on preliminary isotopic age determinations on rocks at Antapite*, (memorando Interno). Compañía de Minas Buenaventura.
- Noble, D.C. (2002) - *Age of mineralization at mina Antapite and Jatun Orcco* (informe interno). Lima: Compañía de Minas Buenaventura.
- Noble, D.C.; Eyzaguirre, V.R. & McKee, E.H. (1990) - Precious-metal mineralization of Cenozoic age in the Andes of Peru. En: Ericksen, G.E.; Cañas-Pinochet, M.T. & Reinemund, J.A., eds. *Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources*. Houston, TX: Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series, 11, p. 207-212.
- Noble, D.C. & McKee, E.H. (1999) - The Miocene metallogenic belt of central and northern Peru. En: Skinner, B.J., ed. *Geology and ore deposits of the Central Andes*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication 7, p. 155-193. <https://doi.org/10.5382/SP.07.05>

- Noble, D.C.; McKee, E.H. & Mégard, F. (1979) - Early Tertiary "Incaic" tectonism, uplift, and volcanic activity, Andes of Central Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 90(10): 903-907. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1979\)90<903:ETITUA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1979)90<903:ETITUA>2.0.CO;2)
- Noble, D.C.; McKee, E.H.; Mourier, T. & Mégard, F. (1990) - Cenozoic stratigraphy, magmatic activity compressive deformation, and uplift in northern Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 102(8): 1105-1113. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1990\)102<1105:CSMA CD>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1990)102<1105:CSMA CD>2.3.CO;2)
- Noble, D.C.; Silberman, M.L.; Mégard, F. & Bowman, H.R. (1978) - Commendite (peralkaline rhyolite) and basalt in the Mitu Group, Peru: evidence for Permian-Triassic lithospheric extension in the Central Andes. *Journal of Research U S Geological Survey*, 6(4): 453-457.
- Noble, D.C.; Vidal, C.; Ángeles, C.; Wise, J.M.; Zanetti, K.A. & Spell, T.L. (2005) - Caldera-related ash-flow tuff of Paleocene age in central Perú and its significance for late Cretaceous and Paleocene magmatism, sedimentation and tectonism. En: Arce, J., ed. *Alberto Giesecke Matto*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Volumen Especial, 6, p. 127-140.
- Noble, D.C.; Vidal, C.; Perelló, J. & Rodríguez, O. (2004) - Space-time relationships of some porphyry Cu-Au, epithermal Au, and other magmatic-related mineral deposits in northern Peru. En: Sillitoe, R.H.; Perelló, J. & Vidal, C., eds. *Andean metallogeny: new discoveries, concepts, and updates*, Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication 11, p. 313-318. <https://doi.org/10.5382/SP.11.17>
- Norman, D.I. & Landis, G.P. (1983) - Source of mineralizing components in hydrothermal ore fluids as evidenced by ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr and stable isotope data from the Pasto Bueno deposit, Peru. *Economic geology*, 78(3): 451-465. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.78.3.451>
- Norton, J.J. & Bromfield, C.S.; Shawe, D.R.; Nolan, T.B. & Wallace, A.R. (1989) - Gold-bearing polymetallic veins and replacement deposits. *U.S. Geological Survey, Bulletin*, 1857, 47 p. <https://doi.org/10.3133/b1857C>
- Noury, M. (2014) - *Evolution géologique de l'avant-arc sud péruvien : apports des données géo-thermochronologiques*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, Grenoble, 343 p.
- Noury, M.; Philippon, M.; Bernet, M.; Paquette, J.-L. & Sempere, T. (2017) - Geological record of flat slab-induced extensión in the southern Peruvian forearc. *Geology*, 45(8): 723-726. <https://doi.org/10.1130/G38990.1>
- Núñez, F.; Mollopasa, S. & Salas, J. (2000) - Características metalogenéticas del depósito porfirítico Cerro Verde. En: Congreso Peruano de Geología, 10. Lima, 2000. *Trabajos técnicos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, tomo 3, p. 1218-1231.
- Olchauski, E. (1980) - Geología de los cuadrángulos de Jaqui, Coracora, Chala y Chaparra. Hojas: 31-ñ, 31-o, 32-ñ, y 32-o. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 34, 69 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/153>
- Organización Internacional para las Migraciones. (2015) - *Migraciones Internas en el Perú*. Lima: OIM, 175 p.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2017) - *La Industria Minera en el Perú, 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo del Perú*. Lima: Osinergmin, 317 p.
- Ostermann, G. (2001) - Geología del Distrito Minero Los Icas. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (92):91-96.
- Oyarzún, J. (2007) - *El Modelo IOCG y el Potencial de Exploración Cuprífera de la Cordillera de la Costa del Norte de Chile*. Aula2puntonet: un portal de cursos y documentos on-line - Geología y Yacimientos Minerales, 6p. <https://bit.ly/3KgJ85s>
- Pachas, D. (2014) - La exploración minera en el Perú: un breve alcance sobre las principales autorizaciones para el desarrollo de un proyecto de exploración en el Perú. *Derecho & Sociedad*, (42): 321-328. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoysociedad/article/view/12487>
- Palacios, C.; Dietrich, A. & Nelson, E.P. (2004) - Geologic setting and characteristics of the volcanic-hosted explorador quartz-Ag-Au vein system, Selene Mining District, Apurímac, southern Peru. En: *GSA2004: Proceedings of the 36th Geological Society of America Annual Meeting*. Geological Society of America, p. 7-10.
- Palacios, C. (2006) - *Geology of the Explorador epithermal vein and Selene mining district, Apurímac, Peru: Lithostratigraphy, structure, alteration and mineralization*. Master Thesis, Colorado School of Mines, Golden, CO, 211 p.

- Palacios, C.; Dietrich, A.; Nelson, E.P. & Layer, P.W. (2008) - Estilos y control de mineralización en el distrito minero de Selene, Apurímac, Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 14 & Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Palacios, O.; Sánchez, A. & Herrera, F., eds. (1995) - Geología del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 55, 177 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/176>
- Paliza, R. (1999) - El impacto de las privatizaciones en el Perú. *Estudios Económicos*, (4): 9-37. <https://bit.ly/3zd3QwH>
- Palma, V. (1981) - *The San Rafael tin-copper deposit, Puno, SE Peru*. Master Thesis, Queen's University, Kingston, 226 p.
- Pascó, A. & Saavedra, J. (2001) - *Reformas estructurales y bienestar: una mirada al Perú de los noventa*. Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo, 306 p.
- Pastor, O. (1991) - El oro en la cuenca del río Madre de Dios - Perú. En: Héral G. & Fornari M., eds., *Gisements alluviaux d'or. Symposium International sur les Gisements Alluviaux d'Or, 3-5 junio 1991, La Paz*. La Paz: ORSTOM, p. 103-113.
- Peralta, E.; Colquhoun, W.; El Rassi, D.; Johnston, A. & Searston, S. (2019) - *Aywilca Polymetallic Project, Department of Pasco, Central Peru. NI 43-101 Technical Report*. Wood, RPA, Transmin, 329 p. Prepared for Tinka Resources Limited.
- Perelló, J.; Carlotto, V.; Zárate, A.; Ramos, P.; Posso, H.; Neyra, C.; Caballero, A.; Fuster, N. & Muhr, R. (2003) - Porphyry-style alteration and mineralization of the middle Eocene to early Oligocene Andahuaylas-Yauri belt, Cuzco region, Peru. *Economic Geology*, 98(8): 1575-1605. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.98.8.1575>
- Pereyra, H. (1996) - Bosquejo Histórico del corregimiento de Cajamarca. *Boletín del Instituto Riva-Agüero*, (23): 173-239.
- Pérez, C. (1998) - *Cerro de Pasco: historia del Pueblo Mártir del Perú 1914-1920*. Pasco: Municipalidad Provincial de Pasco, vol. 3, p. 448.
- Perkins, D.H. (1994) - There are at least three models of East Asian development. *World Development*, 22(4): 655-661.
- Perú. Ministerio de Economía y Finanzas (2000) - *Marco Macroeconómico Multianual 2001-2003*. Lima: MEF, 29 p. <https://bit.ly/3JMF3U>
- Perú. Ministerio de Economía y Finanzas (2001) - *Marco Macroeconómico Multianual 2002-2004*. Lima: MEF, 23 p. <https://bit.ly/3YU7buX>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas (2015) - *Perú 2014: anuario minero: reporte estadístico / annual mining report*. Lima: Minem, Dirección de Promoción Minera, 153 p. <https://bit.ly/3lmZmQU>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas (2016) - *Perú 2015: anuario minero: reporte estadístico / annual mining report*. Lima: Minem, Dirección de Promoción Minera, 159 p. <https://bit.ly/3TDJZAt>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas (2017) - *Perú 2016: anuario minero: reporte estadístico / annual mining report*. Lima: Minem, Dirección de Promoción Minera, 157 p. <https://bit.ly/42n1Uiq>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas (2018) - *Anuario minero 2017*. Lima: Minem, Dirección de Promoción Minera, 138 p. <https://bit.ly/3FydKN3>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas (2019) - *Anuario minero 2018*. Lima: Minem, Dirección de Promoción Minera, 138 p. <https://bit.ly/42iEniN>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas (2020) - *Anuario minero 2019*. Lima: Minem, Dirección de Promoción Minera, 142 p. <https://bit.ly/3QvSVp4>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera (2019) - *Cartera de Proyectos de Construcción de Mina*. Lima: MINEM, 79 p. <https://bit.ly/3zkF0ex>
- Perú. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos (2016) - *Guía de Arbitraje Internacional en Inversiones: guía para asesores jurídicos del Estado*. Lima: MEF, 23 p. <https://bit.ly/3ZU3lnd>
- Perú. Presidencia del Consejo de Ministros. Viceministerio de Gobernanza Territorial (2018) - *Reporte Anual 2017: Secretaría de Gestión Social y Diálogo*. Willaqniki, 01, 106 p. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/187132/WILLAQNIKI_01_2018.pdf <https://bit.ly/3KfUS5U>
- Petersen, G. (2010) - *Mining and Metallurgy in Ancient Perú: a translation of minería y metalurgia en el antiguo Perú*. Virginia: The Geological Society of America, 90 p. Geological Society of America. Special Paper, n.467.

- Petersen, P.S.; Noble, D.C.; McKee, E.H. & Eyzaguirre, V.R. (1983) - A resurgent, mineralized caldera in southern Peru; preliminary report. *Abstracts [Fall Meeting, 1983], Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 64(45): 884. <https://doi.org/10.1029/EO064i045p00657>
- Petersen, U. (1969) - *Regional control Julcani* (Private Report). Lima: Cia. de Minas Buenaventura, 2 p.
- Petford, N. & Atherton, M.P. (1992) - Granitoid emplacement and deformation along a major crustal lineament: the Cordillera Blanca, Peru. *Tectonophysics*, 205(1-3): 171-185. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90425-6](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90425-6)
- Petford, N. & Atherton, M.P. (1996) - Na-rich partial melts from newly underplated basaltic crust: the Cordillera Blanca Batholith, Perú. *Journal of petrology*, 37(6): 1491-1521. <https://doi.org/10.1093/petrology/37.6.1491>
- Petford, N.; Atherton, M.P. & Halliday, A.N. (1996) - Rapid magma production rates, underplating and remelting in the Andes: Isotopic evidence from northern-central Peru (9–11 S). *Journal of South American Earth Sciences*, 9(1-2): 69-78. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(96\)00028-4](https://doi.org/10.1016/0895-9811(96)00028-4)
- Pfiffner, O.A. & Gonzalez, L. (2013) - Mesozoic–Cenozoic evolution of the western margin of South America: Case study of the Peruvian Andes. *Geosciences*, 3(2): 262-310. <https://doi.org/10.3390/geosciences3020262>
- Phillips, G.N. (1986) - Geology and alteration in the Golden Mile, Kalgoorlie. *Economic Geology*, 81(4): 779-808. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.81.4.779>
- Picard, D.; Sempere, T. & Plantard, O. (2008) - Direction and timing of uplift propagation in the Peruvian Andes deduced from molecular phylogenetics of highland biotaxa. *Earth and Planetary Science Letters*, 271(1-4): 326-336. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.04.024>
- Pichavant, M.; Kontak, D.J.; Briqueu, L.; Valencia, J. & Clark, A.H. (1988) - The Miocene-Pliocene Macusani Volcanics, SE Peru. II. Geochemistry and origin of a felsic peraluminous magma. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 100(3): 325-338. <https://doi.org/10.1007/BF00379742>
- Pichavant, M.; Valencia, J.; Boulmier, S.; Briqueu, L.; Joron, J.; Juteau, M.; Marin, L.; Michard, A.; Sheppard, S.M.; Treuil, M. & Vernet, M. (1987) - The Macusani glasses, SE Peru: evidence of chemical fractionation in peraluminous magmas. En: Mysen, B.O., ed. *Magmatic processes: physicochemical principles*. University Park, PA: Geochemical Society, Special Publication, 1, p. 359-373. https://www.geochemsoc.org/files/6914/1258/9484/SP-1_359-374_Pichavant.pdf
- Pilco, R. (2011) - *Hypogene alteration, sulfide mineralogy, and metal distribution at Cerro Yanacocha high-sulfidation epithermal deposit, northern Peru*. Thesis Master, University of Arizona, Tucson, 89 p. <https://www.geo.arizona.edu/Antevs/Theses/PilcoRR2011.pdf>
- Pinto, A. (2015) - Responsabilidad Social Empresarial Xstrata Tintaya. *Investigaciones sociales*, 19(34): 169-182. <https://doi.org/10.15381/is.v19i34.11759>
- Pinto, R. (2002) - *Transición de un sistema de alta sulfuración a un sistema porfirítico de alto nivel de Kupfertal, Distrito minero Yanacocha, Cajamarca, Perú*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 45 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3189>
- Pirajno, F. (2009) - *Hydrothermal processes and mineral systems*. Berlin: Springer, 1250 p.
- Pitcher, W.S. (1997) - Cordilleran-Type Batholith: Magmatism and Crust Formation at a Plate Edge. En: Pitcher, W.S. *The nature and origin of granite*. London: Blackie Academic & Professional, p. 231-257. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5832-9_14
- Plumlee, G.; Montour, M.; Taylor, C.; Wallace, A. & Klein, D. (1995) - Polymetallic vein and replacement deposits. En: du Bray, E., *Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposit models* (Open-File Report 95-831). U.S. Geological Survey, p. 121-129. <https://pubs.usgs.gov/of/1995/ofr-95-0831/#bookFiles>
- Polliand, M.; Schaltegger, U.; Frank, M. & Fontboté, L. (2005) - Formation of intra-arc volcanosedimentary basins in the western flank of the central Peruvian Andes during late Cretaceous oblique subduction: field evidence and constraints from U-Pb ages and Hf isotopes. *International Journal of Earth Sciences*, 94(2): 231-242. <https://doi.org/10.1007/s00531-005-0464-5>
- Pons, G. (1998) - *Compendio de la historia del Perú*. Lima: Bruño, 277 p.
- Ponzoni, E. & Vidal, C. (1982) - Copper mineralization and magmatic hydrothermal brines in the rio Pisco section of the Peruvian coastal batholith - a discussion. *Economic Geology*, 77(8): 1951-1955. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.77.8.1951>

- Ponzoni, E. (1980) - *Metalogenia del Perú. INGEMMET, Boletín Serie B: Geología Económica*, 4, 61 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/225>
- Porras, R. (2016) - *Pizarro, el fundador*. Lima: Universidad Ricardo Palma, p. 584.
- Protzen, J. (2008) - *Arquitectura y construcciones Incas en Ollantaytambo*. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 391 p.
- Pufahl, P.K. (2010) - Bioelemental sediments. En: James, N.P. & Dalrymple, R.W., eds. *Facies Models*. Geological Association of Canada, p. 477-503.
- Pufahl, P.K., & Groat, L.A. (2017) - Sedimentary and igneous phosphate deposits: formation and exploration: an invited paper. *Economic Geology*, 112(3): 483-516. <https://doi.org/10.2113/econgeo.112.3.483>
- Quang, C.X.; Clark, A.H.; Lee, J.K.W. & Guillén, J. (2003) - 40Ar-39Ar ages of hypogene and supergene mineralization in the Cerro Verde-Santa Rosa porphyry Cu-Mo cluster, Arequipa, Peru. *Economic Geology*, 98(8): 1683-1696. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.98.8.1683>
- Quang, C.X.; Clark, A.H.; Lee, J.K.W. & Hawkes, N. (2005) - Response of supergene processes to episodic Cenozoic uplift, pediment erosion, and ignimbrite eruption in the Porphyry Copper Province of southern Perú. *Economic Geology*, 100(1): 87-114. <https://doi.org/10.2113/100.1.0087>
- Quispe, J. (2006) - *Características estructurales e isótopos de plomo de las mineralizaciones auríferas de la franja Huaytará-Tantará, Huancavelica (Perú)*. Tesis Maestría Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales, RED DESIR, Lima, 146 p.
- Quispe, J.; Carlotto, V.; Acosta, J.; Macharé, J.; Chirif, H.; Rivera, R.; Romero, D.; Huanacuni, D. & Rodríguez, R. (2008) - Mapa metalogenético del Perú 2008. En: Congreso Peruano de Geología, 14; Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Quispe, J.; Rodríguez, I. & Sánchez, V. (2007) - *Evolución tectónica de la Deflexión de Huancabamba, norte del Perú. Implicancias geodinámicas y económicas*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 45 p.
- Quispe, L.; Torres, V.; Marchena, A.; Fernández, C.; Acosta, J.; Calla, D.; Jacobo, R. & Valencia, C. (2021) - Interpretación de datos magnetotélúricos de la transecta del sur del Perú y su relación con la metalogenia. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 12, Lima, 2021. *Recursos minerales para un futuro sostenible. Compendio*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 128-132.
- Quispe, W. (2015) - *Estudio geológico y evaluación de recursos de la mineralización de Tugsteno en el yacimiento de la unidad minera Pasto Bueno, provincia de Pallasca, región Áncash*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Jorge Basadre Grohmann, Tacna, 190 p.
- Ramírez, F. (2017) - *Estudio geológico y mineralización de la UP Carahuacra proyecto de exploración y estimación de recursos de la Veta Mary – NV. 1020*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, 70 p. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3408>
- Ramos, V. (2008) - The basement of the Central Andes: The Arequipa and related terranes. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 36: 289-324. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.36.031207.124304>
- Redwood, S.D. (2004) - Geology and development history of the Antamina copper-zinc skarn deposit, Peru. En: Sillitoe, R.H.; Perelló, J.; Vidal, C.E. *Andean metallogeny: new discoveries, concepts, and updates*. Littleton, Colorado: Society of Economic Geologists, Special Publication, n.11, p. 259-277. <https://doi.org/10.5382/SP.11.14>
- Reitsma, M.; Schalteger, U.; Spikings, R.; Ulianov, A.; Gerdes, A. & Chiaradia, M (2014) - *Relating geodynamic setting to periods of crustal growth and reworking as illustrated by the Phanerozoic granitoids of the Eastern Cordillera of South Peru*. En: Geophysical Research Abstracts, vol.14, EGU2012-1766.
- Requejo, L. (2019) - *Geología, mineralización y evaluación de la veta Yamila en el yacimiento minero Julcani" compañía de minas Buenaventura SAA distrito de Ccochaccasa, provincia de Angaraes y departamento de Huancavelica*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9661>
- Reyes, L. & Caldas, J. (1987) - Geología de los cuadrángulos de: Las Playas 9-c, La Tina 9-d, Las Lomas 10-c, Ayabaca 10-d, San Antonio 10-e, Chulucanas 11-c, Morropón 11-d, Huancabamba 11-e, Olmos 12-d, Pomahuanca 12-e. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 39, 83 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/159>

