Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET



Metalogenia, Geología Económica y Potencial Minero de la Deflexión de Huancabamba: Noroeste del Perú

Boletín N° 29 Serie B Geología Económica



Por:

Italo Rodríguez Morante Eder Villarreal Jaramillo Michael Valencia Muñoz Víctor Sánchez Páucar

Lima, Perú 2012 . . Ministerio

de Energía y Minas

PERÚ



Metalogenia, Geología Económica y Potencial Minero de la Deflexión de Huancabamba: Noroeste del Perú

Boletín N° 29 Serie B Geología Económica



Por:

Italo Rodríguez Morante Eder Villarreal Jaramillo Michael Valencia Muñoz Víctor Sánchez Páucar

Lima, Perú 2012

SERIE B: GEOLOGÍA ECONÓMICA, Nº 29, 2012.

Hecho el Depósito Legal N° 2012-03720 Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima, Perú Primera Edición, INGEMMET 2012 Se terminó de imprimir el 25 de marzo del año 2012 en los talleres de INGEMMET.

© INGEMMET

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidenta del Consejo Directivo: Susana Vilca Secretario General: Wens Silvestre

Comité Editor: Susana Vilca, Humberto Chirif, Lionel Fídel, Víctor Carlotto, Giovanna Alfaro

Dirección encargada del estudio: Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

Unidad encargada de edición: Unidad de Relaciones Institucionales.

Correción Geocientífica: Humberto Chirif Digitalización y SIG: Eder Villarreal, Dina Huanacuni Corrección gramatical y de estilo: Glenda Escajadillo Diagramación: Distribuidora & Gráfica Rosvil E.I.R.L.

Portada: Mapa Metalogenético del área de estudio, fotografías de muestras de gossan de Tambogrande, afloramiento de óxido de cobre, stockwork, pórfido chancadora.

Referencia bibliográfica

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, 222 p., 7 mapas.

Contenido

RESUMEN	
AGRADECIMIENTOS	
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES	
CAPÍTULO II	
CONTEXTO GEOGRÁFICO	
CAPÍTULO III	
MARCO TECTÓNICO-GEOLÓGICO	
CAPÍTULO IV	21
MARCO ESTRATIGRÁFICO	
CAPÍTULO V	
GEOLOGÍA ECONÓMICA	
CAPÍTULO VI	
GEOQUÍMICA	
CAPÍTULO VII	
ANOMALÍAS ESPECTRALES-GEOFÍSICA	
CAPÍTULO VIII	
FRANJAS Y ÉPOCAS METALOGENÉTICAS	
CAPÍTULO IX	
POTENCIAL MINERO-ECONÓMICO	
CONCLUSIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

RESUMEN

La Deflexión de Huancabamba es una megaestructura de deformación cortical ubicada en la región noroccidental del Perú, entre los departamentos de Piura, Cajamarca, Tumbes y parte de Amazonas.

Las rocas más antiguas que afloran en el área de estudio corresponden a secuencias metamórficas de esquitos, pizarras, filitas y cuarcitas que constituyen los macizos paleozoicos de Amotape y el Complejo Olmos-Marañón.

El Mesozoico y Cenozoico se han descrito por sectores, en base a las cuencas sedimentarias que existen en el área de estudio: sector Cuenca Lancones, sector cuencas cenozoicas Talara, Sechura y Progreso. La cuenca mesozoica de Lancones tiene dos dominios bien macados: un dominio occidental sedimentario, constituido por intercalaciones de areniscas, lutitas y conglomerados; y un dominio oriental volcánico sedimentario, constituido por lavas basálticas-andesíticas en su base, y hacia la parte-superior se encuentran andesitas y dacitas con niveles de lutitas, areniscas y pequeños horizontes de calizas. Las cuencas cenozoicas se constituyen principalmente de intercalaciones de lutitas y areniscas. Estas secuencias sedimentarias cenozoicas se caracterizan por ser generadoras de hidrocarburos, sobre todo en la cuenca Talara.

En la zona de estudio se han determinado siete franjas metalogenéticas: (1) Pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior; en la cual la mineralización está asociada a stocks intrusivos del Jurásico superior datados en 153 Ma. (2) Franja de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) de Cu-Zn-Au del Albiano; cuya mineralización se relaciona con la actividad magmática dacítica

datada por Winter entre 102 y 104 Ma. (3) Pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior; controlada por fallas de direcciones NE-SO, E-O y NNE-SSO y relacionada con granitoides del Cretácico superior, datados en 75 Ma. (4) Franja de sulfuros volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno; donde la mineralización se hospeda en las secuencias volcánicas sedimentarias de la Formación La Bocana. (5) Epitermales de Au-Ag del Cretácico superior-Paleoceno; corresponde a vetas con orientaciones NE-SO asociadas a las intrusiones del Cretácico superior-Paleoceno, atribuidas al segmento Piura del Batolito de la Costa; en esta franja existen también vetas de Au, Cu, Zn, Pb relacionadas a intrusivos del Cretácico superior similares a las de la franja Nazca-Ocoña. (6) Pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos, relacionados con intrusiones del Mioceno; la mineralización se relaciona con recientes daciones de entre 18 y 10 Ma. (7) Epitermales de Au-Ag del Mioceno; esta franja está asociada al volcanismo cenozoico del grupo Calipuy.

Se han definido seis épocas de mineralización, cada una de ellas relacionada a eventos magmáticos: i) Paleozoico ii) Jurásico Inferior; iii) Albiano-Aptiano; iv) Cretáceo Superior; v) Cretáceo Superior-Paleógeno; vi) Mioceno.

Los principales responsables del emplazamiento actual de los yacimientos en la zona de estudio son el *rift*en la cuenca Lancones del Albiano y el sistema de subducción en toda el área, que originó las actividades magmáticas que predominaron en esta región a partir del Cretáceo superior y continuaron episódicamente hasta el Mioceno.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los directivos del INGEMMET por habernos confiado el estudio geológico de la Deflexión de Huancabamba.

Asimismo, formulamos un reconocimiento a todos los que colaboraron de alguna forma con la realización del presente trabajo, entre ellos Jorge Quispe y Keller Guerra, quienes prepararon un informe recopilatorio y programaron algunos de los trabajos de campo en la cuenca Lancones; a Edwin Loayza y Armando Galloso por su contribución con información de campo sobre el área de estudio; a Jorge Barreda y Dina Huanacuni por su apoyo en la elaboración de las bases de datos; a Raymond Rivera, Alex

Santisteban, y Moisés Ortega por su apoyo en la elaboración de gráficos; y al Dr. Humberto Chirif, Director de la DRME y Jorge Acosta, responsable del Programa de Metalogenia de la misma dirección, por su gran apoyo y confianza para la culminación del presente trabajo.

Los autores manifestamos nuestro reconocimiento al Dr. Jorge Injoque Espinoza, investigador en geología económica y petromineralogía en INGEMMET durante los años 1979-1985, por su larga y fecunda trayectoria en la investigación y descubrimiento de sulfuros masivos en el Perú que generó mayor conocimiento de la génesis de este tipo de depósitos.



JORGE INJOQUE ESPINOZA 29 nov. 1953 - 22 julio 2003

CAPÍTULO I GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

El proyecto GR-9 «Metalogenia, geología económica y potencial minero de la Deflexión de Huancabamba: noroeste del Perú» comprende gran parte del norte del territorio peruano (Fig. 1.1), un área aproximada de 90,000 km² y se dividió para su estudio en tres zonas: oeste, centro y este.

En el 2005 se inició el estudio del sector occidental de la Deflexión de Huancabamba, que abarcó principalmente la cuenca Lancones e involucró los cuadrángulos 9b, 9c, 9d, 10b, 10c, 10d, 11b, 11c, 11d y 12c del norte del territorio peruano.

Al año siguiente se iniciaron los estudios de campo que abarcaron parte de la cuenca Lancones y parte del bloque Amotapes-Tahuín. Este estudio permitió definir provincias y épocas metalogenéticas que dieron como resultado el incremento de concesiones mineras en la zona norte de la cuenca Lancones.

En el año 2007 se prosiguió el estudio de la cuenca Lancones en el lado occidental, abarcando también la zona central y dando como resultado los folios actualizados a escala 1/250,000: estructural, geológico, franjas metalogenéticas, intrusivos, dataciones y ubicación de depósitos. Además, se recolectaron 263 muestras de rocas y menas, las mismas que han sido analizadas por diversos ensayos químicos (elementos mayores, tierras raras y elementos traza), y se realizaron estudios petromineragráficos.

OBJETIVOS

- Estudiar los aspectos relacionados a la geología económica mediante la verificación de la existencia de los yacimientos y las ocurrencias que se han reconocido en la última década.
- Estudiar las principales características geológicas, metalogenéticas y geoquímicas de los diferentes tipos de depósitos localizados en la Deflexión de Huancabamba y su relación espacio-tiempo con la formación de los yacimientos.
- Identificar los principales controles regionales en la génesis de los yacimientos, y sirvan como base para determinar zonas de interés económico.
- 4) Actualizar la base de datos de depósitos minerales y ocurrencias metálicas.

METODOLOGÍA

La metodología empleada para el presente estudio se divide en:

Trabajo de gabinete

- Recopilación, evaluación y validación de datos geológicos, geoquímicos, estructurales, geocronológicos y de ocurrencias minerales del área de estudio, disponibles en tesis universitarias, boletines, publicaciones científicas y revistas especializadas en el ámbito geológico-minero.
- b) Fotointerpretación geológica de fotografías aéreas a escala 1:40000 pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional (IGN), correspondientes al año 1955, con la finalidad de definir unidades cartografiables.
- c) Interpretación de imágenes de satélite Landsat TM, en combinación de bandas RGB: 7, 4, 2 y 4, 5, 7, así como la banda 4 (monocromática), con el fin determinar la geometría, distribución y el tipo de estructuras volcánicas y tectónicas a escala regional.
- d) Elaboración de bases de datos que incluyen información de depósitos, muestras de rocas y menas, petrológica, geoquímica de elementos mayores y tierras raras, y dataciones radiométricas.

La etapa final de gabinete comprendió:

- a) Interpretación y validación de la información geológica, estratigráfica y petrológica de las ocurrencias minerales obtenidas durante los trabajos de campo.
- b) Reinterpretación de imágenes espectrales, satelitales Landsat TM e interpretación de estudios geofísicos-gravimétricos que han permitido definir nuevas zonas con anomalías importantes que se han evaluado en campo y que han servido de guía para encontrar nuevos indicios de ocurrencias de minerales.
- c) Análisis y estudios petrográficos y geoquímicos de los productos volcánicos.
- d) Generación de mapas geológicos actualizados a escala 1:750,000.
- e) Generación de mapa estructural actualizados a escala 1:750,000.

- f) Generación de mapas geocronológicos actualizados a escala 1:750,000.
- g) Generación de mapas de distribución de depósitos actualizados a escala 1:750,000.
- h) Generación de mapa de provincias metalogenéticas actualizados a escala 1:750,000.
- Generación de mapa metalogenético actualizados a escala 1:750,000.
- j) Generación de mapa de ubicación de muestras a escala 1:750,000.
- k) Generación de mapa de propiedades mineras a escala 1:750,000.
- I) Elaboración de gráficos, diagramas e ilustraciones.
- II) Elaboración del informe científico final.

Trabajo de campo

a) Se evaluaron 92 áreas de depósitos minerales, ocurrencias y zonas con anomalías de diferente génesis, tales como sulfuros masivos volcanogénicos, skarns, pórfidos y depósitos epitermales.

- b) Cartografiado geológico de estructuras y depósitos metálicos de las secuencias volcánicas, volcánicas-sedimentarias mesozoicas y de rocas intrusivas asignadas al Batolito de la Costa.
- b) Muestreo de rocas correspondientes a depósitos de flujos de lava, depósitos piroclásticos y volcanoclásticos, así como de zonas de alteración hidrotermal y yacimientos minerales.
- c) Muestreo de mena correspondiente a los diferentes tipos de depósitos.
- d) Recolección de medidas estructurales, fallas y pliegues.
- e) Cartografiado de estructuras como domos, calderas y/o centros volcánicos.
- Reconocimiento de zonas o aéreas con actividad hidrotermal reconocida en numerosas zonas de alteración, localizadas generalmente en inmediaciones del centro de emisión.



Figura N° 1.1. Área de estudio de la «Metalogenia, evolución tectónica y potencial minero – económico de la Deflexión de Huancabamba del norte del Perú». Ver Leyenda en el Mapa Metalogenético.

ANTECEDENTES

La exploración geológica y minera en gran escala en la cuenca Lancones comenzó a partir del año 1978, cuando la Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BGRM), dentro del marco de la cooperación franco-peruana iniciada en 1974, programó dos sondajes de reconocimiento localizados en base a una campaña de prospección física, descubriendo y determinándose concentraciones importantes de cuerpos de sulfuros masivos con concentraciones importantes de cobre, y valores subordinados de zinc y oro en Tambogrande.

Dentro de los estudios de investigación más destacados relacionados con la geología económica de la cuenca Lancones están aquellos realizados por Injoque et al. (1978), quienes sugieren que el yacimiento de Tambogrande se formó en una ventana exhalativa durante las etapas finales del volcanismo del Mesozoico y relacionado a emanaciones hidrotermales submarinas. Por su parte, Injoque et al. (2000) indican que los volcánicos del Cretáceo inferior-superior de la cuenca Lancones están asociados a cuatro arcos volcánicos que en conjunto conforman el «arco compuesto de la cuenca intracratónica Lancones».

INGEMMET realizó en el año 1985 estudios geofísicos usando el método de Polarización Inducida, obteniendo así mediciones de cargabilidad y resistividad, además del método de Potencial Espontáneo para definir zonas con anomalías relevantes, notándose una clara coincidencia entre la anomalía de cargabilidad-resistividad, principalmente en el sector central de Cerro Colorado, ubicado en el lado este de la cuenca Lancones.

Unos años después, Ríos (2004) determinó dos metalotectos importantes, el primero denominado complejo basal volcánico (Formación Ereo) de afinidad toleítica, y el otro diferenciado como «complejo volcánico sedimentario» (Formación La Bocana), de afinidad toleítica a calcoalcalina. El primer metalotecto está relacionado con sulfuros masivos de Cu-Zn-Au, tipo Tambogrande y el segundo asociado a sulfuros masivos de Zn-Pb-Cu, tipo kuroko.