- Reyes, L. (1980) - Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas: 15f, 15g, y 16g. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 31, 75 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/150>
- Richards, J.P. (2003) - Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation. *Economic Geology*, 98(8): 1515-1533. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.98.8.1515>
- Richards, J.P. (2005) - Cumulative factors in the generation of giant calc-alkaline porphyry Cu deposits. En: Porter T.M., ed. *Super porphyry copper and gold deposits: a global perspective*. Linden Park, SA: PGC Publishing, v. 1, p. 7-25.
- Richards, J.P. (2009) - Postsubduction porphyry Cu-Au and epithermal Au deposits: Products of remelting of subduction-modified lithosphere. *Geology*, 37(3): 247-250. <https://doi.org/10.1130/G25451A.1>
- Richards, J.P. (2011) - High Sr/Y arc magmas and porphyry Cu \pm Mo \pm Au deposits: Just add water. *Economic Geology*, 106(7): 1075-1081. <https://doi.org/10.2113/econgeo.106.7.1075>
- Richards, J.P.; Boyce, A.J. & Pringle, M.S. (2001) - Geologic evolution of the Escondida Area, northern Chile: a model for spatial and temporal localization of porphyry Cu mineralization. *Economic Geology*, 96(2): 271-305. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.96.2.271>
- Richards, J.P. & Mumin, J. (2013) - Lithospheric Fertilization and Mineralization by Arc Magmas: Genetic Links and Secular Differences Between Porphyry Copper \pm Molybdenum \pm Gold and Magmatic-Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold Deposits. En: Colpron, M.; Bissig, T.; Rusk, B.G. & Thompson, J.F.H., eds. *Tectonics, Metallogeny, and Discovery: The North American Cordillera and Similar Accretionary Settings*. Society of Economic Geologists, Special Publication, vol. 17, p. 277-299. <https://doi.org/10.5382/SP.17.09>
- Ríos, A. (2004) - *Estudios del metalotecto Lancones y su potencial por yacimientos de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) - (Piura - Perú)*. Descripción, interpretación y potencial. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 364 p.
- Rivera, M.; Monge, R. & Navarro, P. (2005) - Nuevos datos sobre el volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) en el Norte del Perú: Departamentos de La Libertad y Ancash. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (99): 7-21.
- Rivera, R.; Bustamante, A.; Acosta, J. & Santisteban, A. (2010) - *Evaluation of ore deposits potential in the Andahuaylas-Yauri Batholith*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Informe Técnico A6491, 104 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1894>
- Rivera, R.; Condori, N. & Valencia, J. (2011) - Metalogenia del uranio en las regiones de Cusco y Puno. *INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica*, 23, 128 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/216>
- Rivera, R. & Manrique, M. (2010) - *Ocurrencias de uranio en el centro del Perú*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Informe Técnico A6492, 9 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1895>
- Robb, L.J. (2005) - *Introduction to ore-forming processes*. Oxford: Blackwell Science, 373 p.
- Rodriguez, E. & Schávelon, D., eds. (2012) - *Actas del V Congreso Nacional de Arqueología Histórica (Tomo I)*. Buenos Aires: Editorial Academia Española.
- Rodríguez, I.; Quispe, J.; Sánchez, V.; Villarreal, E. & Jaimes, F. (2008) - Metalogenia de la Cuenca Lancones: noroeste del Perú – sur del Ecuador. En: Congreso Peruano de Geología, 14 & Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Rodríguez, I.; Villarreal, E.; Valencia, M., & Sánchez, V. (2012) – Metalogenia, geología económica y potencial minero de la Deflexión de Huancabamba: Noroeste del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica*, 29, 224 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/221>
- Rodríguez, J. (2019) - *Estudio geotécnico para tajo, Proyecto Coroccohuayco-Cusco-Perú*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 168 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10418>
- Rojas, J. & Salazar, J. (2005) - Geología y exploración del yacimiento epitermal de Chipmo-Orcopampa. Arequipa: Cía. de Minas Buenaventura, U.E.A. Orcopampa, 40 p. (consulta: julio 2022). <https://bit.ly/3JGYO1H>
- Romani, M. (1982) - *Géologie de la région minière Uchucchacua-Hacienda Otuto, Pérou*. Thèse Docteur de 3ème Cycle. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, Grenoble, 178 p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00709939>
- Romero, D. (2007) - *La cuenca Cretácico Superior-Paleoceno del Perú central: un metalotecto para la exploración*

- del SMV., ejemplo mina María Teresa.* Tesis Maestría, Universidad Politécnica de Madrid, Red DESIR, 100 p.
- Romero, D.; Quispe, J.; Carlotto, V. & Tassinari, C. (2008) - Los depósitos de la cuenca Maastrichtiano-Daniano: relación con los yacimientos tipo SMV; Perú central. En: Congreso Peruano de Geología, 14 & Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes.* Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Rosales, O. (2020) – *El sueño chino: cómo se ve China a sí misma y cómo nos equivocamos los occidentales al interpretarla.* CEPAL, Siglo Veintiuno Editores, 242 p. <https://hdl.handle.net/11362/45114>
- Rosas, S. & Fontboté, L. (1995) - Evolución sedimentológica del Grupo Pucará (Triásico superior-Jurásico inferior) en un perfil SW-NE en el centro del Perú. En: Sociedad Geológica del Perú. *Volumen Jubilar Alberto Benavides.* Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 279-309.
- Rosas, S.; Fontboté, L. & Morche, W. (1997) - Vulcanismo de tipo intraplaca en los carbonatos del Grupo Pucará (Triásico superior-Jurásico inferior, Perú central) y su relación con el vulcanismo del Grupo Mitu (Pérmico superior-Triásico). En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima, 1997. *Resúmenes extendidos.* Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 393-396.
- Rosas, S.; Fontboté, L. & Tankard, A.J. (2007) - Tectonic evolution and paleogeography of the Mesozoic Pucará basin, central Peru. *Journal of South American Earth Sciences*, 24(1): 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2007.03.002>
- Rottier, B.; Casanova, V.; Fontboté, L.; Kouzmanov, K.; Alvarez, H. & Bendezú, R.A. (2013) - Early mineralization at Cerro de Pasco (central Peru) revisited. En: 12th Society for Geology Applied to mineral deposits Biennial Meeting, Uppsala, Sweden, 2013. *Proceedings*, vol. 2, p. 864-867.
- Rottier, B.; Kouzmanov, K.; Casanova, V.; Bendezú, R.A.; Cuéllar, D. & Fontboté, L. (2015) - Multiple porphyry events at Cerro de Pasco, central Peru. En: *Mineral Resources in a Sustainable World, 13th SGA Biennial Meeting, Nancy, France, 24-27 August 2015. Proceedings*, vol. 1, p. 351-354.
- Rottier, B.; Kouzmanov, K.; Fontboté, L. & Wälle, M. (2014) - *Ore-forming fluids associated with the early mineralization at Cerro de Pasco, Peru.* En: Ridley, J. & Hofstra, A., eds. Pan-American Current Research on Fluid Inclusions, June 2–5, 2014. *PACROFI XII Abstract volume.* Colorado: U.S. Geological Survey; Colorado State University, p. 48-49.
- Rovira, S. (2017) - La metalurgia inca: estudio a partir de las colecciones del Museo de América de Madrid. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 46 (1): 97-131. <https://doi.org/10.4000/bifea.8155>
- Ruiz, A. (2002) - *El proceso de privatizaciones en el Perú durante el período 1991-2002.* Santiago: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social, 84 p. <https://hdl.handle.net/11362/7273>
- Saavedra, J. (1999) - *La flexibilización del mercado laboral.* Lima: Instituto Peruano de Economía, 32 p.
- Sabastizágal, E. & Meza, J. (2008) - Control estructural de la falla 1 como responsable de la mineralización en las vetas epitermales de la mina Paula, Arequipa- Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 14; Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes.* Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Salas, E. (2000a) - Geología del yacimiento de Iscaycruz. En: *Seminario Metalogenia y Exploración de Yacimientos Polimetálicos, Lima, diciembre 1999.* Lima: Ingemmet, p. 149-181.
- Salas, E. (2000b) - Yacimiento polimetálico Iscaycruz. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999. *Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología.* Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 275-300.
- Salazar, H. & Landa, C. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chíncha, Tantará y Castrovirreyna. Hojas: 26-j, 26-k, 26-l, 26-m, 27-k, 27-l, 27-m. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 44, 96 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/164>
- Salazar, J.C. (2008) - *Epithermal gold-telluride mineralization in the Chipmo deposit, Orcopampa district, Arequipa, Perú.* Tesis de Maestría no publicada, University of Western Australia, 105 p.
- Salazar, J.C.; Mayta, O. & Gamarra, L. (2003) - *Mineralización de oro en la veta Nazareno.* En: PERUMIN 26 Convención Minera, Arequipa, Perú. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.

- Salter, V.J.M. (2018) - Uranium. En: White, W.M.; Casey, W.H. & Marty, B., eds. *Encyclopedia of geochemistry*. California: Springer, p. 1464-1468. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39312-4_280
- Samamé, M. (1979) - *El Perú Minero. Tomo I: Historia*. Lima: Editora Perú, 311 p.
- Sánchez, A.; Rodríguez, W.; Valdivia, E.; Gamarra, C. & Jiménez, W. (1983) - *Prospección geológica, minera y geofísica del área de Reserva Potro Bayo (C° Algodonal - C° La Mina)*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Informe técnico A3380, 24 p.
- Sánchez-Albavera, F. & Lardé, J. (2006) - *Minería y competitividad internacional en América Latina*. Santiago: CEPAL, 140 p. <https://hdl.handle.net/11362/6304>
- Sánchez-Albavera, F.; Ortiz, G. & Moussa, N. (1999) - *Panorama minero de América Latina a fines de los años noventa*. Santiago: CEPAL, 82 p. <https://hdl.handle.net/11362/6275>
- Satchwell, P.C. (1983) - Geología de la mina Cuajone: *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (72): 127-146.
- Seminario, B. (2016) - *El desarrollo de la economía peruana en la era moderna: precios, población, demanda y producción desde 1700*. Lima: Universidad del Pacífico, 1298 p. <http://hdl.handle.net/11354/1160>
- Shady, R. (1997) - *La ciudad sagrada de Caral - Supe en los albores de la civilización en el Perú*. Lima: UNMSM, Fondo Editorial, 75 p.
- Shady, R. (2002) - Caral-Supe: La civilización más antigua de América. *Investigaciones Sociales*, 6(9): 51-81. <https://doi.org/10.15381/is.v6i9.8078>
- Sibson, R.H.; Robert, F. & Poulsen, K.H. (1988) - High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*, 16(6): 551-555. <https://doi.org/cq2pf>
- Sillitoe, R.H. (1985) - Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs. *Economic Geology*, 80(6): 1467-1514. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.80.6.1467>
- Sillitoe, R.H. (1997) - Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region. *Australian Journal of Earth Sciences*, 44(3): 373-388. <https://doi.org/10.1080/08120099708728318>
- Sillitoe, R.H. (1999) - Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralisation in porphyry and epithermal environments. En: Weber, G., ed. *International Congress on Earth Science, Exploration and Mining around the Pacific Rim*, Bali 10-13 October 1999. *PACRIM '99 Congress: proceedings*. Carlton, Victoria: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Publication Series, n.4, p. 29-44.
- Sillitoe, R.H. (2000) - Gold-rich porphyry deposits: Descriptive and genetic models and their role in exploration and Discovery. En: Hagemann, S.G. & Brown, P.E., eds. *Gold in 2000*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, *Reviews in Economic Geology*, 13, p. 315-345. <https://doi.org/10.5382/Rev.13.09>
- Sillitoe, R.H. (2010) - Porphyry copper systems. *Economic Geology*, 105(1): 3-41. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.105.1.3>
- Sillitoe, R.H.; Hannington, M.D. & Thompson, J.F.H. (1996) - High sulfidation deposits in the volcanogenic massive sulfide environment. *Economic Geology*, 91(1): 204-212. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.91.1.204>
- Sillitoe, R.H. & Hedenquist, J.W. (2003) - Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits. En: Simmons, S.F.; Graham, I., eds. *Volcanic, geothermal, and ore-forming fluids: rulers and witnesses of processes within the earth*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication, 10, p. 315-343
- Sillitoe, R.H. & Perelló, J. (2005) - Andean copper province: tectonomagmatic settings, deposit types, metallogeny, exploration, and discovery. En: *Economic Geology: one hundredth anniversary volume 1905-2005*. Littleton, Colorado: Society of Economic Geologists, p. 845-890
- Sillitoe, R.H. & Thompson, J.F. (1998) - Intrusion-Related Vein Gold Deposits: Types, Tectono-Magmatic Settings and Difficulties of Distinction from Orogenic Gold Deposits. *Resource Geology*, 48(4): 237-250. <https://doi.org/10.1111/j.1751-3928.1998.tb00021.x>
- Sillitoe, R.H. & Mortensen, J.K. (2010) - Longevity of porphyry copper formation at Quellaveco, Perú. *Economic Geology*, 105(6): 1157-1162. <https://doi.org/10.2113/econgeo.105.6.1157>
- Simmons, A.T. (2013) - *Magmatic and hydrothermal stratigraphy of Paleocene and Eocene porphyry Cu-Mo deposits in Southern Peru*. PhD Thesis, University of British Columbia, Vancouver, 346 p.
- Simmons, A.T.; Tosdal, R.M.; Wooden, J.L.; Mattos, R.; Concha, O.; McCracken, S. & Beale, T. (2013) - Punctuated magmatism associated with porphyry Cu-Mo

- formation in the Paleocene to Eocene of southern Peru. *Economic Geology*, 108(4): 625-639. <https://doi.org/10.2113/econgeo.108.4.625>
- Singer, D.A.; Berger, V.I.; Menzie, W.D. & Berger, B.R. (2005) - Porphyry copper deposit density. *Economic Geology*, 100(3): 491-514. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.100.3.491>
- Soler, P. & Bonhomme, M.G. (1988) - Oligocene magmatic activity and associated mineralization in the polymetallic belt of central Peru. *Economic Geology*, 83(3): 657-663. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.83.3.657>
- Soler, P. & Bonhomme, M.G. (1990) - Relation of magmatic activity to plate dynamics in Central Peru from Late Cretaceous to present. En: Kay, S.M. & Rapela, C.W., eds. *Plutonism from Antarctica to Alaska*. Boulder, CO: Geological Society of America, Special Paper 241, p. 173-192. <https://doi.org/10.1130/SPE241-p173>.
- Soler, P.; Bonhomme, M.G. & Laubacher, G. (1990) - Edades K-Ar de rocas intrusivas de la región Comas-Satipo (Cordillera Oriental del Perú Central), implicaciones tectónicas. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (81):121-125.
- Solis, M. (2015) - *Estructuras de Mineralización del Yacimiento minero de Atacocha – Cerro de Pasco*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, 95 p. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/254>
- Steinmüller, K. (1999) - *Depósitos metálicos en el Perú: su metalogenia, sus modelos, su exploración y el medio ambiente*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 171 p.
- Steinmüller, K.; Chacón, N. & Grant, B. (2000) - Volcanogenic massive sulphide deposits in Peru. En: Sherlock, R.L. & Logan, M.A.V., eds. *Volcanogenic massive sulfide deposits of Latin America*. Newfoundland: Geological Association of Canada Mineral Deposits Division, Special Publication, 2, p. 423-437.
- Sutta, D. (2011) - *Historia de la minería, sus frustraciones y esperanzas en el Perú*. Tesis Licenciado en Historia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 136 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/1088>
- Swanson, K.E. ; Noble, D.C. ; McKee, E.H. & Gibson, P.C. (1993) - Collapse calderas and other Neogene volcanic and hydrothermal features of the Chila cordillera and adjacent areas, southern Perú. *Geological Society of America. Abstracts with Programs.*, 25: 154.
- Taco, J.; Guzmán, J. & Mota e Silva, J. (2019) - *Proyecto Hilarión, yacimiento tipo skarn de Zn-Pb-Ag-(Cu) en la franja Mesozoica de la Cordillera Chaupijanca y su exploración usando sondajes dirigidos (Sistema DeviDrill de bajo ángulo)*. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 11 Lima 20-22 mayo, 2019. *ProExplo 2019 - exploración minera: ciencia, innovación e inversión extranjera*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 58-62.
- Tapia, M.; Mendoza, C.; Arias, H. & Hermitaño, J. (2019) - Estilos de mineralización en el Complejo Pasco. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 11, Lima, 2011. *ProExplo 2019 - exploración minera: ciencia, innovación e inversión extranjera*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 75-80.
- Tassinari, C.C.G.; Castroviejo, R.; Rodrigues, J.F.; Acosta, J. & Pereira, E. (2010) - Neoproterozoic ultramafic and mafic magmatism in the Eastern Cordillera of the Central Peruvian Andes: The Tapo massif. En: Congreso Peruano de Geología, 15, Cusco 2010. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 59-62.
- Tegart, P. (2000) – Tambo Grande district, Piura Department, northern Peru. En: Congreso Peruano de Geología, 10, Lima, 2000. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 236.
- Tegart, P., Allen, G. & Carstensen, A. (2000) - Regional setting, stratigraphy, alteration and mineralization of the Tambo Grande VMS district, Piura department, northern Peru. En: Sherlock, R.L. & Logan, M.A.V., eds. *Volcanogenic massive sulfide deposits of Latin America*. Newfoundland: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication, 2, p. 375-405.
- Thompson, J.F.H. (1993) - Application of deposit models to exploration. *Geological Association of Canada, Special Paper*, 40, p. 51-67
- Thorp, R. (1995) - *Gestión económica y desarrollo en Perú y Colombia*. Lima: Universidad del Pacífico, 328 p.
- Thorp, R. & Bertram, G. (2013) - *Perú: 1890-1977: Crecimiento y políticas en una economía abierta*. Lima: Universidad del Pacífico, 479 p.
- Titley, S.R. (1993) - Characteristics of porphyry copper occurrences in the American Southwest. *Geological Association of Canada, Special Paper*, 40, p. 433-464.

- Toscano, M.; Pérez-López, R. & Sáez, R. (2012) - Concentración de minerales pesados mediante técnicas de batea y su interpretación. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20(2): 164-164.
- Tosdal, R.M. & Richards, J.P. (2001) - Magmatic and structural controls on the development of porphyry Cu ± Mo ± Au deposits. En: Tosdal, R.M. & Richards, J.P., eds. *Structural controls on ore genesis*. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology, 14, p. 157-181. <https://doi.org/10.5382/Rev.14.06>
- Trinidad, I.; Mamani M. & Sánchez, E. (2021) - Calizas relacionadas a depósitos polimetálicos del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 19, Lima, 2018. *Resúmenes ampliados*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 482-485.
- Trujillo, J. & Terán, L. (2000) - Geoquímica de oro y elementos trazas en el yacimiento Cerro Negro, distrito aurífero de Yanacocha – Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 10, Lima, 2000. *Trabajos Técnicos*. Soc. Geológica del Perú, Lima, p. 529-540.
- Trumbull, R.B.; Riller, U.; Oncken, O.; Scheuber, E.; Munier, K. & Hongn, F. (2006) - The Time-Space Distribution of Cenozoic Volcanism in the South-Central Andes: a New Data Compilation and Some Tectonic Implications. En: Oncken, O.; Chong, G.; Franz, G.; Giese, P.; Götze, H-J.; Ramos, V.A.; Strecker, M.R. & Wigger, P. *The Andes: active subduction orogeny*. Berlin, Heidelberg: Springer, Frontiers in Earth Sciences, p.29-43. https://doi.org/10.1007/978-3-540-48684-8_2
- Tumialán, P. (1997) - Geología del Prospecto Corocohuayco (Tintaya-Cusco). En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima, 1997, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 213-216. Publicación Especial.
- Tumialán, P. (2003) - Compendio de yacimientos minerales del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica*, 10, 620 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/202>
- Tumialán, P.; Dunin, E. & Valz, L. (1976) - Controles de mineralización de la veta Paccha (Hualgayoc-Cajamarca). En: Convención de Ingenieros de Minas, 13, Arequipa 8-12 setiembre 1976. *Trabajos técnicos*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, I-4, p.1-6.
- Uhlig, S. (1990) - Yacimientos de estaño y wolframio: su relación con los procesos de tectónica de placas. *Cadernos do Laboratorio Xeológico de Laxe*, 15: 281-295. <http://hdl.handle.net/2183/6060>
- United States. Bureau of Mines (1981) - *Minerals yearbook 1980. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 950 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/UWGUQYEEN7ZLH8C>
- United States. Bureau of Mines (1982) - *Minerals yearbook 1981, Centennial edition 1981. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 968 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/UP6QKWMGW6H6X8N>
- United States. Bureau of Mines (1983) - *Minerals yearbook 1982. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 961 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/6SPAL4ZWBVTSM8F>
- United States. Bureau of Mines (1984) - *Minerals yearbook 1983. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 993 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/ZJDITAWX26DJC9C>
- United States. Bureau of Mines (1985) - *Minerals yearbook 1984. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1034 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/3BE4PHSM7DXOW84>
- United States. Bureau of Mines (1987) - *Minerals yearbook 1985. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1034 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/PHC27J5PWAPMF8W>
- United States. Bureau of Mines (1988) - *Minerals yearbook 1986. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1067 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/5EUMZZPHM7D5Z8D>
- United States. Bureau of Mines (1989) - *Minerals yearbook 1987. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 990 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/PCUAWIWNUXSEF9A>
- United States. Bureau of Mines (1990) - *Minerals yearbook 1988. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1076 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/WTEBKBLELMSTD8A>
- United States. Bureau of Mines (1991a) - *Minerals yearbook 1989. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1186 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/DJ3TNNJ5XIGI38K>

- United States. Bureau of Mines (1991b) - *Minerals yearbook 1990: Latin America and Canada, volume 3*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 325 p. <https://bit.ly/3AWgX6S>
- United States. Bureau of Mines (1991c) - *Minerals yearbook 1991. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1754 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/5X7AVV22D2URO8R>
- United States. Bureau of Mines (1992) - *Minerals yearbook 1992. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1495 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/FYIUUSH2IKTZT18Q>
- United States. Bureau of Mines (1993a) - *Minerals yearbook 1990. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1284 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/EZRI27J2VYVCG8G>
- United States. Bureau of Mines (1993b) - *Minerals yearbook 1993. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1300 p. <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/2YIJA2GUJDKQB86>
- United States Department of the Interior (1995) - *Minerals yearbook 1995. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey.
- United States. Bureau of Mines (1996a) - *Minerals yearbook 1994. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 944 p.
- United States. Bureau of Mines (1996b) - *Minerals yearbook 1996. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 998 p.
- United States. Bureau of Mines (1997) - *Minerals yearbook 1997. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1044 p.
- United States. Bureau of Mines (1998) - *Minerals yearbook 1998. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: Bureau of Mines, 1060 p.
- United States Geological Survey (1999) - *Minerals yearbook 1999. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey, 1076 p.
- United States Geological Survey (2000) - *Minerals yearbook 2000. Volume I: Metals and minerals*. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey, 1034 p.
- United States Geological Survey (2010) - *Minerals yearbook, Area reports: International 2007. Latin America and Canada, volume 3*. Washington, D.C.: U. S. Geological Survey, 196 p. <https://doi.org/10.3133/70178419>
- Uribe, E. & Zapana, E. (2014) - Exploraciones aledañas y descubrimiento de nuevos recursos que permiten una visión de ampliación de la producción en mina Raura. *Minería*, 61(437): 53-58.
- Uzátegui, A.; Azán, J. & Ríos, H. (2016) - Mineralización y fases intrusivas en el pórfido de cobre-oro-molibdeno de Cerro Corona. En: Congreso Peruano de Geología, 18, Lima, 2016, *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 3 p.
- Valdivia, J. (2005) - El yacimiento de sulfuros de cobre Cerro Verde. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 4, Lima, 2005. *Trabajos técnicos*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 25 p.
- Valdivia, V.; Toro, J.; Mamani, M. & Terán, J.C (2014) - Chipispaya: pórfido Cu-Au del Mioceno inferior en el sur de Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, (109): 61-66.
- Valencia, M. & Villarreal, E. (2009) - *Informe sobre la metalogenia de la Cordillera Oriental: sectores sureste y norte del Perú*. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A6480, 83 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1953>
- Vásquez, E. (2000) - *Estrategias del poder: grupos económicos en el Perú*. Lima: Universidad del Pacífico, 511 p. <http://hdl.handle.net/11354/1585>
- Vidal, C. (1987) - Kuroko type deposits in the middle Cretaceous marginal basin of Central Peru. *Economic Geology*, 82(6): 1409-1430. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.82.6.1409>
- Vidal, C. (2005) - *Potencial geológico minero en el desierto de Sechura [presentación de diapositivas]*. En: Simposium Nacional de Minería, 13, Piura, 2005. Universidad Nacional de Piura, 21 p.
- Vidal, C. & Ligarda, R. (2004) - Enargite-gold deposits at Marcapunta, Colquijirca Mining District, Central Peru: mineralogic and geochemical zoning in subvolcanic limestone-replacement deposits of high-sulfidation epithermal type. En: Sillitoe, R.H.; Perelló, J. & Vidal, C. eds. *Andean metallogeny: new discoveries, concepts, and updates*. Littleton, Colorado: Society of Economic Geologists, Special Publication, n.11, p. 231-241. <https://doi.org/10.5382/SP.11.12>
- Vidal, C.; Injoque, J.; Sidder, G.B. & Mukasa, S.B. (1990) - Amphibolitic Cu-Fe skarn deposits in the central coast of Peru. *Economic Geology*, 85(7): 1447-1461. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.85.7.1447>

- Vidal, C.; Mayta, O.; Noble, D.C. & McKee, E.H. (1984) - Sobre la evolución de las soluciones hidrotermales desde el centro volcánico Marcapunta en Colquijirca, Pasco. En: Sociedad Geológica del Perú, *Volumen jubilar LX Aniversario, homenaje al Dr. Georg Petersen G.* Lima: Sociedad Geológica del Perú, fasc. 10, 14 p.
- Viladevall, M. (2005) - *La prospección de placeres de oro y otros minerales densos.* Universidad de Barcelona, 158 p.
- Villanes, C. (2006) - *Yacimiento aurífero Poderosa, distrito de Pataz, Cordillera Oriental del Perú: contexto geológico, marco estructural, alteraciones hidrotermales, mineralogía y estilos de mineralización,* informe inédito. Lima: Compañía Minera Poderosa.
- Vivas, C. (2009) - *Incremento de la altura de corte, en función a un estudio geomecánico para optimizar la producción del stope 097 en la zona de Santa Bárbara, sección 02 en el Nv 3420 en la Compañía Minera Atacocha-Unidad Atacocha-Grupo Milpo.* Tesis Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 131 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3157>
- Volcan Compañía Minera (2020) - *Memoria 2019.* Volcan, 128 p. (consulta: octubre 2022) <https://bit.ly/3AYQ1Tv>
- Wallace, A.R. (2003) - Geology of the Ivanhoe Hg-Au district, northern Nevada: Influence of Miocene volcanism, lakes, and active faulting on epithermal mineralization. *Economic Geology*, 98(2): 409-424. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.98.2.409>
- Webb, R. (2013) - *Conexión y despegue rural.* Lima: Universidad San Martín de Porres, Instituto del Perú, 271 p.
- Weir, I.; Cárdenas, R.; Geusebroek, P.; Altman, K. & Theben, S. (2017) - *Technical report on the preliminary economic assessment of the Magistral Project, Ancash Region, Peru,* Technical Report NI 43-101. VM Holding, 233 p. <https://minedocs.com/21/Magistral-PEA-08022017.pdf>
- Wilkinson, J.J. (2013). - Triggers for the formation of porphyry ore deposits in magmatic arcs. *Nature Geoscience*, 6(11): 917-925. <https://doi.org/10.1038/ngeo1940>
- Williams, P.J.; Barton, M.D.; Johnson, D.A.; Fontboté, L.; De Haller, A.; Mark, G.; Oliver, N. & Marschik, R. (2005) - Iron oxide copper-gold deposits: geology, space-time distribution, and possible modes of origin. En: Hedenquist, J.W.; Thompson, J.F.H.; Goldfarb, R.J. & Richards, J.P., eds. *Economic Geology: one hundredth anniversary volume 1905-2005.* Littleton, CO: Society of Economic Geologists, p. 371-405.
- Williamson, J. (1990) - What Washington means by policy reform. En: Williamson, J., ed. *Latin American adjustment: how much has happened?* Washington D.C.: Institute for International Economics. <https://bit.ly/43AJxXW>
- Wilson, J.J. (1984) - Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e). *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 38, 104 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/157>
- Wilson, M.R. & Åkerblom, G.V. (1982) - Uranium-enriched granites in Sweden. En: Evans, A.M., ed. *Metallization associated with acid magmatism.* Chichester: John Wiley & Sons, p. 367-385.
- Winter, J.D. (2001) - *An introduction to igneous and metamorphic petrology.* Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 697 p.
- Winter, L.S. (2008) - *The genesis of 'giant' copper-zinc-gold-silver volcanogenic massive sulphide deposits at Tambogrande, Perú: age, tectonic setting, paleomorphology, litho geochemistry and radiogenic isotopes.* PhD Thesis, University of British Columbia, Vancouver, 274 p.
- Winter, L.S.; Tosdal, R.M.; Franklin, J.M. & Tegart, P. (2004) - A reconstructed Cretaceous depositional setting for giant volcanogenic massive sulfide deposits at Tambogrande, northwestern Peru. En: Sillitoe, R.H.; Perelló, J. & Vidal, C., eds. *Andean metallogeny: new discoveries, concepts, and updates,* Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication 11, p. 319-340.
- Winter, L.S.; Tosdal, R.M.; Franklin, J.M.; Tegart, P. & Carstensen, A. (2002) - Models for the development of the tectonic and depositional setting of giant volcanogenic massive sulphide deposits: Tambogrande, northwest Peru. En: Congreso Peruano de Geología, 11, Lima, 2002. *Resúmenes.* Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 245.
- Wise, J.M.; Noble, D.C.; Zanetti, K.A., & Spell, T.L. (2008) - Quechua II contraction in the Ayacucho intermontane basin: Evidence for rapid and episodic Neogene deformation in the Andes of central Perú. *Journal of South American Earth Sciences*, 26(4): 383-396. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2008.08.012>

- Yana, J. (2014) – *Análisis de precisión y control topográfico subterráneo de labores y tajos para el planeamiento de minado en Consorcio Minero Horizonte – Unidad Parcoy*. Tesis Ingeniero de Minas, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3950>
- Yang, K.; Browne, P.R.L.; Huntington, J.F. & Walshe, J.L. (2001) - Characterising the hydrothermal alteration of the Broadlands–Ohaaki geothermal system, New Zealand, using short-wave infrared spectroscopy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 106(1-2): 53-65. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(00\)00264-X](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(00)00264-X)
- Zappettini, E.; Godeas, M.; Seggiaro, R.E.; Korzeniewski, L.I.; Rubiolo, D.; Miranda, V.; Uribe, H.; Heuschmidt, B.; Rodríguez, C.; Vivallo, W.; Gardeweg, M.C. & Mpodozis, C. (2001) - *Mapa metalogénico de la región fronteriza entre Argentina, Bolivia, Chile y Perú (14°S-28°S)*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 222 p., Publicación Geológica Multinacional, 2.
- Zarate, H. (2006) – *Proyecto GR-5: Estudio geológico del Batolito de Balsas-Pataz-Buldibuyo: Ocurrencias de la mineralización en el área de estudio*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 54 p.
- Zartman, R.E. & Cunningham, C.G. (1995) – U-Th-Pb zircon dating of the 13.8-Ma dacite volcanic dome at Cerro Rico de Potosí, Bolivia. *Earth and Planetary Science Letters*, 133(3-4): 227-237. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(95\)00093-R](https://doi.org/10.1016/0012-821X(95)00093-R)
- Zegarra, J., & Canales, H. (2013) - Exploración de fosfatos en el Perú y su implicancia a nivel mundial. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (107): 176-179.
- Zegarra, L.; Kuramoto, J.; Glave, M.; Manrique, N.; Jaramillo, M.; Huamán, R.; Pastor, G.; Ponce, L. & Parodi, C. (2020) - *Compendio de historia económica del Perú. Tomo 5: La economía peruana entre la gran depresión y el reformismo militar*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú, 668 p. Serie: Historia Económica, 22. <https://bit.ly/3Jhdmnd>
- Zevallos, R.A. (1966) - *Geology of the Acari iron mining district Arequipa, Peru*, unpublic. MastersThesis, University of Missouri at Rolla, 170 p.
- Zweng, P.L. & Clark, A.H. (1995) - Hypogene evolution of the Toquepala porphyry copper-molybdenum deposit, Moquegua, Southeastern Peru. En: Pierce, F.W. & Bolm, J.G., eds. *Porphyry copper deposits of the American Cordillera*. Arizona: Arizona Geological Society, Arizona Geological Society Digest, 20, p. 566-612.