Entre los trabajos sobre la metalogenia de la cuenca Lancones destacan el de Vidal (1985), Valdivia et al. (1985), Chacón (1988), Cardozo (1990), Steinmüiler (1999), Vargas (2000), , Tegard et al. (2001), Canchaya (2001), Winter et al. (2002, 2004), Sánchez y Rodríguez (2007), entre otros. Desde el punto de vista geológico regional destacan los trabajos de Etiennen Jaillard, François Mégard, Luis Reyes, Thomas Mourier, Pierrick Roperch, entre muchos otros investigadores. Las investigaciones mencionadas pusieron en evidencia yacimientos de sulfuros masivos volcanogénicos y sistemas hidrotermales que se encuentran relacionados con la ocurrencia de depósitos de tipo pórfido de Cu-Mo, skarns y epitermales. Actualmente se han descubierto yacimientos auríferos en volcánicos cenozoicos y en intrusivos del Cretáceo superior localizados en la cuenca Lancones.

En el sector oriental, las principales fuentes de información fueron los trabajos de Braun et al. (2000), Pratt et al. (2005) y los numerosos reportes e informes internos del INGEMMET y de las cooperaciones técnicas internacionales.

Destaca la presencia de ORSTOM en el campo de investigación geológica. Así se sumaron los trabajos de muchos investigadores: Michel Sébrier y José Macharé quienes estudiaron la tectónica del noroeste peruano; Pierre Soler y Dominique Beaufils que participaron en la exploración del yacimiento de Tambogrande; Jean Delfaud asesoró con René Marocco las investigaciones de Isabel León Chirinos en la cuenca cenozoica de Tumbes; Michel Seranne sintetizó con Petroperú la evolución de la cuenca de Talara; Thomas Mourier mapeó el norte del Perú desde Talara hasta Bagua, y de Huancabamba hasta Cajabamba, junto con Donald Noble; y Edwin McKee se interesó por la tectónica de levantamientos.

Posteriormente, Pierre Mitouard realizó estudios de paleomagnetismo; Etienne Jaillard y Gérard Laubacher colaboraron con Gerardo Berrones, Martha Ordoñez, Peter Bengtson, Annie Dhondt, Luc Bulot, Stalin Benítez, Marco. Rivadeneira, Nelson Jiménez, Italo Zambrano y Javier Jacay, y estudiaron las estratigrafías y cuencas del norte del Perú.

Finalmente, merecen destacarse las investigaciones sobre el sur ecuatoriano y el norte del Perú de René Marocco, Jorge Fierro, Alain Lavenu, Christophe Noblet, Thierry Winter y Arturo Egüez, estudios que tratan, ante todo, de la gran subsidencia de los Andes y la gran movilidad de las zonas costeras durante el Mezosoico y el Cenozoico.

PROPIEDADES MINERAS

Las propiedades mineras vigentes, que se encuentran dentro del área de estudio, abarcan un área total de 2'541,640.7015 hectáreas; de las cuales 405,256.96 hectáreas se ubican en la cuenca Lancones.

La propiedades mineras vigentes se distribuyen principalmente en las provincias de la Región Piura: Ayabaca, Sechura, Contralmirante Villar, Sullana, Huancabamba, Talara, Morropón, Requena, Paita y Piura Existen numerosas compañías mineras trasnacionales y nacionales que mantienen vigentes miles de áreas de concesiones mineras, seguidas por grupos de asociaciones de mineros artesanales. Actualmente existen aproximadamente 12,000 mineros entre artesanales e informales organizados en Asociaciones de Mineros Artesanales, dedicados a la explotación de oro (tanto en vetas como el oro del gossan de los sulfuros masivos) de los distritos de Tambogrande, Las Lomas, Suyo, Paimas, Ayabaca y Huancabamba.

CAPÍTULO II CONTEXTO GEOGRÁFICO

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Deflexión de Huancabamba es una megaestructura de deformación cortical ubicada en la región noroccidental del Perú, entre los departamentos de Piura y Cajamarca, que se prolonga al norte hasta el Ecuador y cuya área de influencia alcanza los departamentos de Tumbes y parte de Amazonas.

La cuenca Lancones se encuentra ubicada en la parte central de la Región Piura y abarca también parte de territorio ecuatoriano. (Figura 2.1). En Ecuador se le denomina cuenca Celica.

En el departamento de Piura comprende las provincias de Sullana, Piura y Ayabaca, correspondientes a la parte norte del valle del río Chira, abarcando los distritos de Las Lomas, Suyo, Paimas y Tambogrande; mientras que en el departamento de Cajamarca comprende las provincias de San Ignacio y Jaén. Estas provincias abarcan el área de mayor incendencia del emplazamiento de la Deflexión de Huancabamba, y junto con el departamento de Tumbes se encuadran entre las siguientes coordenadas UTM:

> 460000 y 720000 Este 9630000 y 9310000 Norte

Área comprendida en las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 3° 00' - 6° 00' Sur Longitud: 79° 00' - 81° 30' Oeste

Geográficamente se encuentra dentro de la Cordillera Occidental y Oriental de los Andes, en el norte del Perú, con una altitud que varía entre 0 hasta 3710 msnm.

ACCESIBILIDAD

A Piura se llega usualmente por vía terrestre y/o aérea. La principal ruta de acceso por vía terrestre a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima, es la carretera Panamericana hasta el desvío Sullana-Tambogrande-Las Lomas, desde donde se accede a las localidades de Suyo-Macará-Celica (Ecuador), y Suyo-Paimas-Ayabaca (Mapa 1). El siguiente cuadro resume las principales rutas, con distancias, tiempos y tipos de caminos.

De	А	Distancia km	Tiempo	Acceso
Lima	Piura	985	12 h 30´	Panamericana
Piura	Sullana	38	40′	Panamericana
Sullana	Las Lomas	80	1h 10′	Tambogrande
Las Lomas	Cerro Colorado	45	50′	Trocha
Las Lomas	Рарауо	40	50′	Trocha
Las Lomas	La Copa	30	25'	Trocha
Las Lomas	Potrobayo	30	45'	Trocha

El cuadro siguiente resume la información para acceder a las otras zonas de estudio en las regiones Cajamarca y Piura

De	A	Región	Tiempo	Acceso
Lima	San Felipe	Cajamarca	15 h	Panamericana
San Felipe	Peña verde – La Huaca	Cajamarca	3 h	Trocha
San Felipe	San Ignacio	Cajamarca	2 h 30′	Por carretera Jaén
Piura	Turmalina	Piura	2 h 30´	Panamericana- Carretera afirmada
San Felipe	El Páramo	Cajamarca	1 h 45´	Trocha- Carretera afirmada

FISIOGRAFÍA

La Región Piura presenta un territorio con una topografía muy variada y poco accidentada en la costa. Allí predominan llanuras desérticas como el desierto de Sechura, ubicado al sur del río Piura. Ahí también se sitúa la depresión de Bayóvar a 37 m por debajo del nivel del mar (Figura 2.2).

Las formas geomorfológicas en la costa son quebradas secas, dunas en forma de media luna, tablazos o terrazas marinas como las de Máncora, Talara y Lobitos, terrazas fluviales formadas por los ríos Chira y Piura, así como el antiguo relieve de Amotapes.



Figura 2.1: Accesibilidad y Topografía del área de estudio de la «Metalogenia, evolución tectónica y potencial minero-económico de la Deflexión de Huancabamba del norte del Perú».