ANEXO 1

RELACIÓN DE ACTIVOS DEL ESTADO PRIVATIZADOS Y/O TRANSFERIDOS

Venta de acciones y/o activos

1. Cia. Minera Condestable S.A. (Condestable)

Mina de Cobre. Se vendió 2 154 999 acciones (80.2 % del capital social) en la subasta realizada el 26 de mayo de 1992, en la Bolsa de Valores de Lima (BVL). El comprador fue el grupo local Serfin que ofreció S/0.68 por acción, equivalente a un monto total de US\$1 291 101.

2. Minero Perú Comercial USA Inc. (Minpeco USA)

Trading de minerales. El 7 de septiembre de 1992 se subastó en la Bolsa de Valores de Lima las acciones de Minpeco USA por un total de US\$4 100 000. La adjudicataria fue la empresa brasileña Ingá, perteneciente al Grupo Kibo.

3. Empresa Minera del Hierro del Perú S. A. (Hierro Perú)

Mina de hierro. El 5 de noviembre de 1992 se adjudicó el 100 % de las acciones de Hierro Perú a la empresa china Shougang Corporation, por US\$120 000 000 (del cual US\$1 900 000 fue cancelado por los trabajadores que adquirieron el 1.6 % de las acciones con sus beneficios sociales). Adicionalmente, Shougang se comprometió a invertir US\$137 000 000 entre 1996 y 1999.

4. Quellaveco de Minero Perú

Yacimiento de cobre. El 19 de diciembre de 1992 se otorgó la buena pro del proyecto Quellaveco a la empresa Minera Quellaveco S.A., filial en el Perú de Mantos Blancos (empresa chilena filial de Anglo American Corp. de Sudáfrica). El monto total de la transacción fue de US\$12 000 000, pagados en tres cuotas: US\$3 600 000 al contado y dos cuotas anuales de US\$4 200 000, con un interés del 6 % anual sobre el saldo.

5. Sociedad Minera Cerro Verde S. A. (Cerro Verde)

Mina de Cobre. El 10 de noviembre de 1993 se subastó el 100 % de las acciones de Cerro Verde. La buena pro fue otorgada a Cyprus Amax Minerales (EE. UU.) por US\$37 000 000. Los trabajadores adquirieron el 8.35 % de las acciones por US\$3

100 000. Luego de efectuado el ajuste de precio por auditoría de cierre, el total pagado por Cyprus ascendió a US\$32 400 000. De esta manera, el monto total de venta fue US\$35 446 690. Adicionalmente, Cyprus asumió un compromiso de inversión de US\$ 485 300 000, a ejecutarse en cinco años.

6. Refinería de Ilo (Minero Perú)

Refinería de Cobre. El 22 de abril de 1994, se otorgó la buena pro a Southern Perú por US\$65 000 000. Posteriormente, la auditoría de cierre arrojó un ajuste de precio favorable a Minero Perú por US\$1 400 000 (más intereses por US\$183 200). De esta manera, el monto de venta total ascendió a US\$66 626 249. Southern asumió un compromiso mínimo de inversión de US\$20 200 000, a ejecutarse en cinco años.

7. Empresa Minera Especial Tintaya S.A. (Tintaya)

Mina de cobre. El 6 de octubre de 1994 se subastó el 100 % de las acciones de Tintaya. La buena pro fue adjudicada a Magma Copper Co. / Global Magma Ltd. (EE. UU.) por US\$218 000 000 en efectivo más US\$55 000 000 en valor nominal en títulos de deuda y US\$85 000 000 como compromiso de inversión, a ejecutarse en 5 años. De este monto, los trabajadores adquirieron acciones por US\$2 300 000. Posteriormente, la auditoría de cierre arrojó un ajuste en favor de Minero Perú por US\$3 800 000, que fue cancelado por el consorcio ganador.

8. Sociedad Minera Refinería de Zinc de Cajamarquilla S.A (Cajamarquilla)

Refinería de zinc. El 4 de noviembre de 1994 se otorgó la buena pro al Consorcio compuesto por Cominco Ltd. (Canadá) y Marubeni Corporation (Japón) que ofreció US\$193 000 000, pagando inicialmente US\$41 000 000 en efectivo, US\$40 000 000 en papeles de deuda a valor nominal y el saldo pagadero en 28 cuotas semestrales iguales de US\$4 000 000 cada una, teniendo la opción de prepago, a la cual se acogió en febrero de 1999, pagando por adelantado el íntegro del saldo de capital pendiente a esa fecha (US\$41 600 000), luego de haber cancelado en su oportunidad las primeras 8 cuotas semestrales

del cronograma de pagos (US\$32 000 000). Los trabajadores adquirieron 1 928 070 acciones a S/1 700 000, pagando al contado S/311 000 y el saldo financiado en 20 trimestres, al 2.41 % de interés mensual.

9. Empresa Minera del Centro del Perú S. A. (Centromín) - Prospecto Aurífero Paucaray ubicado en Caravelí Arequipa

El 31 de enero de 1996 se adjudicó el Prospecto Aurífero Paucaray a Inversiones Mineras del Sur S. A. del Grupo Buenaventura, por US\$211 500, mediante su pago al contado.

10. Empresa Minera del Centro del Perú S. A. (Centromín) - Proyecto Minero Antamina

El 12 de julio de 1996 se adjudicó el Proyecto Minero Antamina al consorcio integrado por Inmet Mining Corporation y Río Algom Ltd., firmando en septiembre de ese mismo año, el contrato de transferencia por US\$20 000 000 y un compromiso mínimo de inversión de US\$13 500 000 en estudios y exploración, a ejecutarse en los primeros dos años; y posteriormente, al decidir seguir adelante con el proyecto, invertir en el plazo de cinco años contados desde la fecha de suscripción del contrato la suma de US\$2 520 000 000.

11. Empresa Minera Yauliyacu S. A.

Unidad de Producción de Casapalca. El 26 de febrero de 1997 se otorgó la buena pro a la Compañía Minera Casapalca S. A. a la cual se le adjudicó el 99.81 % de acciones de la empresa Minera Yauliyacu S. A., filial de Centromín Perú S. A., por US\$8.03 MM y un compromiso de inversión de US\$110 200 000, a ejecutarse en cinco años. Luego de efectuado el ajuste de precio por auditoría de cierre el monto total por la venta a Compañía Minera Casapalca S. A. ascendió a US\$8 507 416.

Los trabajadores en el ejercicio de su derecho de preferencia adquirieron un 0.19 % adicional de acciones por US\$0.02 MM, al contado. La Compañía Minera Casapalca S. A. pertenece al Grupo Gubins, y además opera otras minas como: Huacracocha, Santa Rita, Sociedad Carolina, Yauli, etc. De conformidad con las Bases, Casapalca cedió su derecho a la Compañía Minera Yuracmayo S. A.

12. Empresa Minera del Centro del Perú S.A. (Centromín). Derechos Mineros El Perro Ciego y La Carcajada

Minería. El 26 de febrero de 1997 se otorgó la buena a la Compañía Minera Casapalca S. A. por los derechos mineros de El Perro Ciego y La Carcajada (ubicados en el Distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri - Lima), por US\$1 050 000.

13. Las Huaquillas (Minero Perú)

Yacimiento de oro. El 7 de mayo de 1997 la Asociación Vegsa C.G./Andescorp S. A. decidió ejercer la opción de compra de

las concesiones auríferas Las Huaquillas por US\$840 000, pagaderos mediante una cuota inicial de US\$340 M y el saldo en 3 cuotas anuales de US\$180 M cada una, al 6 % de interés anual sobre el saldo deudor.

Esta opción de compra fue ejercida al haber concluido la vigencia de la opción a los tres años de la suscripción del contrato de opción (cuya buena pro fuera otorgada el 25 de enero de 1994), y que tuvo como contraprestación el pago de US\$105 000 por derecho de opción y un compromiso de inversión de US\$1 900 000.

14. Empresa Metalúrgica de La Oroya S. A. (METAOYA S. A.)

Complejo Metalúrgico de La Oroya de propiedad de Centromín Perú dedicada a la refinación, industrialización y comercialización de productos mineros. El 10 de julio de 1997 se otorgó la buena pro al Consorcio The Renco Group / The Doe Run Resources Corporation al asignar al 100 % del accionariado de Metaloroya S. A. un valor de US\$121 521 329. En base a este valor, posteriormente el Consorcio aumentó el capital social de Metaloroya S. A. en 51 % mediante un aporte al patrimonio de US\$ 126 MM; adicionalmente, abonó al Estado US\$121 MM por la compra del 49 % de acciones restantes, menos las que adquirieron los trabajadores en el ejercicio de su derecho de preferencia. El consorcio asumió un compromiso de inversión de US\$120 MM, a efectuarse en cinco años con los recursos aportados al patrimonio de la empresa (US\$126 MM).

15. Empresa Minera Mahr Túnel S. A.

Unidades Mineras de San Cristóbal y Andaychagua y sus respectivas concentradoras de propiedad de Centromín Perú. El 18 de julio de 1997 concluyó la subasta del 100 % de acciones de la empresa Minera Mahr Túnel S.A., filial de Centromín Perú S. A. El ganador fue Volcan Compañía Minera S.A., al ofrecer US\$127 777 777 MM y un compromiso mínimo de inversión de US\$60 000 000 a ejecutarse en cinco años. Volcan es una empresa peruana dedicada a la exploración, desarrollo y explotación de yacimientos mineros, básicamente minerales con contenidos de zinc, plomo y plata, su centro de operaciones se encuentra ubicado en la inmediata vecindad de Mahr Túnel.

16. Yacimiento de Berenguela (Minero Perú)

Yacimiento de cobre-plata. El 27 de octubre de 1997, la empresa Kappes, Cassidy & Associates (EE. UU.) decidió ejercer su opción de compra de las concesiones mineras del Yacimiento de Berenguela por US\$650 M, que sumados a los US\$100 M pagados anteriormente por el derecho de vigencia de opción, hacen un total de US\$750 005.

Esta opción de compra fue ejercida a los dos años y medio de la suscripción del contrato de opción (cuya buena pro

fuera otorgada el 8 de marzo de 1995), el cual contemplaba, adicionalmente al pago por el derecho de vigencia de la opción, un compromiso de inversión de US\$770 000.

17. Empresa Minera Cobriza S. A.

Empresa filial de Centromín productora de concentrados de cobre. El 10 de julio de 1998 la empresa norteamericana The Doe Run Resources Corporation obtuvo la buena pro al ofrecer US\$7 500 001 por el 100 % de las acciones de la Empresa Minera Cobriza, ubicada en la provincia de Chucampá del departamento de Huancavelica; el precio ofertado fue pagado mediante una cuota inicial del 40 % y el saldo restante en tres cuotas anuales iguales. Doe Run asumió el compromiso de desarrollar el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental.

18. Concesiones de INIFOM (Minero Perú)

Conformada por trece concesiones de carbón bituminoso con un área de 4429 Has. El 7 de agosto de 1998 la empresa Lar Carbón S. A. obtuvo la buena pro al ofrecer US\$951 000 al contado por la transferencia de las concesiones mineras de INIFOM, ubicadas en la provincia de Oyon del departamento de Lima.

19. Empresa Minera Paragsha S.A.

Empresa filial de Centromín, constituida sobre la base de la Unidad de Producción de Cerro de Pasco (mina subterránea y a tajo abierto). El 28 de mayo de 1999 la empresa Volcan Compañía Minera S.A. obtuvo la buena pro al ofrecer US\$61 777 777 por el 100 % de las acciones de la Empresa Minera Paragsha. Volcan S.A. asumió también un compromiso mínimo de inversión de US\$70 000 000, a ejecutarse en 5 años.

20. Prospecto Minero Ccayo Huinicunca (Minero Perú S.A.)

Yacimiento de cobre-oro. El 1 de octubre de 1999 se suscribió directamente con la empresa BHP Tintaya el Contrato de Transferencia del Prospecto Ccayo Huinicunca por un valor de US\$207 207 M, al contado.

21. Prospecto Minero Quicay (Centromín)

Minería. El 14 de enero de 2000 se efectuó la transferencia de las concesiones mineras que conforman el Prospecto Quicay a la empresa Chancadora Centauro S.A.C., por un monto de US\$300 000, a pagarse mediante una cuota inicial de US \$60 M y el saldo en cuatro anualidades de igual monto. Asimismo, se comprometió a invertir por lo menos US\$10 729 334 en el desarrollo e implementación del proyecto, incluyendo obras de infraestructura social y de control ambiental.

22. Prospecto Magistral

Yacimiento de cobre, plata y molibdeno de propiedad de Minero Perú S.A. y del Banco Minero del Perú, en Liquidación. El

8 de enero de 2001, la empresa Minera Áncash Cobre S.A. (subsidiaria conformada por Inca Pacific 70 % y Minera Anaconda Perú 30 %) ejerció la opción de compra del Prospecto Minero Magistral, suscribiendo el respectivo Contrato de Transferencia, mediante el cual Minera Áncash S.A. se comprometió a poner en marcha una operación minera acorde a su estudio técnico económico, en un plazo de cinco años con ampliación de hasta 2 años adicionales.

Minera Áncash Cobre S.A. pagó US\$400 000 al contado por la transferencia, también se comprometió al pago, durante la vida de la mina, de una compensación anual equivalente a un porcentaje del valor neto de venta de los productos extraídos.

Esta opción de compra fue ejercida a los dos años de la suscripción del contrato de opción (cuya buena pro fuera otorgada el 4 de diciembre de 1998) y que implicó un pago de US\$50 000 el primer año y US\$100 000 el segundo año, por el derecho de explorar los yacimientos, así como de un compromiso de inversión de US\$2 100 000, que fue cumplido por Minera Áncash Cobre.

23. Prospectos Mineros: 5 Polimetálicos, 2 Auríferos, 2 Cupríferos y 1 No Metálicos

El 14 de febrero de 2001 se realizó la subasta pública al martillo para la venta de un grupo de prospectos mineros, con los siguientes resultados:

Prospectos Polimetálicos:

a) Amistad, 19 Ha. Ubicado en Yungay, Áncash. Mineralización en vetas con relleno de sulfuros con valores interesantes de plata, plomo y zinc. Fue adquirido por el empresario Carlos Herrera Guerrero, a un precio de US\$20 M.

b) Huacchara, 68 Ha. Ubicado en Pallasca, Áncash. Yacimiento filoniano, donde afloran seis vetas parcialmente exploradas. Mineralización de plata y plomo. Fue comprada por la Compañía Minera Potosí S.A., a un precio de US\$8 M.

c) Las Orquídeas, 400 Ha. Ubicado en San Ramón, Junín. Mineralización de zinc, plata y plomo en mantos que afloran en una extensión de 300 m. Con potencia de 6 a 8 m. Comprado por la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A., a un precio de US\$5 M.

d) Pushaquilca / Socavon Del Emperador, 1381 Ha. Ubicado en Pallasca, Áncash. La mineralización es un manto con potencia de 0.5 a 3.0 m, con contenidos de plomo, plata y oro. Comprado por la Compañía Minera Aurífera del Sur S.A., a un precio de US\$21 M.

6) Yauyurco/Casca, 7600 Ha. Ubicado en Yauyos, Lima. Yacimiento polimetálico en seis vetas con más de 1000 m.

de afloramientos. Vetas de alto contenido en plomo y plata. Adquirido por la compañía Menper S.R.L., a un precio de US\$28 M.

Prospectos Auríferos:

a) Pallacocha, 4500 Ha. Ubicado en Condesuyos, Arequipa. Mineralización de oro en brechas tectónicas. Se ubicaron tres sectores con alteración Hidrotermal. Fue adquirido por la Compañía de Minas Buenaventura S.A., a un precio de US\$10 M.

b) Jarahualli, 6453 Ha. Ubicado en Caravelí, Arequipa. Yacimiento tipo filoniano con mineralización de cuarzo-pirita-oro. Se ha localizado seis vetas. Fue adquirido por Inversiones Mineras del Sur S.A., a un precio de US\$10 M.

Prospectos Cupríferos:

a) Cañariaco, 3500 Ha. Ubicado en Ferreñafe, Lambayeque. La mineralización en sistema hidrotermal del tipo pórfido cuprífero, con reciente exploración diamantina. Fue adquirido por la Compañía Minera Oro Candente S.A., a un precio de US\$75 M.

b) Monterrosas, 490 Ha. Ubicado en Ica. Cobre filoniano en roca plutónica, cuya mineralización en vetas de forma tubular, tiene potencias que varían entre 0.5 a 4.0 m. Fue adquirido por Luis Fernando Sánchez Aiscorbe, a un precio de US\$5 M.

Prospecto No Metálico:

Calizas Huambo, 1220 Ha. Ubicado en Cailloma, Arequipa. Yacimiento de travertino, toba calcárea y ónix, con una extensión de 700 Ha. Fue adquirido por la empresa Cementos Yura S. A. a un precio de US\$45 M.

En total por la venta se recibió US\$227 000.