Al este, la región andina es más accidentada. Los valles más o menos profundos han sido erosionados por las aguas fluviales. Las mayores cumbres sobrepasan los 3,000 m. El Paso de Porculla, al sureste del territorio, tiene solo 2138 metros y es el más bajo de los Andes Peruanos. Las principales elevaciones son los cerros: Negro (3967 msnm), Viejo (3934 msnm), San Juan Canchiaco (3900 msnm), Pan de Azúcar (3767 msnm.) y La Viuda (3710 msnm).

Otro accidentes naturales que destacan son el de Suropite (3100 msnm), por donde cruza la carretera Piura–Canchaque-

Huancabamba; Peña Blanca (2980 msnm) e Ingana (950 msnm), enlazados por la carretera Piura-Huancabamba; Cruz de Huascaray (2970 msnm) y Porculla (2144 msnm) atravesados por la carretera Olmos-San Felipe.

Los ríos que atraviesan la zona de estudio pertenecen a la cuenca del Pacífico y al sistema hidrográfico del río Amazonas. La cuenca hidrográfica del río Chira es la más importante y sus aguas se vierten al océano Pacífico, siendo el río Huancabamba el mayor del sistema amazónico.

RASGOS GEOMORFOLÓGICOS

Los rasgos geomorfológicos del área de estudio (Figura 2.3) se formaron como consecuencia de la evolución tectónica, la orogenia, el plutonismo, erosión y la meteorización. Los principales rasgos geomorfológicos de la región, del oeste al este, son:

- Unidades mayores: Faja costanera, Cordillera de la Costa, Llanura pre-andina, Cordillera Occidental, Cordillera Oriental, Depresiones Interandinas.
- 2. Unidades menores: Tablazos, terrazas marinas, valles, depresiones, estuarios, llanuras inundables

UNIDADES MAYORES

Faja costanera

Comprende el borde litoral de la costa y los flancos occidentales de Los Amotapes, extendiéndose al sur de Talara hasta Paita y más al sur de Sechura. Presenta orientación noreste, con ancho promedio de 70 km y longitud que excede 150 km. Se caracteriza por sedimentos cretácicos y cenozoicos que reposan sobre un basamento paleozoico. La evolución geomorfológica ha estado sujeta a los movimientos verticales de este basamento, que han dado lugar a las terrazas marinas escalonadas conocidas como tablazos, los mismos que constituyen elementos geomorfológicos importantes dentro de la faja costanera.

Cordillera de la Costa

Está representada por una alineación de cumbres elevadas, como Illescas y Amotapes. Es una cordillera elevada y accidentada, cortada por cursos fluviales encañonados. Se le considera como la continuación septentrional de la Cordillera de la Costa del sur del país y está constituida por una serie de elevaciones que se extienden desde las islas Lobos de Afuera, Lobos de Tierra, cerro Illescas, Silla de Paita, con dirección NE-SO y prolongándose luego con un giro al noreste hacia los macizos de Amotape y La Brea, continuando en territorio ecuatoriano.

La Cordillera de la Costa está constituida por rocas metamórficas e ígneas, precámbricas y paleozoicas, sobreyacientes a las rocas del Cretácico. El Macizo de Amotape tiene aproximadamente 130 km de largo, unos 25 a 30 km de ancho y la altitud oscila entre 250 y 1500 msnm

Llanura Preandina

Es una penillanura comprendida entre la Cordillera de la Costa y los contrafuertes de la Cordillera Occidental. Se extiende al sur de Piura hasta Lambayeque y abarca los desiertos de Olmos y Sechura. Sobre esta faja se han desarrollado extensas superficies cubiertas por depósitos eólicos cortados por los ríos Chira y Piura. Al norte de Sechura su morfología es ondulada con lomadas suaves. Las altitudes varías de 0 a 300 msnm, presentando depresiones próximas al nivel del mar. En esta depresión paraandina subyacen rocas sedimentarias, volcánicas y plutónicas del Mesozoico y Cenozoico.

Cordillera Occidental

Comprende un vasto territorio elevado cuya máxima altitud llega a 3900 msnm. La parte más alta comprende una faja angosta situado al oeste del cañón de Huancabamba (Reyes y Caldas, 1987). Conforma la divisoria continental en el noroeste del Perú; así lo evidencia el abra de Porculla (2200 msnm) y en la zona fronteriza comprendida dentro del cuadrángulo de San Antonio, donde alcanza 3900 msnm. Existen evidencias de glaciación, observándose morrenas y lagunas glaciares en algunos sectores.

Cordillera Oriental

Esta unidad geomorfológica comprende un alineamiento montañoso situado en el sector oriental de Sallique, donde alcanza cotas hasta de 3700 msnm. En el sector de las Huaringas, esta cordillera se fusiona con la Cordillera Occidental para conformar una sola unidad orográfica que se prolonga hasta el territorio ecuatoriano.

Depresiones interandinas

Esta unidad geomorfológica comprende valles longitudinales de dirección NO-SE ubicados entre la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental, los cuales son cortados por valles transversales de rumbo NE a SO.

Su formación está relacionada al fallamiento andino longitudinal desde el Nudo de Loja (Ecuador), hasta el Nudo de Vilcanota en Cusco, pasando por el Nudo de Pasco en el centro del Perú. Los cambios de orientación de carácter regional de los valles interandinos, reconocidos en las deflexiones de Pisco-Abancay y Cajamarca-Huancabamba, están vinculados a fallas de rumbo Este-Oeste que segmentan la Cordillera de los Andes (INGEMMET, 1995).

UNIDADES MENORES

Tablazos

Son extensas porciones de la plataforma continental emergida como consecuencia de sucesivos levantamientos del macizo andino. Los tablazos ocurren en la repisa costanera y en la depresión para-andina. En la repisa costanera destacan los tablazos de Talara, Lobitos, Máncora. Estos tablazos se encuentran disectados por quebradas y están cubiertos por material eólico y aluvial.



Figura N° 2.2 Relieve topográfico del área del proyecto

Terrazas marinas

Las terrazas marinas son rasgos morfológicos menores. Son superficies de abrasión desarrolladas durante el Eoceno superior y durante el Pleistoceno en los flancos del macizo de Illescas como resultado de sucesivos levantamientos. A comparación con los tablazos, las terrazas son de menor amplitud y extensión.

Depresiones

Las depresiones son caracterizadas como unidades menores. Es muy conocida la depresión de Salina Grande, ubicada al este del macizo de Illescas. La depresión de Salina Grande está limitada por una escarpa, el diámetro varía entre 14 y 19 km, y alberga la mayor concentración de fosfatos del país.

Estuarios

Considerados como rasgos geomorfológicos menores. En la Región Piura existen varios estuarios en la desembocadura de los ríos, el más conocido por su antigüedad es el estuario de Virrilá en la antigua desembocadura del río Cascajal.

El estuario San Pedro está localizado en la desembocadura del río Piura, y no desemboca en el mar por la cubierta eólica.

Llanuras inundables

Son rasgos geomorfológicos menores y son extensas superficies que se distribuyen a lo largo de la costa. Estas llanuras son inundadas durante las crecidas de los ríos Piura y Chira. Su nivel a veces es inferior al del mar sin embargo, no son invadidas por el agua marina debido a los cordones litorales.