24. Participación Accionaria del 25 % en ISCAYCRUZ

El 22 de marzo de 2001 se subastó en la Bolsa de Valores de Lima el 25 % de participación accionaria de Mineroperu en la Empresa Minera Iscaycruz S.A. El precio de venta por acción fue de S/5.57, que multiplicado por las 11 737 565 acciones comunes clase B subastadas, arrojó un monto total de S/65.26 MM (US\$18 645 960). Iscaycruz es un yacimiento de zinc que inició su producción en julio de 1996, que posee los derechos mineros para la explotación de los yacimientos contenidos en 16 880 has de concesiones mineras en el distrito de Oyón, a 146 km al noroeste de Lima. Sus accionistas son Glencore de Suiza y Perubar S.A. de Perú.

25. Empresa de Importación y Exportación Callao S.A. IMEXCALLAO S.A.

El 20 de agosto de 2001 el Consorcio Minero S.A. CORMIN, ofertó la cifra de US\$221.5 mil trimestrales como contraprestación por el derecho de usufructo y superficie por un periodo de 30

años sobre el terreno, edificaciones e instalaciones fijas del Almacén de Minerales de propiedad de Centromin Perú S.A. y el pago de US\$1 000 000 por el 100 % de las acciones de IMEX CALLAO S.A.

26. Unidad de Producción Yauricocha

El 20 de diciembre de 2001, Compañía Minera Casapalca se adjudicó la buena pro de las concesiones mineras de Yauricocha, ubicadas en la provincia de Yauyos, departamento de Lima, al ofertar US\$5.2 MM y asumir un compromiso mínimo de inversión de US\$3 000 000 a ejecutarse en cinco años.

El 4 de marzo de 2002, se revocó la Buena Pro otorgada a Compañía Minera Casapalca S.A. por no haber cumplido con suscribir el Contrato en la fecha que, para tal efecto, dispuso la COPRI. En tal virtud, se otorgó la Buena Pro a Sociedad Minera Corona S.A., postor que ocupó el segundo puesto en el orden de méritos al ofertar US\$4 010 000.

27. Proyecto Aurífero Alto Chicama (Minero Perú)

El 02 de diciembre de 2002, la empresa Minera Barrick Misquichilca S.A. decidió ejercer la opción de compra de las concesiones que conforman el Proyecto Alto Chicama ubicado en las provincias de Otuzco y Santiago de Chuco (La Libertad), por un pago anual de regalías de 2.51% de las ventas netas de los mineros extraídos. El 12 de diciembre de 2002 fue suscrito el Contrato de Transferencia mediante el pago a cuenta de regalías de US\$2 MM.

Esta opción de compra se está ejerciendo antes de cumplir el segundo año de la suscripción del contrato de opción, cuya buena pro fuera otorgada el 15 de enero de 2001. El compromiso de inversión durante este periodo ascendió a US\$3 MM.

28. Prospectos Mineros

El 23 de abril de 2003 se realizó la subasta pública al martillo para la venta de un grupo de prospectos mineros, con los siguientes resultados:

a) Pina Pina Cuatro, prospecto de oro ubicado en Cuyocuyo, Puno (Leyes: 0.28 g/m³ Au), fue adquirido por el Grupo Peña Prado a un precio de US\$98.5 M.

b) Otoa, prospecto de oro ubicado en Lucanas, Ayacucho (Leyes: 5 g/t Au), fue adquirido por la empresa Colibrí Mining S.A.C. a un precio de US\$26.5 M.

c) Aricoma, prospecto polimetálico ubicado en Carabaya, Puno, fue adquirido por la empresa Minsur S.A. a un precio de US\$ 13 M.

La Compañía Minera Caravelí S.A.C. que se adjudicara el prospecto Mishki / Tinoray en dicha subasta, no suscribió el Contrato de Transferencia.

Por los tres inmuebles se recibió US\$138 000.

29. Empresa Minera Natividad (Proyecto Minero Morococha)

Subsidiaria de Centromín Perú S.A. El 7 de mayo de 2003 la empresa Sociedad Minera Corona se adjudicó la buena pro al ofrecer US\$ 60 M + IGV trimestral durante la vida operativa de la mina como aporte social para el Fondo de Saneamiento Ambiental de Centromín Perú S.A.; asimismo, un pago de US\$1 000 000 como contraprestación por el 100 % de las acciones de la empresa. El compromiso de inversión para los próximos cinco años es de US\$3 000 000.

30. Prospectos Mineros

El 3 de febrero de 2004 se suscribieron los contratos de transferencia de los Prospectos Mineros Huarangayoc/Pira ubicado en Áncash y Winicocha ubicado en Cusco, con el Sr. Leonard de Melt, en venta directa aprobada el 12 de diciembre de 2003. El monto de la operación asciende a US\$183 000 (US\$13 M por el Prospecto Huarangayoc / Pira y US\$170 M por el Prospecto Winicocha).

31. Prospectos Mineros

El 31 de marzo de 2004 se realizó la venta de un grupo de prospectos mineros con los siguientes resultados:

a) Mishky-Tinoray, prospecto de oro ubicado en Camaná Caravelí, Arequipa, fue adjudicado a la empresa Recursos Naturales S.A. por US\$371 M.

b) Puy Puy, prospecto de cobre ubicado en Yauli, Junín, se otorgó a la Compañía Minera Vichaycocha S.A.C. por US\$102 M.

c) Yanacollpa, prospecto de oro ubicado en Huaytará, Huancavelica, fue adjudicada a la Compañía Minera Vichaycocha S.A.C. por US\$88 M.

En total se recibió US\$560 654 por los tres inmuebles.

32. Proyecto Minero Las Bambas

Proyecto cuprífero que incluye las 1800 Ha de las concesiones de Centromín Perú S.A., así como las 32 059 Ha comprendidas dentro del área de suspensión de petitorios a que se refiere el Decreto Supremo No 045-2003-EM del 30 de diciembre de 2003:

El 31 de agosto de 2004 se adjudicó la buena pro a la empresa Suiza XSTRATA AG., que ofreció US\$121MM (sin incluir tributos), por los siguientes conceptos:

Periodo de Opción MM US\$

- Pago y Aporte a la firma del Contrato	91.0
- Derecho de Opción	45.5
- Aporte Social Inicial	45.5

- Aportes Sociales por Prórrogas

Años 2 al 4: US\$0.5 MM anual 1.50

Periodo de Construcción (en caso de ejercer la opción) MM US\$

- Pago y Aporte a la firma del

Contrato de Transferencia 27.0

- Pago por Transferencia 13.5

- Aporte Social por Transferencia 13.5

- Aporte Sociales Años 1 al 3:

US\$ 0.5 MM anual 1.5

En tal sentido, XSTRATA Perú S.A. a la suscripción del Contrato de Opción de Transferencia de las Concesiones que conforman el Proyecto Las Bambas, efectuó un pago de US\$ 91.0 millones, más US\$17.29 MM de IGV.

Asimismo, XSTRATA Perú S.A. se comprometió a efectuar durante el periodo de vigencia de la Opción, las siguientes inversiones:

- Año 1 de la Opción 2.0

- Año 2 de la Opción 10.0

- Año 3 de la Opción 15.0

- Año 4 de la Opción 15.0

En el caso de requerir prórrogas del periodo de vigencia de la Opción más allá de los primeros cuatro años, XSTRATA Perú S.A. debía pagar US\$2 MM por la prórroga en el año 5 y US\$3 MM por la prórroga en el año 6, de dichos montos US\$1 MM y US\$1.5 MM, respectivamente, corresponden al aporte al Fideicomiso Social de Las Bambas.

Asimismo, si después de haber ejercido la opción XSTRATA Perú S.A. requiriera extender el periodo de construcción más allá de los tres primeros años contados a partir de la suscripción del Contrato de Transferencia de las Concesiones de Las Bambas, debía pagar por el cuarto año, por concepto de regalías, US\$0.75 MM, pago que se incrementaría anualmente en forma acumulativa, en US\$0.25 MM por cada una de las subsiguientes extensiones anuales, hasta el inicio de las operaciones comerciales.

A partir de la comercialización, XSTRATA Perú S.A. pagará, igualmente por concepto de regalías, 3.00 % (porcentaje fijo o Flat) sobre los ingresos netos anuales provenientes de las ventas de los recursos minerales extraídos de las concesiones mineras de Las Bambas. Cabe señalar que en el mes de agosto del 2010 XSTRATA decidió ejercer su opción de transferencia del Proyecto Las Bambas, firmando el respectivo Contrato de Transferencia el 2 de septiembre de 2010 (véase acápite 259).

33. Proyecto Bayóvar

El 15 de marzo de 2005 se adjudicó la Buena Pro del concurso para la promoción de la inversión privada en el Proyecto Bayóvar a Companhia Vale Do Río Doce, que ofreció producir Roca Fosfórica y Ácido Fosfórico por el equivalente a 3 420 600 toneladas métricas anuales de Roca Fosfórica; la obra se estima que demandará, en una primera fase, una inversión de US\$250 MM a 300 MM, incluyendo la construcción de infraestructura, servicios, accesos, entre otros y facilidades portuarias para minería, etc.

Asimismo, en su propuesta económica Companhia Vale Do Río Doce se obliga a efectuar los siguientes pagos:

- US\$ 3 MM a la firma del Contrato de Transferencia del Proyecto Bayóvar, de cuya suma se destinará US\$1.0 MM a la constitución de un Fideicomiso para la ejecución de proyectos de desarrollo sostenible, fundamentalmente en educación y salud, en beneficio de las poblaciones de la zona de influencia del Proyecto.

- 3 % de regalías sobre las ventas de cualquier tipo de mineral proveniente de la explotación de las 73 619.12 Ha de las concesiones mineras del Proyecto Bayóvar. Estos pagos serán semestrales a partir del inicio de la comercialización y se mantendrán durante toda la vida del Proyecto.

Por otra parte, en la fecha de firma del Contrato de Transferencia, el inversionista suscribirá con la Fundación Comunal San Martín de Sechura un Contrato de Superficie, Usufructo y Servidumbre sobre un terreno de 76 000 Ha y pagará a dicha entidad US\$1 MM y, a partir del tercer año de vigencia del Contrato de Transferencia, le aportará anualmente US\$500 M durante la vida del Proyecto.

Asimismo, dentro de un plazo de 2 años, deberá realizar una inversión no menor a US\$2 MM para la ejecución del Estudio de Factibilidad.

34. Proyecto Cuprífero La Granja

El 16 de diciembre de 2005 se adjudicó la Buena Pro del concurso para la promoción de la inversión privada del Proyecto Cuprífero La Granja a la empresa Río Tinto, al ofrecer un compromiso de inversión de US\$60 MM en trabajos de exploración y factibilidad, y pagos periódicos por un total de US\$22 MM.

La construcción del proyecto se desarrollará en un periodo de cinco años que pueden extenderse a un año adicional, con un compromiso mínimo de inversión equivalente al 70 % de la inversión estimada en el estudio de factibilidad, valor no menor a los US\$700 MM o una planta equivalente a las 35 000 toneladas por día.

Con la explotación del proyecto, se iniciará el pago de regalías mineras conforme lo establece la ley.

35. Proyecto Minero Michiquillay

El 30 de abril de 2007 se adjudicó la Buena Pro del Proyecto Minero Michiquillay, a la empresa inglesa Anglo American Services, al ofertar US\$403 MM como precio de transferencia a ser pagado de acuerdo con lo establecido en el contrato. La inversión mínima del proyecto asciende a US\$700 millones aproximadamente.

El proyecto considera compromisos sociales y ambientales que promuevan una minería responsable y moderna en la zona, en los campos de salud, educación, desarrollo agropecuario, empleo, y respeto a su cultura y costumbres. El adjudicatario depositó en una cuenta ESCROW a la firma del contrato US\$1 MM como compromiso de inversión a ser destinado a Proyectos Sociales que beneficiarán a las Comunidades Campesinas de Michiquillay y de La Encañada (zona de Influencia del Proyecto).

Michiquillay es un yacimiento tipo pórfido de cobre, con contenidos de oro y plata por explorar. La extensión de la concesión minera abarca 4550 hectáreas contenidas en 19 derechos mineros en la zona. Las reservas de mineral (para un cut-off de 0.4% Cu) son de 544 millones de TM con 0.69 % de Cu, de 0.1 a 0.5 g/TM de Au y de 2 a 4 g/TM de Ag. Existe un Estudio de Factibilidad para una explotación a tajo abierto de 40 000 tpd.

36. Proyecto Bayóvar (Segunda Fase)

El 29 de agosto de 2007, la empresa Cementos Pacasmayo se adjudicó la Buena Pro de las concesiones de los yacimientos de calcáreos (22 326 hectáreas) y diatomitas (6891 hectáreas) de Bayóvar, ubicado en la Región Piura, al ofrecer una contraprestación inicial de 250 mil dólares y una contraprestación diferida semestral de 5.10 dólares por tonelada extraída para el yacimiento de calcáreos y una contraprestación inicial de 110 mil dólares y una contraprestación diferida semestral de 1.50 dólares por tonelada extraída para los yacimientos de diatomitas. Asimismo, la empresa Juan Paulo Quay, se adjudicó el yacimiento de yeso (12 575 hectáreas) al ofrecer 100 mil dólares y una contraprestación diferida de 0.60 dólares por tonelada extraída.

37. Proyecto Toromocho

El 26 de abril de 2008 se suscribió el Contrato de Transferencia con la empresa Minera Perú Copper Syndicate Ltd., al haber comunicado su decisión de ejercer la opción de transferencia firmada el 14 de mayo de 2003. La transferencia del proyecto se dará a lo largo de la vida útil de la mina, a través del pago

de contraprestaciones semestrales ascendentes en promedio al 1.75 % de las ventas netas; se pagó por adelantado US\$2 000 000: 1) US\$1 MM destinados para el Fondo de Fideicomiso Social, el 15 de septiembre de 2004; 2) US\$1 MM destinados al Fondo de Saneamiento Ambiental de Centromín Perú S.A. el 15 de septiembre de 2005, a cuenta de las contraprestaciones.

38. Proyecto Minero Las Bambas (transferencia)

El 2 de septiembre de 2010 se suscribió el Contrato de Transferencia del Proyecto Las Bambas, al ejercer la empresa Xstrata Tintaya S.A. su opción de transferencia del mencionado proyecto, a la cual tenía derecho en su calidad de Optante de este, en virtud del Contrato de Opción Minera que suscribiera dicha empresa en el marco del Concurso Público Internacional realizado por Proinversión, cuya buena pro fue adjudicada a Xstrata el 31 de agosto de 2004.

Como resultado de lo cual, Xstrata Tintaya S.A. adquirió la titularidad de las concesiones mineras del Proyecto Las Bambas, con una extensión de 35.000 hectáreas, el cual demandará una inversión de US\$4 170 623 000 (Cuatro mil ciento setenta millones seiscientos veintitrés mil dólares de los Estados Unidos de América, la más importante en la historia del país).

El Proyecto Las Bambas, ubicado en Apurímac, permitirá incrementar la producción de cobre del Perú en 30 % a partir del segundo trimestre del año 2014 y producirá 400 mil toneladas anuales de cobre metálico y subproductos de oro, plata y molibdeno en sus primeros diez años. Asimismo, generará ingresos al estado por aproximadamente S/1000 millones al año por concepto de canon y regalías, los cuales serán destinados a la región donde se ubica el proyecto. Durante su etapa de construcción el proyecto dará trabajo a 6500 personas y cuando entre en operación a 1400.

El precio de transferencia del Proyecto Las Bambas (que incluye aportes sociales a la zona de influencia del proyecto), asciende a US\$28 500 000, que se suma al pago por derecho de opción realizado por Xstrata US\$97.5 millones, alcanzando un pago total por el proyecto de US\$126 millones. Cabe señalar que la inversión ejecutada por Xstrata en el periodo de opción ascendió a US\$300 millones (véase acápite 228).

Opción de transferencia

Vigentes

1. Proyecto Minero Bayóvar (Salmueras)

El 04 de agosto de 2008, Américas Petrogas de Canadá se adjudicó la concesión de Salmueras del Proyecto Bayóvar, Piura, al ofrecer por derecho de opción US\$ 328 000. El proceso de

promoción de las concesiones mineras de Salmueras considera un periodo de opción de hasta cuatro años de vigencia, tiempo para que Américas Petrogas realice estudios que le permitan confirmar la rentabilidad del proyecto. Además, la empresa deberá pagar US\$250 mil dólares como monto fijo en caso decida ejercer su opción de transferencia y un pago semestral de US\$33 dólares por tonelada de producto vendido en la etapa de comercialización del proyecto.

2. Proyecto Minero Magistral (Empresa Activos Mineros S.A.)

El 15 de abril de 2011, Compañía Minera Milpo S.A.A. se adjudicó la buena pro con su propuesta económica de US\$8 020 000 como precio por derecho a opción, y un periodo de opción de no más de 48 meses. El monto de la inversión estimada es de US\$400 000 000.

La minera Milpo (controlada por la brasileña Votorantim), pagará por toda la vida útil de la mina un 2 % de los ingresos de las ventas netas anuales si desarrolla el proyecto y pagará regalías. Se destinarán US\$65 MM a las comunidades. Magistral es un yacimiento de cobre con contenidos de molibdeno y plata. El 03 de junio de 2011 se realizó la suscripción del contrato.

No ejercidas

1. Cañariaco-Jhuamarca (Minero Perú)

Yacimiento de cobre y oro. El 25 de enero de 1994 se otorgó los derechos para explorar el yacimiento a Placer Dome del Perú, que ofreció US\$5.0 MM por la opción de compra, además de pagos de US\$2 100 000 durante tres años por el derecho de vigencia de la opción y un compromiso de inversión de US\$2 450 000.

El 21 de mayo de 1997, Placer Dome del Perú comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia de las concesiones mineras, estando obligada al cumplimiento del compromiso de inversión y el pago del derecho de vigencia por los tres años de permanencia en el yacimiento.

2. Colpar-Hualatán-Pallacochas (Minero Perú)

Yacimientos de oro: El 22 de julio de 1994 se otorgó la buena pro de los yacimientos auríferos de Colpar (Ayacucho), Hualatán (Cajamarca) y Pallacochas (Arequipa) a Cia. Minera San José (subsidiaria chilena de LAC Minerales de Canadá). Esta empresa tendrá los derechos de exploración por los próximos tres años, dentro de los cuales tiene la opción de compra por el monto ofrecido en la subasta (US\$1.75 MM por los tres yacimientos). Además, San José pagará US\$57 000 anuales por el derecho de vigencia y un compromiso de inversión de US\$4.68 MM en exploración.

El 17 de agosto de 1995 decidió no ejercer la opción de transferencia de los yacimientos, estando obligada al cumplimiento del compromiso de inversión mínimo del 20 % del monto comprometido para el primer año equivalente a US\$80 200 y acreditar el pago por el derecho de vigencia de ese año.

3. Cia. Minera Especial Mishki S.A. (Mishki)

Yacimiento minero: El 21 de julio de 1995 se otorgó la buena pro de la concesión con opción de compra del Yacimiento Mishki a Sunshine del Perú, con pagos anuales de US\$80 000 hasta 3 años por el derecho de opción y compromiso de inversión de US\$1 200 000 a efectuar en tres años de ejercicio de opción. Ha ofertado pagar US\$ 1 000 000 por la propiedad minera en caso de ejercer la opción.

El 15 de enero de 1997, Minera Sunshine del Perú S.A., comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia de las concesiones, estando obligada al cumplimiento del compromiso de inversión correspondiente al primer año de US\$150 000 y acreditar el pago por el derecho de vigencia correspondiente a 1996 de US\$80 000.

4. San Antonio de Poto, Minero Perú

Yacimiento Minero: El 25 de agosto de 1995 se otorgó la opción de transferencia de las Concesiones Auríferas de San Antonio de Poto a Andrade Gutiérrez Mineracao LTD (Brasil). El plazo para ejercer la opción es de 1 año, debiendo pagar US\$ 1 000 000 por el derecho de opción, asimismo el 10 de enero de 1997 se prorroga el plazo por 9 meses adicionales. Si decide ejercer la opción pagará US\$ 6 150 000, más un interés a tasa Libor a un año + 5 % sobre los US\$ 6 150 000 por el periodo comprendido entre el 10 de enero de 1997 a la fecha en ejerza la opción, adicionalmente pagará regalías al Estado equivalente al 6.25 % de los ingresos brutos obtenidos por la explotación del yacimiento (en 10 años este monto significa aproximadamente un ingreso de US\$ 9 000 000 a valor presente). Se ha estimado que la inversión comprometida en metas físicas para el periodo 1999-2008 ascienda a US\$ 25 000 000 aproximadamente.

El 27 de noviembre de 1997, Andrade Gutiérrez Mineracao LTD, comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia del yacimiento aurífero.

5. Prospecto Minero Quicay (Centromín)

Minería: El 19 de julio de 1996 se otorgó la opción de transferencia de las concesiones mineras que conforman el Prospecto Quicay a Barrick Gold Corporation (Canadá), por US\$1 000 000 por el derecho de vigencia de opción y una inversión de US\$3 000 000 en los dos primeros años, a cuyo vencimiento si decide ejercer la opción pagará US\$202 000 000 al contado y comprometiéndose a realizar una inversión de US\$7 000 000 en los siguientes tres años.

El 30 de julio de 1998 Barrick Gold Corporation, comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia de estas concesiones mineras, estando obligado al cumplimiento del compromiso de inversión de los dos primeros años y acreditar el pago por el derecho de vigencia de opción.

6. Unidad Minera Yauricocha (Centromín)

Minería: El 17 de octubre de 1997 se otorgó la opción de transferencia de los activos de la Unidad Minera Yauricocha a la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. - SIMSA, que ofertó US\$5 000 000 como precio de transferencia si decide ejercer la opción asumiendo el derecho de explorar y estudiar las concesiones por el plazo máximo de dos años, para ello deberá abonar US\$500 000 por el derecho de explorar por un año y otros US\$500 000 por el segundo y último año. De otro lado, SIMSA adquiere el compromiso de invertir US\$2 000 000 en el desarrollo de exploración y ejecución de los estudios técnicos, suma que debe completar a US\$7 000 000 si se queda con la unidad; para la inversión total tiene un plazo de cinco años.

El 01 de marzo de 1999, SIMSA comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia. Han cumplido con entregar los estudios y resultados de sus investigaciones.

7. Prospecto Aurífero Jaqui (Centromín)

8. Prospecto Aurífero Jarahuali (Centromín)

9. Prospecto Aurífero Huayayoc (Centromín)

10. Proyecto Aurífero Ingenio (Centromín)

Minería: El 04 de marzo de 1998 se otorgó la opción de transferencia de cuatro prospectos auríferos:

a) El Prospecto Jaqui, ubicado en Caraveli-Arequipa, fue otorgado a A&J Mining Inc. (Estados Unidos) / Minera Dosán S.R.L. (Perú), que ofertó US\$160 000 y una regalía de 8 % anual como precio de transferencia si decide ejercer la opción, además pagará US\$140 000 por el derecho de vigencia de opción (US\$20 000 por el primer año, US\$40 000 por el segundo año y US\$80 000 por el tercer año).

El 30 de marzo de 1999 A&J Mining/Minera Dosan comunica su decisión de no ejercer la opción de transferencia. Han entregado el estudio geológico realizado.

b) El Prospecto Jarahuali, ubicado en Caraveli-Arequipa, fue otorgado a G&W Systems, Corp. (Estados Unidos), que ofertó US\$112 000 y una regalía de 5.5 % anual como precio de transferencia si decide ejercer la opción, además pagará US\$98 000 por el derecho de vigencia de opción (US\$14 000 por el primer año, US\$28 000 por el segundo año y US\$56 000 por el tercer año).

El 15 de marzo de 1999 G&W Systems comunica su decisión de no ejercer la opción de transferencia.

c) La opción de los Prospectos Huarangayoc/Pira, ubicado en Carhuaz y Huaraz respectivamente, fue otorgada a Felipe de Lucio Pezet, quien ofertó US\$112 000 y una regalía de 3 % anual como precio de transferencia si decide ejercer la opción, además pagará US\$98 000 por el derecho de vigencia de opción (US\$14 000 por el primer año, US\$ 28 000 por el segundo año y US\$56 000 por el tercer año).

El 14 de abril de 1999, F. De Lucio comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia del prospecto y entrega los estudios y resultados de sus investigaciones.

d) El Prospecto Ingenio, ubicado en Ica, fue otorgado a IATE S.A. Ingeniería Eléctrica (Argentina), que ofertó US\$80 000 y una regalía de 1.2 % anual como precio de transferencia si decide ejercer la opción, además pagará US\$70 000 por el derecho de vigencia de opción (US\$10 000 por el primer año, US\$20 000 por el segundo año y US\$40 000 por el tercer año).

IATE S.A. comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia.

11. Prospectos Polimetálicos de Puquio

12. Prospecto Polimetálico Yauyurco/Casca

Minería. El 28 de abril de 1998 se otorgó la opción de transferencia de dos prospectos polimetálicos de Centromín, con los siguientes resultados:

El Prospecto de Puquio, ubicado en Castrovirreyna-Huancavelica, fue otorgado a Minera Cyprus Antacori Corp. (Estados Unidos), que ofertó US\$608 000 y una regalía de 2.2 % anual como precio de transferencia si decide ejercer la opción; además pagará US\$532 000 por el derecho de vigencia de opción durante tres años de exploración (US\$76 000 el primer año, US\$152 000 el segundo y US\$304 000 el tercer año).

El 10 de febrero de 1999 Minera Cyprus Antacori comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia, procediendo a entregar el estudio geológico realizado.

La opción por los Prospectos Yauyurco/Casca, ubicados en Yauyos-Lima, fue otorgada al Consorcio Asoc.Impetrol Ltda./Minera Dosán S.R.L. (Perú), que ofertó US\$200 000 y una regalía de 3.0 % anual como precio de transferencia si decide ejercer la opción; además pagará US\$175 000 por el derecho de vigencia de opción durante tres años de exploración (US\$25 000 el primer año, US\$50 000 el segundo y US\$100 000 el tercer año).

El 08 de julio de 1999, la Asociación Ingetrol/Minera Dosán comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia

del Prospecto Yauyurco/Casca, y entregaron el informe de sus investigaciones.

13. Prospecto Cañariaco

Yacimiento de cobre de propiedad de Minero Perú S.A. y del Banco Minero del Perú, en Liquidación. El 04 de diciembre de 1998 se otorgó la opción de transferencia del Prospecto Cañariaco, ubicado en Ferreñafe, Lambayeque, a la empresa Billiton Exploration and Mining Perú B.V., por US\$808 000 y un porcentaje de sus beneficios por la explotación como precio de transferencia si decide ejercer la opción; además de US\$707 000 por el derecho de explorar el yacimiento durante tres años (US\$101 000 el primer año, US\$202 000 el segundo y US\$404 000 el tercer año), asimismo asume un compromiso de inversión de US\$5 450 000 en los tres años de exploración (US\$450 000 el primer año, US\$1 250 000 el segundo y US\$3 750 000 el tercer año).

El 31 de enero de 2000, Billiton desistió de la opción de transferencia de las concesiones, estando obligada al cumplimiento del compromiso de inversión correspondiente al primer año de US\$450 000 y acreditar el pago por el derecho de vigencia de US\$101 000.

14. Prospecto Polimetálico Las Orquídeas (Centromín)

Minería. El 28 de abril de 1998 se otorgó la opción de transferencia del Prospecto Las Orquídeas, ubicado en San Ramón-Junín, a la empresa Minera Dosán S.R.L. (Perú), que ofertó US\$24 000 y una regalía de 2.0 % anual como precio de transferencia si decide ejercer la opción; además de US\$21 000 por el derecho de vigencia de opción durante tres años de exploración (US\$3000 el primer año, US\$6000 el segundo y US\$12 000 por el tercer año).

En junio de 2000, la empresa Minera Dosán S.R.L., desiste de la opción de transferencia del prospecto polimetálico, habiendo efectuado el pago de US\$9000 por los dos años de permanencia en el yacimiento.

15. Prospectos Pallacocha (Minero Perú)

Yacimiento minero de oro y plata. El 21 de mayo de 1999 se otorgó la opción de transferencia del Prospecto Pallacocha, yacimiento de oro y plata ubicado en Arequipa (Salamanca), a la Compañía Minera Hecla del Perú S.A., por US\$55 000 como precio de transferencia si decide ejercer la opción; asimismo, tendrá un plazo de dos años para desarrollar exploraciones y estudios antes de decidir su adquisición, debiendo pagar US\$11 000 por el derecho de vigencia (US\$5000 el primer año y US\$1400 al iniciar cada uno de los cuatro trimestres del segundo año).

El 23 de mayo de 2000, la Compañía Minera Hecla del Perú S.A., comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia del Prospecto Pallacocha, habiendo efectuado el pago de US\$5000 por el primer año de permanencia en el yacimiento.

16. Prospectos Hualatán (Minero Perú)

Yacimiento minero. El 31 de agosto de 1999 se suscribió directamente con la empresa Boulder Resources S.A. el Contrato de Opción de Transferencia del prospecto Hualatán, estableciéndose como valor de transferencia en caso de ejercerse las opción, la suma US\$310 000; asimismo, tiene un plazo de hasta dos años para desarrollar exploraciones y estudios antes de decidir la adquisición, debiendo pagar US\$31 000 por los derechos de vigencia de los prospectos (US\$31 000 el primer año y US\$7750 al iniciar cada uno de los cuatro trimestres del segundo año).

El 28 de febrero de 2001, la empresa Boulder Resources S.A., comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia del Prospecto Hualatán, habiendo efectuado el pago de US\$46 500 por el año y medio, de permanencia en el yacimiento.

17. La Granja (Minero Perú)

Yacimiento de cobre. El 02 de marzo de 1994 se realizó la subasta pública de la Opción de Transferencia de la concesión minera La Granja, otorgándose la Buena Pro a Cambior Inc., que suscribió el contrato respectivo el 26 de mayo de 1994. El plazo de la vigencia de opción era de cinco años y contemplaba un pago anual inicial de US\$1 000 000 que se incrementaría en 100 % cada año y un compromiso de inversión de US\$25 000 000 durante dicho periodo.

Luego de las exploraciones, en mayo de 1997 Cambior Inc., comunicó su decisión de ejercer la opción y presentó a Minero Perú un Estudio de Factibilidad inicial, que contemplaba un megaproyecto de múltiples facetas, con una capacidad de producción de 33 000 t/a de cátodos de cobre y 250 000 t/a de cobre en concentrados, suscribiéndose así el Contrato de Transferencia de las Concesiones La Granja en julio de 1997. Como contraprestación por la transferencia de la concesión minera, se obligó el pago de regalías en función de una escala de precios del cobre, sujetos a ajuste por inflación.

En septiembre de 2000, se aprueba la sustitución de Cambior Inc., por otra empresa, debido a dificultades financieras en dicha empresa, subastando el derecho de Minero Perú S.A. de percibir regalías, aceptando una cesión de posición contractual y adecuando el Contrato de Transferencia suscrito en julio de 1997. Es así que el 27 de noviembre de 2000, la empresa Billiton Investment B.V. se adjudicó el derecho de opción para

desarrollar el Proyecto La Granja y que en el caso de ejercer la opción ofrece pagar US\$15 000 000 por el derecho de Minero Perú a percibir sus regalías. Asimismo, Billiton se comprometió a invertir US\$ 15 000 000 en exploraciones e investigaciones durante los tres años correspondientes al periodo de opción (US\$ 3 000 000 el primer y segundo año y US\$ 9 000 000 el tercer año).

Sin embargo y de conformidad con el Contrato de Aceptación de Cesión de Posición Contractual,

Opción del Derecho de Regalía y Modificación del Contrato BHP Billiton, antes de cumplirse el primer año de la opción, comunicó con fecha 08 de noviembre de 2001, su renuncia a la opción de compra del derecho de regalía. La minuta de restitución de la concesión minera La Granja, a favor de Centromín Perú, se formalizará una vez que se acredite que no existe obligación alguna pendiente en relación con la concesión minera.

18. Prospecto Jehuamarca (Minero Perú)

Yacimiento minero. El 12 de agosto de 1999 se suscribió directamente con la empresa ASC Perú LDC (Sucursal Perú) el Contrato de Opción de Transferencia del Prospecto Jehuamarca, ubicado en Lambayeque (Cañaris), estableciéndose como valor de transferencia en caso de ejercerse la opción US\$201 000. El plazo para ejercer la opción fue un año, prorrogable por un año más a solicitud de ASC Perú LDC, con un pago de US\$40 000 por el derecho de vigencia del prospecto (US\$20 000 el primer año y US\$5000 trimestral por el segundo año).

Mediante Addenda suscrita el 05 de abril de 2001, se prorrogó por un año (tercer año) el plazo de vigencia del contrato de opción, con un pago de US\$5000 trimestral.

El 18 de septiembre de 2001, la empresa ASC Perú LDC comunicó su decisión de no ejercer la opción de transferencia del Prospecto. El pago total efectuado ascendió a US\$45 000 correspondiente al periodo de dos años y un trimestre.

19. Prospectos Mishki/Tinoray (Minero Perú)

Yacimiento minero. El 31 de agosto de 1999 se suscribió directamente con la empresa Boulder Resources S.A. el Contrato de Opción de Transferencia del prospecto Mishki/Tinoray, estableciéndose como valor de transferencia en caso de ejercerse la opción, la suma de US\$ 360 000. El plazo para ejercer la opción fue un año, con un pago de US\$ 36 000 por los derechos de vigencia de los prospectos.

Mediante Addenda suscrita el 4 de agosto de 2000, se prorrogó por un año más (segundo año) el plazo de vigencia del contrato de opción de transferencia, con pagos de US\$ 9000 trimestral.

Mediante Addenda suscrita el 16 de abril de 2001, se prorrogó por un año más (tercer año) el plazo de vigencia del contrato de opción de transferencia, con un pago de US\$9000 trimestral.

El 12 de diciembre de 2002, Centromin Perú comunicó a Boulder Resources S.A., que no aceptaba la solicitud de prórroga de la vigencia del Contrato de Opción de Transferencia por un cuarto año más, al no haber pagado los derechos de vigencia correspondientes a dicho periodo, por lo que se dio por concluido el contrato en su fecha de vencimiento, es decir, el 30 de agosto de 2002.

Ejercidas

1. Empresa Metalúrgica de La Oroya S.A. (METALOROYA S.A.)

Complejo Metalúrgico de La Oroya de propiedad de Centromin Perú dedicada a la refinación, industrialización y comercialización de productos mineros. El 10 de julio de 1997 se otorgó la buena pro al Consorcio The Renco Group / The Doe Run Resources Corporation al asignar al 100 % del accionariado de Metaloroya S.A. un valor de US\$121 000 000. En base a este valor, posteriormente el Consorcio aumenta el capital social de Metaloroya S.A. en 51 % mediante un aporte al patrimonio de US\$126 000 000; adicionalmente, abona al Estado US\$121 000 000 por la compra del 49 % de acciones restantes, menos las que adquieran los trabajadores en el ejercicio de su derecho de preferencia.