Valles

En la Región Piura existen valles fluviales, mayormente localizados en la cuenca del río Chira, con una dirección predominante noreste, aunque el valle del Alto Piura tiene dirección NO. Otros valles son el San Lorenzo y los valles ubicados en las partes altas de la Cordillera Occidental.

CLIMA Y TEMPERATURA

El área de estudio presenta diferentes tipos de clima que está determinado por diferentes factores, siendo los principales la altitud respecto al nivel del mar, la ubicación respecto a la línea ecuatorial, y la topografía del terreno que da origen a un clima subárido tropical, es decir, un clima cálido y húmedo.

La costa de la Región Piura presenta escasa presencia de lluvias y la temperatura promedio es de 23 °C. En la sierra, por estar más próxima a la Cordillera de los Andes, presenta una temperatura media de 15° C, entre húmedo y frío. Sin embargo, entre 2000 y 3000 msnm, el clima es frío, con temperatura promedio de 14 °C, comprendiendo las ciudades de Ayabaca y Pacaipampa, entre otros.



Figura 2.3.- Unidades geomorfológicas del área de estudio.

CAPÍTULO III MARCO TECTÓNICO-GEOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

La cuenca Lancones se sitúa en el noroeste del Perú, y se extiende al sur del Ecuador, donde se le conoce con el nombre de cuenca Celica. Constituye una estructura alongada de rumbo NE-SO. Se encuentra limitada al oeste y norte por el macizo paleozoico Amotapes-Tahuín y por el este por el complejo metamórfico Olmos-Loja.

Presenta dos dominios litológicamente bien representados: El dominio occidental que corresponde a facies netamente sedimentarias y yacen sobre la cobertura del macizo de Amotapes (Morris y Alemán, 1975; Reyes y Caldas, 1987), y el dominio oriental conformado por rocas volcánicas masivas con escasas intercalaciones sedimentarias Kennerley, J.B. (1973); Reyes y Caldas, 1987; Jaillard et al., 1998). Estas series de edad cretácica fueron estudiadas también por Idding y Olsson (1928), Chalco (1955), Morris y Alemán (1975), Mourier (1988), Reyes (1989), Palacios (1994), entre otros; y permitieron definir la extensión de las unidades que conforman estas series dentro de esta cuenca.

La cuenca Lancones coincide aproximadamente con la zona de transición entre los Andes Centrales, sin acreción de terrenos o bloques ofiolíticos, y los Andes del Norte, que han sufrido obducción y/o acreción de terrenos oceánicos y/o continentales (Mourier et al., 1998). Está área es la clave para entender el comportamiento tectónico de la margen andina y de terrenos alóctonos (Serrones et al., 1993).

Las series cretácicas de la cuenca Lancones han sido definidas como parte de una cuenca intra-arco (Caldas y Farfan, 1997), cuenca rift (Lebrat et al., 1987; Ríos, 2004), cuenca *pull apart* (Litherland et al., 1994), cuenca transicional o intracratónica (ínjoque et al., 2000), cuenca ante-arco (Jaillard et al., 1999) y cuenca trasarco o arco fisural (Winter, 2008), entre otros.

El modelo asumido para la evolución magmática de la cuenca Lancones se originaría a partir de un *rift* con orientación NNE-SSO, bajo un régimen extensional ubicado dentro de una margen continental que se formó en el Albiano, hasta una cuenca marginal que fue producto de la separación entre Gondwana y Laurasia, evidenciados por estudios de sedimentología, estratigrafía y geoquímica (Scotese, 1991; Tegart et al., 2000; Ríos, 2004; Winter, 2008; Kennan y Pindell, 2009). La presencia del *rifi*tiene sustento litológico y geoquímico, pues los niveles basales del volcanismo presentan basaltos andesíticos con estructuras almohadilladas y afinidad mayormente toleítica, que corresponden a las secuencias volcánicas de volcanismo bimodal que gradan en composición de basaltos a riolitas de la Formación Ereo. Mientras que los afloramientos de las secuencias volcano-sedimentarias de edad Albiano-Cenomaniano, varían en composición, lo que define un ambiente subaéreo de mares someros y niveles ignimbríticos. Asimismo presentan una transición geoquímica que varía entre el límite toleítico y calcoalcalino, muy característico en arcos de isla y correspondientes al desarrollo de las secuencias volcánicas de la Formación La Bocana. (Reyes et al., 1987).

Esta rotación de bloques en sentido horario es producto de la Deflexión de Huancabamba (Mourier et al., 1988), conformando una paleoestructura tipo *rift* actualmente con orientación NE–SO. La presencia de ventanas tectónicas en la cuenca Lancones pone en evidencia grandes desplazamientos en bloques con geometrías tipo *horts* y *graben*, permitiendo la exposición de afloramientos de unidades volcánicas y volcano-sedimentarias en el sector central y oriental de la cuenca.

A partir del Cretácico superior-Cenozoico se ha registrado volcanismo subaéreo e intrusiones graníticas, tanto en el sector central de la cuenca como en su flanco oriental. Mientras que hacia el lado occidental se depositaron secuencias sedimentarias del Cretácico superior que corresponden al desarrollo del Grupo Copa Sombrero y secuencias sedimentarias cenozoicas que migran lateralmente hacia la parte este y hacia las rocas volcánicas y volcanoclásticas del sector oeste (Reyes y Caldas, 1987). Las secuencias descritas se encuentran cortadas por numerosas intrusiones subvolcánicas y por stocks plutónicos del Cretácico superior del Batolito de la Costa.

MARCO TECTÓNICO REGIONAL

La evolución tectónica del Jurásico y Cenozoico en la margen oeste de Sudamérica fue largamente una acumulación de terrenos y direcciones variables de convergencia de placas y velocidad de expansión (Soler and Bonhomme, 1990). La convergencia de placas fue influenciada por estadíos tardíos de la apertura de

Gondwana (Kennan y Pindell, 2009), que culminó en la apertura del Atlántico Sur y el consecuente desplazamiento hacia el Noroeste de Suramérica con respecto a Norteamérica, que indujo una tectónica convergente en la región del Caribe a comienzos del Cretáceo (Scotese, 1991).

A lo largo del Jurásico, un sistema de subducción con dirección sureste fue responsable del vulcanismo del arco continental a lo largo del segmento ecuatoriano (Litherland et al., 1994), donde también tenemos un sistema transcurrente sinestral dominado por el segmento peruano (Jaillard et al., 2000). Posteriormente un cambio de dirección de la convergencia hacia el noreste ocurrió en el Cretácico inferior.

El macizo Amotapes-Tahuín es un bloque microcontinental del Paleozoico que limita la parte occidental de la cuenca Lancones, y corresponde a un bloque alóctono de acreción continental derivado del modelo evolutivo establecido para la margen occidental de Gondwana (Mourier et al., 1988; Aspden et al. 1995; Jaillard et al., 2000; Sempere et al., 2002; Winter, 2008; Kennan y Pindell, 2009).

El macizo Amotapes-Tahuín está compuesto por rocas metasedimentarias antiguas y rocas metaplutónicas del Triásico, a partir de trabajos geoquímicos y geocronológicos realizados en

A Acresión (Mgración Transcurrente) 195-140 Ma Bloque de corteza Amotape - Taluín Amotape S 220 +/- 1 5 Ma y 239 +/- 2 Ma

Figura 3.1: El macizo Amotapes-Tahuín es un bloque microcontinental del Paleozoico. En el Jurásico inferior y los primeros inicios del Cretáceo se inicia la convergencia al SE de la placa oceánica proto-Farallón-Caribe con la placa Continental Sudamericana; ocurre subducción a lo largo del segmento ecuatoriano, mientras que el margen peruano tiene en sus inicios dirección NNO.

granitoídes de tipo S, de edades 220±1,5 Ma y 239±2 Ma., emplazados dentro de este bloque Amotapes-Tahuín, que confirman que este macizo paleozoico es un terreno parautóctono de corteza continental que ha sufrido una migración transcrurrente, acreción y deformación a partir del Jurásico (Bellido et al., 2008) (Figuras 3.1 a 3.5).

Estudios paleomagnéticos realizados en la cuenca de Lancones muestran que en ella ocurre un giro progresivo de cerca de 90° en sentido horario entre el Neocomiano y el Cretáceo superior (Mourier et al, 1988), que se ajusta a un régimen de cizalla dextral este-oeste observado en el Complejo Metamórfico del Oro (Aspden et al. 1995; Kennan y Pindell, 2009). Este giro correspondería al cambio de rumbo del flanco norte de la Deflexión de Huancabamba con respecto al rumbo del flanco sur; la cuenca transitó desde una dirección axial norte-sur hasta una posición noreste (Ríos, 2004).

En el terreno Amotape-Tahuín hacia el sur del Ecuador, se observa rocas oceánicas metamorfizadas a alta presión, que permiten aproximarnos las edades de las acreciones en el continente Sudamericano durante el Neocomiano, asignándoles ~132 a ~110 Ma. (Arculus et al., 1999; Bosch et al., 2002). El terreno alóctono Amotape fue transportado hacia el norte y adosado en el Cretácico inferior con tendencia al noreste por fallas dextrales desarrolladas durante la rotación en sentido horario (Mourier et al., 1988).





14





Figuras del 3.1 al 3.5: Esquemas paleogeográficos del desarrollo del segmento Perú-Ecuador, margen occidental de América del Sur en el Jurásico. Datos de Mourier et al. (1988), Mitouard et al. (1990), Litherland et al. (1994), Aspden et al. (1995), Noble et al. (1997), Arculus et al. (1999), Benavides-Cáceres (1999), Jaillard et al. (2000), Bosch et al. (2002), y Polliand et al. (2005). Modificado de L. Winter (2008).

La acreción está temporalmente enlazada y activada, hacia el oeste reubicado a lo largo del borde de la placa, manifestándose como una nueva zona de subducción, con tendencia hacia el NNW del segmento peruano. Bajo este sistema de arco tipo Mariana, con característica de subducción empinada y una fosa de subducción causada por la extensión y atenuación en la placa continental, el resultado es un *rift* que origina la cuenca Lancones, seguido por la deposición de secuencias marinas y la erupción de grandes volúmenes de rocas volcánicas máficas dominantes (Benavides Cáceres, 1999).

Una rotación en sentido de las agujas del reloj debe haber estado relacionado a la apertura de la cuenca Lancones en el Albiano (Winter et al., 2002). La corteza se dividide en dos tipos distintos: la corteza basáltica oceánica, que tiene un grosor promedio de 7 a 8 km y una densidad de 3.0 g/cm³, y los continentes, que están compuestos por un material granítico más liviano. Los continentes tienen una densidad de 2.67 g/cm³ en superficie y de 2.8 g/cm³ en el fondo, debajo de las grandes montañas, donde la corteza tiene un espesor de hasta 60 km (promedio de 35 km). Los bloques continentales y la corteza basáltica del océano flotan sobre un «manto» más denso debajo de ellos.

En tiempos del Albiano tardío, el ciclo geodinámico fue desplazado hacia la subducción tipo andina y marcó el primer tectonismo compresivo andino: Fase Mochica (Mégard, 1984) y plutonismo y volcanismo subsecuente del arco continental (Batolito de la Costa). Una convergencia continental a través del Albiano (Soler y Bonhomme, 1990), temporalmente conectado a la apertura del suratlántico, debió ser responsable de esta transición y zona de subducción.

Una serie de eventos colisionales post *rift* a lo largo del norte de los Andes, en Ecuador y cerca de la cuenca Lancones, contribuyó a un componente adicional de rotación en sentido horario (Mitouard et al., 1990). La acreción del terreno de la placa oceánica Pallatanga, durante el Cretácico superior al Paleoceno y del arco de la isla de Macuchi en el Eoceno superior y Oligoceno inferior, dirigió la configuración del terreno (Huges y Pilatasig, 2002; Spikings et al., 2005).

MAGMATISMO RELACIONADO CON EVENTOS HIDROTERMALES EN LA CUENCA LANCONES

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. Las secuencias marinas volcánicas exponen diferentes características composicionales, facies deposicionales marcadas y dos ambientes principales de formación, de acuerdo con el desarrollo del arco y la cuenca marina.

El volcanismo temprano, conjuntamente con el *rift*, pertenece al primer ambiente de formación, dominado por lavas basálticas y brechas, y por rocas volcánicas félsicas porfiríticas correspondientes a la Formación Ereo. Esta sucesiones volcánicas rellenaron la porción más baja de la cuenca expuesta y están acompañadas por depósitos volcanogénicos de sulfuros masivos, los que se habrían formado a un relativa profundidad marina de 2500 m. (Quispe et al., 2007). Dataciones de zircón con el método U-Pb en rocas volcánicas, en el depósito tipo VMS Tambogrande, indican edades desde 104.8±1.3 a 100.2±0.5 Ma (Winter, 2008). El tiempo de inicio relacionado al *rift* no está bien definido, pero puede estar relacionado a una edad Albiana (Cretáceo inferior) (Fig.3.6).

El material volcánico que emergió a partir de un *rift* consiste en derrames andesíticos y basálticos con estructura en almohadilla de afinidad toleítica. Este material cubre discordantemente a una secuencia carbonatada del Triásico superior-Jurasico inferior o a terrenos metamórficos del Precámbrico-Paleozoico Inferior.

Un segundo ambiente de formación volcánica denominada Formación La Bocana, está compuesto por sucesiones de rocas félsicas volcanoclásticas del Albiano tardío a Turoriano. Las dataciones con zircón por el método U-Pb indican edades de 99.3±0.3 a 91.1±1.0 Ma (Winter, 2008), intercaladas y superpuestas por secuencias sedimentarías silicoclásticas y carbonatadas en la sección oeste del antearco de la cuenca. Este episodio volcánico está seguido por plutonismo granitoide de inicios del Batolito de la Costa en el Cretácico superior (Fig.3.7).

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 a la apertura 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.

Durante este tiempo, la margen oeste continental relativamente estacionaria de Sudamérica fue seguida por la extensión y el *rift* debido al desplazamiento de la actividad ígnea del arco hacia el oeste, formando un arco tipo Mariana.

La fase tectónica Mochica en las series volcánicas orientales de la cuenca Lancones no está bien documentada, pero el tiempo del episodio contraccional coincide con la terminación del *rift*, subsidencia y vulcanismo relacionados a lo largo de la margen oeste de Sudamérica. La transición entre el régimen tectónico extensivo y comprensional en la cuenca Lancones es consecuencia de la Fase Mochica (Megard, 1984; Jaillard et al., 1999; Winter, 2008).