El compromiso de inversión para los próximos cinco años es de US\$120 000 000, que deberá efectuarse con los recursos aportados al patrimonio de la empresa (US\$ 126 000 000).

Iniciativas privadas

1. Terminal de Embarque de Concentrado de Minerales del TP Callao

El 5 de agosto de 2010, APN aprobó la adjudicación Directa de la Buena Pro al Consorcio Transportadora Callao con una inversión proyectada de US\$101 117 647.

Se trata de un proyecto de iniciativa privada. Es una obra pública de infraestructura portuaria nueva la cual será desarrollada dentro del recinto portuario del Terminal portuario del Callao, el cual es administrado por la Empresa Nacional de Puertos S.A.

El proyecto contempla la ubicación del nuevo Terminal de Embarque de Concentrados de Minerales justo detrás del Rompeolas Norte contiguo al muelle 7, el cual considera la construcción de un muelle marginal al Rompeolas Norte, la instalación de un sistema hermético de faja transportadora (faja principal) para trasladar los concentrados de minerales entre el punto de libre acceso (Open Access) y el muelle propuesto.

Este proyecto incluye también un sistema de embarque para garantizar la fluidez y eficiencia del sistema.

Los objetivos que busca lograr el presente proyecto son los siguientes:

- Proporcional al sector minero una solución definitiva acerca del actual problema de embarque de minerales, el cual debe cumplir altos estándares en materia de seguridad y medio ambiente, además de eficiencia a nivel internacional.
- Debe brindar beneficios directos a la población ubicada en las zonas colindantes al puerto y a los depósitos de minerales al eliminar el impacto ambiental que representa actualmente el transporte de concentrados en camiones hacia el Puerto del Callao y la forma rudimentaria de embarque.
- Ofrecer a los exportadores mineros una tarifa competitiva que incluye el transporte de material y el embarque de la nave.
- Atender la demanda de embarque de concentrados de minerales por los próximos 30 años.

A continuación, se presentan los beneficios concretos que otorgará la ejecución del proyecto a la localidad en donde sea ejecutado:

- Se estaría cumpliendo con la expectativa largamente deseada por los pobladores del Callao, y en especial por la de los asentamientos humanos ubicados en las inmediaciones del Terminal Portuario del Callao de erradicar el uso de camiones para el traslado de los concentrados al puerto.
- Dicha construcción demandará mano de obra calificada.
- El sistema de transporte de la carga hacia el TPC mediante el uso de una faja tubular elimina la utilización de 92 mil viajes de camiones, y consecuentemente la eliminación de los robos sistemáticos que se producen en la actualidad contra las unidades que circulan por las vías del Callao convirtiéndose en la principal fuente de contaminación de los pobladores.
- Se producirá una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero que hoy en día alcanza las 3 mil toneladas de CO² por año aproximadamente.

El ámbito de influencia del proyecto:

- Cuenta con un ámbito de influencia que comprende principalmente la carga producida en la zona centro del Perú y adicionalmente de la mina Toromocho.
- La suscripción del Contrato se realizó el 28 de enero de 2011.

RELACIÓN DE ILUSTRACIONES

Figuras

- Figura 1.1** Horizontes, periodos y culturas.
- Figura 1.2** Ornamento de oro hallado en Chongoyape
- Figura 1.3** Muestra de esteatita
- Figura 1.4** Nariguera bimetálica, elaborada con láminas de oro y plata
- Figura 1.5** Orfebrería Mochica. Nariguera con incrustaciones de turquesa
- Figura 1.6** Cerámico Mochica que representa una escena de producción metalúrgica
- Figura 1.7** Cerro de Potosí
- Figura 1.8** Primera y cuarta páginas del primer número del Mercurio Peruano
- Figura 1.9** Mariano de Rivero y Ustáriz
- Figura 1.10** Portada de un fascículo de 1828
- Figura 1.11** Decreto del 29 de abril de 1853
- Figura 1.12** Decreto presidencial del 20 de enero de 1875
- Figura 1.13** Evolución del precio nominal de la plata entre 1800 y 1960
- Figura 1.14** Evolución del precio del cobre entre 1855 y 2015
- Figura 1.15** Carlos I. Lissón Beingolea (1868-1947)
- Figura 1.16** Evolución de la producción peruana de plata de 1917 a 2017
- Figura 1.17** Evolución de la producción peruana de oro de 1917 a 2017
- Figura 1.18** Evolución de la producción peruana de cobre de 1917 a 2017.
- Figura 1.19** Evolución de la producción peruana de molibdeno de 1917 a 2017
- Figura 1.20** Evolución de la producción peruana de plomo de 1917 a 2017
- Figura 1.21** Evolución de la producción peruana de zinc de 1924 a 2017
- Figura 1.22** Evolución de la producción peruana de estaño de 1934 a 2017
- Figura 1.23** Evolución de la producción peruana de hierro de 1953 a 2017
- Figura 1.24** Etapas de la formación del INGEMMET
- Figura 1.25** Evolución de las exportaciones del Perú de 1995 a 2017
- Figura 1.26** Evolución del porcentaje de productos mineros en el total de exportaciones del Perú
- Figura 1.27** Evolución del valor total de los productos mineros exportados de 1995 a 2017
- Figura 1.28** Evolución de la distribución de la población peruana por nivel económico de 2004 a 2016.
- Figura 2.1** Depósitos de cromo, níquel y hierro alojados en rocas del Precámbrico
- Figura 2.2** Sección estructural mostrando la paleogeografía permo-triásica
- Figura 2.3** Paleogeografía de la cuenca Arequipa para el Jurásico medio

- Figura 2.4 Yacimientos tipo IOCG y SMV formados durante el Albiano- Cenomaniano en el Perú.
- Figura 2.5 Marco tectónico y magmático durante el Jurásico medio-Cretácico superior en el Sur del Perú
- Figura 2.6 Ubicación de los principales depósitos tipo VMS
- Figura 2.7 Mapa de ubicación de los principales yacimientos de la franja de pórfidos de Cu-Mo
- Figura 2.8 Geología y yacimientos principales de la franja de pórfidos y skarn de Cu-Mo (Au, Zn)
- Figura 2.9 Depósitos tipo Mississippi Valley de Pb-Zn hospedados en calizas del Grupo Pucará
- Figura 2.10 Migración hacia la Cordillera Occidental del arco magmático del Mioceno.
- Figura 3.1 Principales afloramientos del basamento metamórfico del Macizo de Arequipa.
- Figura 3.2 Modelo de evolución tectónica del Neoproterozoico superior - Cámbrico inferior.
- Figura 3.3 Evolución del basamento paleozoico de los Andes centrales
- Figura 3.4 Evolución tectónica del Perú occidental desde 1.2 Ga.
- Figura 3.5 Mapa geológico de la Cordillera Oriental.
- Figura 3.6 Distribución espaciotemporal del magmatismo jurásico
- Figura 3.7 Bosquejo simplificado de la evolución tectónica del Perú occidental desde los ~350 Ma
- Figura 3.8 Modelo de la evolución tectónica del sur del Perú durante el Cenozoico
- Figura 3.9 Distribución temporal y espacial de rocas magmáticas en los Andes centrales.
- Figura 4.1 Mapa Metalogenético 2020.
- Figura 5.1 Esquema simplificado ilustrando el contexto de formación de los yacimientos de tipo pórfido.
- Figura 5.2 Esquema generalizado de las relaciones espaciales entre un plutón pariente, dos columnas de pórfidos cupríferos, un complejo volcánico, un lithocap, y la paleosuperficie
- Figura 5.3 Anatomía esquematizada de un sistema porfídico de cobre.
- Figura 5.4 Esquema generalizado de alteración-mineralización en sistemas porfídicos de cobre
- Figura 5.5 Mapa de los pórfidos reconocidos hasta la fecha en el Perú
- Figura 5.6 Distribución de los sistemas porfídicos de cobre en el extremo sur del Perú
- Figura 5.7 Ubicación de los sistemas porfídicos de cobre del extremo sur del Perú
- Figura 5.8 Mapa geológico del área de Arequipa y Cerro Verde
- Figura 5.9 Sección geológica según el alineamiento Cerro Verde–Santa Rosa–Cerro Negro
- Figura 5.10 Mapa geológico de Cerro Verde y Santa Rosa
- Figura 5.11 Sección geológica de Cerro Verde y Santa Rosa
- Figura 5.12 Geología de la mina Cuajone
- Figura 5.13 Geología de la zona de Quellaveco
- Figura 5.14 Sección a través de la zona planeada para abrir el tajo abierto en Quellaveco
- Figura 5.15 Componentes geológicos en el área de los yacimientos de Toquepala, Quellaveco y Cuajone.
- Figura 5.16 Geología de la mina Toquepala.
- Figura 5.17 Geología del proyecto Chipispaya.
- Figura 5.18 Ubicación de los principales yacimientos y proyectos en el Batolito de Andahuaylas-Yauri
- Figura 5.19 Mapa geológico simplificado del distrito de Tintaya
- Figura 5.20 Secciones litológicas transversales extraídas del proyecto Coroccohuayco.

- Figura 5.21 Evolución esquematizada del magmatismo en el área de Coroccohuayco
- Figura 5.22 Mapa geológico del proyecto Paraíso
- Figura 5.23 Reconstrucción cronológica esquemática de los eventos magmáticos en el proyecto Paraíso
- Figura 5.24 Ubicación de algunas minas de interés cercanas a la ciudad de Cajamarca.
- Figura 5.25 Mapa geológico simplificado de la zona minera de Cajamarca
- Figura 5.26 Mapa geológico simplificado del proyecto Michiquillay.
- Figura 5.27 Secciones a través del proyecto Michiquillay
- Figura 5.28 Mapa geológico del prospecto de El Galeno
- Figura 5.29 Sección a través del sistema porfídico de El Galeno
- Figura 5.30 Sección a través del prospecto de El Galeno
- Figura 5.31 Mapa geológico del área de Minas Conga.
- Figura 5.32 Sección geológica a través del yacimiento de Perol
- Figura 5.33 Sección geológica a través del yacimiento de Chailhuagón.
- Figura 5.34 Mapa geológico del distrito minero de Hualgayoc
- Figura 5.35 Mapa geológico del área de Cerro Corona.
- Figura 5.36 Sección geológica a través de Cerro Corona
- Figura 5.37 Mapa geológico del yacimiento de La Granja
- Figura 5.38 Mapa geológico del distrito de Morococha.
- Figura 5.39 Geología local del Pórfido Cu-Mo Pashpap
- Figura 5.40 Mapa de alteraciones hidrotermales del Pórfido Cu-Mo Pashpap.
- Figura 5.41 Etapas de formación de un depósito tipo skarn.
- Figura 5.42 Composición promedio de intrusivos asociados con diferentes tipos de skarn.
- Figura 5.43 Modelos tectónicos idealizados para la formación de skarn.
- Figura 5.44 Yacimientos de skarn en el Perú
- Figura 5.45 Geología del yacimiento Antamina.
- Figura 5.46 Zoneamiento skarn Antamina
- Figura 5.47 Sección esquemática Zoneamiento skarn Antamina
- Figura 5.48 Anomalías geoquímicas en rocas, sector Santa Rosa-Brazinni.
- Figura 5.49 Geología del yacimiento Atacocha.
- Figura 5.50 Sección del yacimiento Atacocha.
- Figura 5.51 Mapa geológico local del proyecto Hilarion.
- Figura 5.52 Ubicación de las U.M. Tintaya, Antapacay y el proyecto Coroccohuayco.
- Figura 5.53 Plano geológico estructural del distrito minero Tintaya.
- Figura 5.54 Modelo litológico y de alteraciones del yacimiento Antapacay
- Figura 5.55 Afloramiento de las formaciones Ferrobamba, Mara y Hualhuani – Cerro Frito
- Figura 5.56 Plano geológico y distribución de áreas mineralizadas del Proyecto Las Bambas
- Figura 5.57 Unidades litológicas del proyecto Utupara
- Figura 5.58 Alteraciones hidrotermales del proyecto Utupara

- Figura 5.59 Sección estructural de la paleogeografía permo triásica del yacimiento Cobriza
- Figura 5.60 Diagrama de fugacidad de azufre (fS₂)
- Figura 5.61 Sección de alteraciones de un sistema epitermal de baja sulfuración
- Figura 5.62 Sección esquemática de alteraciones hidrotermales de un epitermal de baja e intermedia sulfuración
- Figura 5.63 Modelo de yacimiento epitermal de alta sulfuración
- Figura 5.64 Geología del distrito de Alto Chicama
- Figura 5.65 Columna estratigráfica de Lagunas Norte
- Figura 5.66 Sección de distrito de Alto Chicama
- Figura 5.67 Secuencia paragenética del depósito Lagunas Norte
- Figura 5.68 Depósito La Arena
- Figura 5.69 Prospecto La Capilla
- Figura 5.70 Mapa geológico del Distrito Minero Yanacocha.
- Figura 5.71 Imagen Landsat TM del distrito de Aruntani con las principales estructuras y centros de mineralización.
- Figura 5.72 Distrito de Quiruvilca, zonación de metales.
- Figura 5.73 Vista panorámica de la Mina Julcani
- Figura 5.74 Columna estratigráfica de la Mina Julcani.
- Figura 5.75 Mapa geológico de la mina Julcani.
- Figura 5.76 Geología y minas principales de Cerro de Pasco. Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
- Figura 5.77 Paragénesis de la mina Antapite.
- Figura 5.78 Mapa de los principales depósitos epitermales de oro y plata en el Perú.
- Figura 5.79 Sección esquemática a través de un depósito de reemplazo polimetálico
- Figura 5.80 Gráfico de Ficklin que muestra el pH frente a la suma de los metales básicos
- Figura 5.81 Localización y geología del Distrito de Colquijirca.
- Figura 5.82 Mineralización sobreimpuesta en el Distrito de Colquijirca.
- Figura 5.83 Paragénesis del Distrito de Colquijirca.
- Figura 5.84 Diagrama en bloque del depósito de Cerro de Pasco.
- Figura 5.85 Mapa geológico del Distrito de Morococha.
- Figura 5.86 Diagrama de eventos magmáticos e hidrotermales en el distrito de Morococha
- Figura 5.87 Mapa geológico del proyecto Carhuacayán.
- Figura 5.88 Sección geológica del proyecto Carhuacayán.
- Figura 5.89 Distrito de Quiruvilca, zonación de metales.
- Figura 5.90 Columna estratigráfica de la unidad minera Huarón.
- Figura 5.91 Sección geológica-Anticlinal Huarón.
- Figura 5.92 Paragénesis de la mina Huarón.
- Figura 5.93 Mapa geológico del prospecto Huampar.
- Figura 5.94 Mapa geológico del distrito Yanque-Dolores.
- Figura 5.95 Columna estratigráfica del distrito de Yanque-Dolores.
- Figura 5.96 Modelo geológico de la alteración supérgena en Yanque.

- Figura 5.97** Mapa geológico del distrito de San Cristóbal.
- Figura 5.98** Sección y mapa de niveles de minado de la veta San Cristóbal.
- Figura 5.99** Mapa de distribución geoquímica de los elementos Zn, Pb, Cu y Ag de la veta Toldorumi
- Figura 5.100** Secuencia paragenética de la veta San Cristóbal.
- Figura 5.101** Mapa geológico de la región de Cerro de Pasco con edades de intrusivos y de mineralización.
- Figura 5.102** Mapa metalogenético de depósito tipo cordillerano: operaciones, proyectos y prospectos mineros.
- Figura 5.103** Escenarios de arcos tectónicos y magmáticos.
- Figura 5.104** Ubicación relativa generalizada de los tipos de depósitos.
- Figura 5.105** Cuatro posibles escenarios para las condiciones de fusión de la astenósfera y de la litosfera.
- Figura 5.106** Evolución del Yacimiento minero Marcona.
- Figura 5.107** Evolución de mineralización de magnetita y la etapa principal de sulfuros en Marcona.
- Figura 5.108** Vista panorámica de Marcona
- Figura 5.109** Mapa geológico del yacimiento Mina Justa en la parte superior de la Formación Río Grande
- Figura 5.110** Secciones transversales de los principales cuerpos mineralizados de Mina Justa
- Figura 5.111** Evolución del depósito Mina Justa.
- Figura 5.112** Paragénesis en estructuras mineralizadas de Monterrosas.
- Figura 5.113** Mapa metalogenético de yacimientos tipo IOCG: Operaciones y proyectos mineros.
- Figura 5.114** Sección del Depósito TG1 – Tambogrande.
- Figura 5.115** Diagrama ternario de las composiciones metálicas de los depósitos VMS más representativos de la Cuenca Lancones
- Figura 5.116** Depósitos de sulfuros masivos comprendidos en las franjas metalogenéticas de VMS
- Figura 5.117** Proyectos y Operaciones representativos VMS
- Figura 5.118** Vista general de Cerro Lindo.
- Figura 5.119** Geología Regional de la unidad minera Cerro Lindo
- Figura 5.120** Paragénesis mineral de la unidad minera Cerro Lindo
- Figura 5.121** Fallas sinvolcánicas como conductos para los fluidos mineralizantes
- Figura 5.122** Modelo de Geología y perfil estructural Leonila – Graciela.
- Figura 5.123** Vista panorámica del proyecto Palma Fuente: Fotografía inédita M. López
- Figura 5.124** Vista del nivel exhalativo, nivel de guía de los depósitos tipo VMS
- Figura 5.125** Vista del nivel exhalativo en contacto con calizas y el volcánico Calipuy
- Figura 5.126** Mapa metalogenético de depósitos tipo VMS: Operaciones y proyectos mineros
- Figura 5.127** Modelo de subducción para la formación de depósitos orogénicos
- Figura 5.128** Modelo de mineralización de los yacimientos orogénicos de oro
- Figura 5.129** Esquema de alteración hidrotermal en los sistemas orogénicos de oro
- Figura 5.130** Contenido de oro por franja metalogenética
- Figura 5.131** Mapa de franjas metalogenéticas de los depósitos Orogénicos del Perú.
- Figura 5.132** Columna estratigráfica del distrito minero Poderosa.
- Figura 5.133** Mapa geológico del distrito minero Poderosa