Las rocas intrusivas registradas en la cuenca Lancones corresponden al segmento Piura del denominado Batolito de la Costa (Pitcher, 1978), emplazado en el Cretácico-Cenozoico. Las

más antiguas intrusiones constituyen cuerpos subvolcánicos, a la vez sinvolcánicas, mientras que las jóvenes intrusiones plutónicas son probablemente post-volcánicas. En el área de Las Lomas se presenta una intrusión múltiple, con gabro-diorita marginal, rodeando a cuerpos de granodiorita-tonalita y monzogranito emplazados en la parte central.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El estilo de deformación de la cuenca Lancones consiste en una tectónica de bloques similar a la cuenca cenozoica de Talara, la mayoría limitados por fallas dextrales de rumbo general NE-SO y NO-SE, este último variando a E-O. En el sector Las Lomas, las fallas NE-SO son las más antiguas, al encontrarse desplazadas por los sistemas NO-SE y E-O, y proporcionan un diseño de bloques escalonados, producidos por un acortamiento NO-SE, compatible con un giro horario; todo según trabajos de paleomagnetismo que han proporcionado edades entre el Cretáceo inferior y el Cretácico superior (Mourier et al., 1988). Así también está el sistema de bloques en rotación en el fallamiento dextral E-O en el Complejo Metamórfico de El Oro (Aspden et al., 1995).

A grandes rasgos, esto implica que los terrenos continentales Illescas-Olmos y Amotapes-Tahuín han migrado hacia el norte, y este último colisionó con los terrenos oceánicos Piñón y Piñón-Macuchi, que constituyeron bloques de contención; mientras que los terrenos Alao y Loja han migrado al sur a lo largo de fallas dextrales, siendo la principal estructura la falla Baños-Aradas (Litherland et al., 1994).

Los sistemas de fallas E–O representan a los lineamientos mayores que limitan a la cuenca Lancones en el límite norte de la cuenca, conformando el dominio estructural Jubones (Ecuador)-Huaypirá (Perú) de la Deflexión de Huancabamba. (Mapa Nº 2).

En el Albiano-Cenomaniano, debido a la oblicuidad del esfuerzo compresional de la fase Mochica con las fallas E-O, se habrían generado movimientos sinestrales e inflexión de los granitoides del dominio Amotape-Tahuin.

En este contexto, los arcos volcánicos Albiano-Cenomaniano originarían la mineralización de los sulfuros masivos de Pb-Zn-Cu en la cuenca Lancones, formando estructuras con orientaciones NNE- SSO y NO-SE, denominadas Potrobayo-Guitarras, Cerro Colorado-Papayo y La Copa-Tomapampa. Estos arcos están asociados a un volcanismo fisural y a centros volcánicos submarinos de mares someros, evidenciados por la presencia de facies ignimbríticas (Injoque et al., 2000). El volcanismo fisural aparentemente habría aprovechado sistemas de fallas asociadas a los sistemas E-O sinestrales, produciendo un engrosamiento cortical corroborado por la gradación de los niveles basales toleíticos que pasan a niveles de una afinidad calcoalcalina al tope de las

secuencias volcánicas (Morche, 1997; Injoque et al., 2000; Ríos, 2004). Esta paleoestuctura está relacionada con los sulfuros masivos volcanogénicos de Cu-Zn-Au, tipo Tambogrande como lo demuestra el yacimiento que aflora en el distrito del mismo nombre.

Otros controles estructurales dentro de la cuenca Lancones se manifiestan como controles de las zonas paleogeográficas, como las fallas con orientación E-O sinestrales del dominio Jubones-Huaypirá. Este control estructural habría generado zonas de tensión en la dirección NE-SO, favorables para el emplazamiento de intrusiones del Batolito de la Costa (Tangula en Ecuador), y relacionadas con los pórfidos de Cu-Mo, skarns de Fe y epitermales de Au-Ag, en la cuenca Lancones.

La Falla Chira de orientación NE-SO, limita las series del Grupo Copa Sombrero y las series de la Formación Lancones. En la parte SO de la cuenca, las fallas de orientación NE-SO separan la serie de La Mesa y de La Tortuga. Las series del Grupo Copa Sombrero que involucran la cuenca Lancones, muestran una fuerte deformación de sus componentes, originada por un fuerte plegamiento desarrollado por esfuerzos de compresión de dirección NO-SE, donde se observan pliegues de orientación NE-SO. Estas direcciones de plegamiento podrían ser de edad Campaniano, ya que no afectan las series del Cretácico superior (Jaillard et al; 1998).

Al Grupo Copa Sombrero, de origen turbidítico, se le asigna una edad entre el Albiano superior y Coniaciano (Reyes y Caldas, 1989; Chávez y Nuñez del Prado, 1991; Jaillard et al., 1998); los niveles inferiores del Grupo Copa Sombrero (Formación Huasimal) son contemporáneos hacia el Este con los niveles de la Formación La Bocana, de edad Albiano superior a Turoniano (Reyes y Caldas, 1987; Quispe et al., 2007; Winter, 2008). Los niveles superiores del Grupo Copa Sombrero (Formaciones Jahuay Negro y Encuentros) son equivalentes con la Formación Lancones, atribuido a una edad entre el Albiano superior y Coniaciano (Winter, 2008).

Aparece también el sistema de fallas Cusco-Angolo de dirección NE-SO, de componente inverso y buzamiento al oeste, que limita las series del paleozoico Amotapes-Tahuín con las series occidentales de la cuenca Lancones. Hacia la parte este de la cuenca Lancones se presenta el sistema de fallas Chulucanas de dirección NE-SO, que limita las series volcano-clásticas de la cuenca con el Complejo Paleozoico Olmos-Loja. Al norte del río Chira se presenta la falla Huaypirá de orientación E-O, con buzamiento al norte, esta es una falla inversa que controla la parte sur de las series occidentales de la cuenca Lancones. Considerando las rotaciones horarias cretácicas determinadas en esta zona (Megard et al., 1987; Mourier et al., 1988), estas fallas tendrían un movimiento dextral (Jaillard, 1997).

Asimismo, estas fallas regionales serían los generadores de las removilizaciones de mineralizaciones volcánico-exhalativas

cretáceas, que han generado innumerables vetas de baritina-Pb-Zn-Cu con orientación NE-SO. Así lo demuestran las numerosas vetas que afloran entre los distritos de Suyo y Paimas. Las fallas con orientación E-O tendrían sus sistemas conjugados en la dirección N-S, con reactivaciones a partir del Mioceno; causadas por las intrusiones a lo largo de dichas fallas, asociadas a un cinturón de pórfidos de Cu-Mo, entre los que se mencionan Río Blanco, La Granja, Turmalina, Cañariaco y otros prospectos.

La evolución estructural y magmatismo relacionado con eventos hidrotermales está sujeto a dominios litotectónicos que a continuación se describen:

PALEOESTRUCTURA RIFT

Esta paleoestructura sería producto de la tectónica distensiva que se generó por la apertura entre Gondwana y Laurasia. Diversos autores ratifican la hipótesis, entre ellos Caldas y Farfán (1997), Injoque (2000), Tegart (2000), Ríos.(2004), entre otros.