- Figura 5.134 Mapa y perfil geológico del yacimiento El Gigante
- Figura 5.135 Ambiente tectónico para la génesis de depósitos estratoligados
- Figura 5.136 Distribución de los depósitos de tipo MVT en función a su edad de emplazamiento
- Figura 5.137 Tipos de trampas sedimentarias y/o estructurales
- Figura 5.138 Mapa de depósitos Mississippi Valley Type (MVT) del Perú
- Figura 5.139 Mapa geológico del distrito de Bongará
- Figura 5.140 Sección geológica de las áreas San Jorge, Falla Sam, Central y Karen Milagros
- Figura 5.141 Paragénesis de proyecto Bongará
- Figura 5.142 Mapa geológico y unidades morfoestructurales del distrito de Bongará
- Figura 5.143 Sección esquemática de las áreas mineralizadas del proyecto Cristal
- Figura 5.144 Mapa geológico del área del proyecto Cristal, muestra ocurrencias y prospectos de Zn- Pb
- Figura 5.145 Sección geológica del distrito minero San Vicente
- Figura 5.146 Mapa geológico del proyecto Shalipayco
- Figura 5.147 Columna estratigráfica de Shalipayco, mostrando los principales cuerpos mineralizados
- Figura 5.148 A) Cuenca sedimentaria donde se forman los sistemas tipo SEDEX, B) Modelo idealizado de la mineralización sedimentaria exhalativa
- Figura 5.149 Mapa y sección geológica de Carahuacra
- Figura 5.150 Circulación de aguas meteóricas y connatas
- Figura 5.151 Columna estratigráfica compuesta del depósito Tambomachay
- Figura 5.152 Ilustración esquemática de la mineralización en dirección vertical y horizontal
- Figura 5.153 Esquema tectónico del magmatismo relacionado a la mineralización
- Figura 5.154 Estilo de mineralización en sistemas greisen, alojados en las cupulas de plutones graníticos
- Figura 5.155 Ubicación del depósito San Rafael Sn - Cu, en el centro del cinturón andino de Sn
- Figura 5.156 Geología del sector SO del distrito de San Rafael
- Figura 5.157 Zonación geoquímica en el yacimiento San Rafael (sección longitudinal)
- Figura 5.158 Mapa de recursos y reservas de Ayawilca
- Figura 5.159 Mapa geológico de la mina Pasto Bueno
- Figura 5.160 Esquema geológico del Santo Domingo
- Figura 5.161 Mapa metalogenético de yacimientos de SN-W relacionados a intrusivos: Operaciones, proyectos y prospectos mineros
- Figura 5.162 Modelos de mineralización de uranio
- Figura 5.163 Modelo geológico de los depósitos de U relacionado a rocas volcánicas
- Figura 5.164 Ambientes sedimentarios de los depósitos de fosfatos
- Figura 5.165 Granulometría y composición de los depósitos de fosfatos, según ambiente sedimentario
- Figura 5.166 Mapa de depósitos de uranio del Perú
- Figura 5.167 Cuadro comparativo de tonelaje de óxido de uranio según tipo de depósito
- Figura 5.168 A) Ocurrencias uraníferas, B) Secuencias litoestratigráficas y C) Mineralización de U del campo volcánico Macusani
- Figura 5.169 Sección geológica de la Cuenca Sechura.

- Figura 5.170** (A) Sección esquemática de un valle fluvial (B) las curvas de los ríos (C) la confluencia de dos ríos con diferentes velocidades, (D) las zonas accidentadas del lecho del río y (E) las marmitas que se forman en lechos rocosos.
- Figura 5.171** Diagrama de depósitos aluviales de oro por región
- Figura 5.172** Mapa de los principales depósitos aluviales de oro en el Perú
- Figura 5.173** Mapa geológico de la cuenca hidrográfica Huallaga
- Figura 5.174** Imagen satelital y perfil topográfico de la cuenca del río Huallaga
- Figura 5.175** Mapa de los depósitos aluviales de oro en sur el Perú
- Figura 6.1** Participación de los sectores primario, secundario y terciario en la economía de China
- Figura 6.2** Cotización del cobre entre los años 1970 y 1990
- Figura 6.3** Cotización de la plata entre los años 1970 y 1990
- Figura 6.4** Cotización del zinc entre los años 1970 y 1990
- Figura 6.5** Cotización del plomo entre los años 1970 y 1990
- Figura 6.6** Cotización del oro entre los años 1971 y 1990
- Figura 6.7** PBI y Tasas de crecimiento de Perú entre 1950 y 2015
- Figura 6.8** Exportaciones, en millones de dólares, de sector minero y de petróleo entre 1978 y 1990
- Figura 6.9** Producción de hierro entre 1970 y 1990
- Figura 6.10** Producción de plata entre 1970 y 1990
- Figura 6.11** Producción de cobre entre 1970 y 1990
- Figura 6.12** Producción de zinc entre 1970 y 1990
- Figura 6.13** Producción de plomo entre 1970 y 1990
- Figura 6.14** Producción de oro entre 1970 y 1990
- Figura 6.15** Exportaciones por principales minerales entre 1980 y 1989
- Figura 6.16** Precios de plata por onza
- Figura 6.17** Inversiones en millones de dólares estadounidenses
- Figura 6.18** Valor agregado promedio del CMLO (US\$/TMF)
- Figura 6.19** GDP por país en 1990 (en miles de millones de dólares)
- Figura 6.20** Comparación de crecimiento real de GDP entre China y Estados Unidos
- Figura 6.21** Economías más grandes del mundo
- Figura 6.22** Evolución de las mayores economías del mundo
- Figura 6.23** Cotización del cobre entre los años 2000 y 2019 (US\$/lb)
- Figura 6.24** Cotización del oro entre los años 2000 y 2019 (US\$/oz)
- Figura 6.25** Cotización del zinc entre los años 2000 y 2019 (US\$/lb)
- Figura 6.26** Cotización del plomo entre los años 2000 y 2019 (US\$/lb)
- Figura 6.27** Cotización de la plata entre los años 2000 y 2019 (US\$/oz)
- Figura 6.28** Cotización del estaño entre los años 2000 y 2019 (US\$/lb)
- Figura 6.29** Crecimiento del PBI minero y PBI total entre los años 1992 y 2001
- Figura 6.30** Fases de conflictos típicos para búsqueda de soluciones
- Figura 6.31** Acciones de protesta que generaron violencia entre 2007 y 2020

- Figura 6.32 Estrategia SGSD para manejo de conflictos sociales.
- Figura 6.33 Factores claves en la intervención durante conflictos.
- Figura 6.34 Estructura de convenio marco
- Figura 6.35 Evolución del Coeficiente de Gini por país (2002-2018)
- Figura 6.36 Evolución de incidencia de pobreza total entre 2007 y 2016 en unidades porcentuales
- Figura 6.37 Exportaciones metalmeccánicas entre 1994 y 2015 en millones de dólares
- Figura 6.38 Efecto de minería sobre otros sectores
- Figura 6.39 Costo de servicios a terceros en millones de dólares.
- Figura 6.40 Efecto de la minería en la generación de empleo.
- Figura 6.41 Evolución de la inflación desde 1970 hasta 2000
- Figura 6.42 Consumo de minerales y PBI mundial entre 1990 y 2001
- Figura 6.43 Panorama de la economía mundial (variación porcentual anual)
- Figura 6.44 Consumo, producción y precios de cobre entre 1960 y 1997
- Figura 6.45 Cotización del cobre entre 1971 y 2000
- Figura 6.46 Producción peruana de cobre entre 1981 y 2000
- Figura 6.47 Cotización de oro entre 1981 y 2000
- Figura 6.48 Producción peruana de oro entre 1981 y 2000
- Figura 6.49 Cotización de plata entre 1971 y 2000
- Figura 6.50 Producción peruana de plata entre 1981 y 2000
- Figura 6.51 Cotización de zinc entre 1981 y 2000
- Figura 6.52 Producción peruana de zinc entre 1981 y 2000
- Figura 6.53 Cotización de plomo entre 1981 y 2000
- Figura 6.54 Producción peruana de plomo entre 1981 y 2000
- Figura 6.55 Cotización de estaño entre 1981 y 2000
- Figura 6.56 Producción peruana de estaño entre 1981 y 2000
- Figura 6.57 Panorama de la economía mundial.
- Figura 6.58 Presupuestos de exploración a escala mundial.
- Figura 6.59 Inversión minera materializada entre 1990 y 1997
- Figura 6.60 Inflación y PBI entre 1991 y 2000
- Figura 6.61 Déficit fiscal entre 1991 y 2000

Fotografías

- Fotografía 5.1 Planta concentradora – mina Raura.
- Fotografía 5.2 Vista panorámica de Yanacocha.
- Fotografía 5.3 Formación Ereo - Lavas Basálticas Almohadilladas de la Formación Ereo
- Fotografía 5.4 Formación Ereo - brechas de composiciones andesítico–basálticas
- Fotografía 5.5 Tomapampa: En profundidad (15m) comienza el nivel enriquecido
- Fotografía 5.6 Tomapampa - Covelita, malaquita, calcantita, atacamita, cuprita, calcosina

Tablas

Tabla 1.1	Impacto de las guerras de la Independencia sobre la fundición de plata en Puno
Tabla 1.2	Impacto de las guerras de la Independencia sobre la fundición oficial de plata en el Perú
Tabla 1.3	Evolución de la producción peruana de plata
Tabla 1.4	Evolución de la producción oficial de oro
Tabla 1.5	Efectos de la ley del 8 de noviembre de 1890
Tabla 1.6	Evolución de la producción peruana de plata
Tabla 1.7	Producción peruana de metales importantes y carbón en 1913
Tabla 1.8	Evolución de los precios internacionales del cobre, plomo, y plata de 1913 a 1921
Tabla 1.9	Exportaciones peruanas de cobre de 1913 a 1921
Tabla 1.10	Producción peruana de oro de 1930 a 1941
Tabla 1.11	Producción peruana de plata de 1930 a 1939
Tabla 1.12	Producción peruana de cobre de 1930 a 1939
Tabla 1.13	Producción peruana de plomo de 1930 a 1939
Tabla 1.14	Producción peruana de zinc de 1930 a 1939
Tabla 1.15	Rango mundial del Perú en 2017 y 2018 para metales relevantes
Tabla 5.1	Tonelaje y leyes de los depósitos de Tambogrande
Tabla 5.2	Contenido metálico de las muestras de Cerro Colorado
Tabla 5.3	Valores de la concentración de metales en el sector de Potrobayo.
Tabla 5.4	Reservas estimadas totales T.M.
Tabla 5.5	Datos geoquímicos del proyecto Palma
Tabla 6.1	Países Industrializados: Producción y Precios, 1963-79 (Var%)
Tabla 6.2	Producción Mundial 1981-1990 (Var%)
Tabla 6.3	Producción Industrial Real y Demanda interna 1971-1990 (Var%)
Tabla 6.4	Oferta y demanda de cobre a nivel mundial
Tabla 6.5	Oferta y demanda de zinc a nivel mundial
Tabla 6.6	Oferta y demanda de plomo a nivel mundial
Tabla 6.7	Inversión extranjera directa entre 1981-1990 (en millones de dólares)
Tabla 6.8	Cotizaciones de los principales minerales de exportación
Tabla 6.9	Precios con inflación acumulada 1981-1990
Tabla 6.10	Cotizaciones de productos mineros: 1980-1990
Tabla 6.11	Balanza de pagos 1981-1990 (Millones de US dólares)
Tabla 6.12	Principales empresas mineras en Perú (1986)
Tabla 6.13	Principales empresas mineras en Perú (1989)
Tabla 6.14	Oferta y Demanda en Perú entre 1981 y 1990.
Tabla 6.15	Producto Bruto Interno por Sectores Productivos: 1981-1990
Tabla 6.16	Producción minera por principales productos: 1974-1980
Tabla 6.17	Producción minera por principales productos: 1981-1990

Tabla 6.18	Exportaciones FOB por principales productos mineros: 1980-1989
Tabla 6.19	GDP por país en 1990 (en miles de millones de dólares)
Tabla 6.20	Operaciones de MINPECO en miles de millones de soles
Tabla 6.21	Deuda Pública Externa Créditos concertados por fuente de financiamiento
Tabla 6.22	Crédito del Banco Central de Reserva a la Banca de Fomento
Tabla 6.23	Panorama de la economía mundial (FMI)
Tabla 6.24	Comparación de los niveles de competitividad entre Perú y países con potencial minero
Tabla 6.25	Comparación de la tasa de urbanización de China y otros países
Tabla 6.26	Consumo mundial de cobre refinado (miles de toneladas de cobre fino)
Tabla 6.27	Importaciones mundiales de cobre (miles de toneladas de cobre fino).
Tabla 6.28	Producción mundial de cobre de mina (miles de toneladas de cobre fino)
Tabla 6.29	Producción mundial de oro de mina (miles de toneladas de oro de fino)
Tabla 6.30	Producción mundial de plata de mina (miles de toneladas de plata fina)
Tabla 6.31	Principales países productores de zinc entre 2010 y 2019 en millones de toneladas)
Tabla 6.32	Principales países productores de plomo entre 2010 y 2019 en miles de toneladas finas
Tabla 6.33	Principales países productores de estaño entre 2010 y 2019 en miles de toneladas finas.
Tabla 6.34	Producción minera metálica entre 2000 y 2009
Tabla 6.35	Producción minera metálica entre 2010 y 2019
Tabla 6.36	Producción nacional de oro en toneladas entre 2010 y 2019
Tabla 6.37	Estimación de producción informal de oro
Tabla 6.38	Cartera de proyectos mineros de 2001
Tabla 6.39	Inversión minera por categoría en millones de dólares estadounidenses.
Tabla 6.40	Evolución de las inversiones en regiones en millones de dólares.
Tabla 6.41	Reservas probadas y probables
Tabla 6.42	Reservas mundiales de cobre en miles de toneladas
Tabla 6.43	Ubicación de Perú en el mundo y Latinoamérica en la producción minera entre 1990 y 2001
Tabla 6.44	Desigualdad en Latinoamérica
Tabla 6.45	Participación (%) de las regiones en el PBI nacional
Tabla 6.46	Crecimiento de la producción (%) anual de las regiones 2008-2019
Tabla 6.47	Resultados generales del índice del Progreso Social Regional de Perú
Tabla 6.48	Transferencia a las regiones por concepto de canon minero
Tabla 6.49	Presupuesto de inversión de Gobiernos Regionales eentre 2013 y 2017
Tabla 6.50	Experiencia del desarrollo de clústeres en países mineros
Tabla 6.51	Índice de intensidad de uso de cobre.
Tabla 6.52	Principales productores mundiales de cobre de mina
Tabla 6.53	Producción mundial de oro en mina
Tabla 6.54	Producción mundial de plata de mina
Tabla 6.55	Exportaciones mundiales de cobre

Tabla 6.56	PBI por sectores productivos.
Tabla 6.57	Principales indicadores macroeconómicos
Tabla 6.58	Producción minera e hidrocarburos por principales productos
Tabla 6.59	Producción minera y de hidrocarburos por principales productos
Tabla 6.60	Exportaciones de productos tradicionales
Tabla 6.61	Inversión extranjera directa entre 1981 y 1990
Tabla 6.62	Inversión extranjera directa entre 1991 y 2000 como aporte de capital por sector
Tabla 6.63	Utilidades de las principales empresas estatales
Tabla 6.64	Monto de las transiciones e inversión proyectada por privatizaciones entre 1991 y 1999

Cuadros

Cuadro 5.1	Evolución de los esquemas de clasificación para depósitos epitermales.
Cuadro 5.2	Depósitos del distrito de Alto Chicama
Cuadro 5.3	Edades de mineralización del proyecto San Cristóbal.
Cuadro 5.4	Depósitos orogénicos en el Perú.
Cuadro 5.5	Depósitos tipo mississippi valley (MVT) en el Perú
Cuadro 5.6	Depósitos tipo SEDEX en el Perú
Cuadro 5.7	Principales depósitos aluviales de oro del sector norte.
Cuadro 5.8	Principales depósitos aluviales de oro del sector sur.
Cuadro 6.1	Estructura de la industria minera peruana en 1990
Cuadro 6.2	Metales de diferentes concesiones
Cuadro 6.3	Perú en el ranking de producción minera
Cuadro 6.4	Tipo de acciones colectivas de protesta que implicaron violencia
Cuadro 6.5	Tipología de conflictos
Cuadro 6.6	Inversión realizada por las empresas mineras
Cuadro 6.7	Tipificación de las concesiones
Cuadro 6.8	Disposiciones del TUO de la Ley General de Minería
Cuadro 6.9	Principales activos mineros estatales transferidos al sector privado entre 1992 y 2000.



Av. Canadá 1470 - San Borja, Lima 41, Perú
Teléfono: 051 - 1- 618 9800
www.gob.pe/ingemmet
comunicacion@ingemmet.gob.pe

ISBN: 978-612-47898-5-4



9 786124 789854