Esta paleoestructura podría ser la prolongación de una megaestructura que viene desde el Caribe en un margen convergente. Este evento *riff*tiene sus inicios en el Jurásico superior-Cretáceo. El eje magmático mantélico debió de tener una orientación principal con rumbo N-S, la cual sufrió un giro a partir del Cretácico superior hasta alcanzar su orientación actual NE-SO, por la rotación de bloques en sentido horario debido a la Deflexión de Huancabamba (Mourier et al., 1988). La deflexión estaría relacionada a la tectónica compresional OSO-ENE del Albiano medio-Cenomaniano, definida como Fase Mochica (Myers, 1974; Cobbing et al., 1981; Megard et al., 1984). Como evidencia está la deformación de los granitoides triásicos del dominio litotectónico Amotape-Tahuin (Sánchez et al., 2005) por fallas E-O; entre las que se puede mencionar a la Falla Huaypirá, en el lado peruano, y Fallas Jubones, Arenillas y Angolo-Cusco en el lado ecuatoriano.

El emplazamiento de material básico y toleítico sugiere que la Formación Ereo sería la fase final de esta paleoestructura de apertura. Ante las nuevas evidencias de edades geocronológicas de U-Pb (104.8 ± 1.3 Ma, 103.2 ± 1.0 Ma, 100.2 ± 0.5 Ma (Winter, 2008), se le atribuye a la Formación Ereo una edad Albiana. Estas lavas masivas en almohadillas de origen submarino muestran los primeros pulsos magmáticos, correspondientes una primera fase volcánica del emplazamiento de un *rift.* Es en este evento volcánico, que está relacionado con la Formación Ereo, donde se generan los sulfuros masivos volcanogénicos del tipo Tambogrande (Cu-Zn-Au).

ARCOS VOLCÁNICOS-PROVINCIAS MINERAS

 Durante el Cretáceo inferior (Albiano) se produjo un volcanismo de características volcanoclásticas y secuencias sedimentarias intercaladas en un ambiente de arco insular y de calderas volcánicas. Estos arcos están asociados a un volcanismo fisural y a centros volcánicos submarinos de mares someros, debido a la presencia de ignimbritas albianas (Injoque et al., 2000).

- El volcanismo fisural aparentemente habría aprovechado sistemas de fallas asociadas a los sistemas E-O sinestrales, produciendo un engrosamiento cortical. Esto se evidencia por la gradación de los niveles basales toleíticos hacia unos niveles de afinidad calcoalcalina al tope de las secuencias volcánicas que conforman estos arcos (Injoque et al., 2000; Ríos, 2004). Este volcanismo es de afinidad transicional entre el toleítico y el calcoalcalino. En este evento volcano-sedimentario, denominado Formación La Bocana, se generan los sulfuros masivos volcanogénicos del tipo Zn-Pb-Cu (Kuroko) dentro de los arcos volcánicos con dirección NNE-SSO.
- Arco La Copa-Higuerón, dentro de este arco se encuentra las provincias mineras de Higuerón, parte de Suyo y el sector de mina Tomapampa.
- Arco Potrobayo-Naranjo, que abarca las provincias mineras de Potrobayo, Alumbre, Noque, Naranjo, Pampas Quemadas y La Bocana y abarca el sector Pilares.
- Arco Guitarras, comprende las provincias mineras de Guitarras, Saucillo, Chivatos y Bolsa del Diablo.
- Arco Cerro Colorado-El Papayo, comprende los distritos mineros de Miraflores, Revolcadero, Totoral y Pueblo Nuevo, con dirección NO-SE (Figura 3.7).

CINTURÓN HIDROTERMAL

- Hacia el Cretácico superior se emplazan intrusiones plutónicas y subvolcánicas, estos episodios dieron origen a un cinturón magmático-hidrotermal, en el cual se generaron depósitos de tipo pórfidos de cobre, skarns y vetas polimetálicas a partir de las intrusiones múltiples asociadas al Batolito de la Costa.
- Asociados a estos eventos magmáticos-hidrotermales tardíos se presentan sistemas epitermales de alta y baja sulfuración, al norte de la cuenca. En las inmediaciones de estos sistemas existen lavaderos de oro.

CENTROS VOLCÁNICOS SUBMARINOS Y/O CALDERAS VOLCÁNICAS

- Estos centros volcánicos submarinos tienen su origen en la conjunción de sistemas de fallas de dirección E-O y fallas de dirección N-S.
- La presencia de facies ignimbríticas se relacionan a los centros volcánicos submarinos de mares someros (Injoque et al., 2000).
- La generación de centros volcánicos o posibles calderas volcánicas están relacionados con la formación de yacimientos epitermales.



Figura 3.7: Modelo esquemático de la cuenca Lancones en el Cretácico superior (modificado de Winter, 2008).

- En el mapa se han identificado las posibles calderas formadas en un ambiente submarino de baja profundidad; en este contexto se han originado las secuencias de ignimbritas albianas.
- Entre las estructuras circulares que se observan en el mapa están los sectores de: Naranjo, Cabuyal, Silverios (Hoja de Las Lomas 10-c), en la Tina (frontera con Ecuador) y en el sector de Higuerón.

EDAD DEL VOLCANISMO EN LA CUENCA LANCONES

La estimación de edades en zircón por el método U-Pb (Winter, 2008) permite una estimación de la duración del vulcanismo en la

cuenca Lancones. Este se inició en un mínimo de 105 Ma (Albiano) y continuó por lo menos hasta 91 Ma (Turoniano), lo que sugiere un mínimo de actividad del arco volcánico de ~14 Ma.

El límite superior de edad de la sucesión volcánica es aún más limitado con estudios geoquímicos de U-Pb en zircón, registrando edades de 78-88 Ma para rocas graníticas del Batolito de la Costa que se emplazaron en la cuenca Lancones. En el segmento de la Cuenca Lancones-Celica, la granodiorita de pórfido de Los Linderos de Cu-Mo-Au en Ecuador que corta rocas basálticas, está datada en 88,4 \pm 1,0 Ma. (Chiaradia et al.,2004).

CAPÍTULO IV MARCO ESTRATIGRÁFICO

En el noroeste del Perú y suroeste de Ecuador se han reconocido rocas con edades que van desde el precámbrico hasta el presente. Las rocas más antiguas corresponden a dos bloques levantados que limitan cuencas sedimentarias. Para un mayor entendimiento de las unidades estratigráficas del área de estudio, estas se describirán por cuencas: Talara (Cenozoico), Lancones (Cretácico), Sechura (Cenozoico), Progreso (Cenozoico) y Oriental. En la Figura 4.1 se muestra un mapa de ubicación de las cuencas sedimentarias mencionadas, así como de los macizos que conforman el basamento.

MACIZOS PRECÁMBRICO-PALEOZOICO

Corresponden a dos bloques levantados que limitan las cuencas sedimentarias en este sector noroeste del territorio peruano y ecuatoriano. En el sector occidental se encuentra el macizo de los Amotapes-Tahuín, que limita las cuencas Talara y Progreso de la cuenca Lancones; y hacia el sector oriental el macizo de Olmos, que limita la cuenca Lancones con la cuenca Oriental. A continuación se describen las formaciones que corresponden a cada uno de estos bloques.



Figura 4.1: Cuencas sedimentarias del noroeste peruano.

MACIZO DE AMOTAPES

PALEOZOICO INFERIOR

Serie metamórfica del macizo La Brea.- Constituido por filitas, cuarcitas y pizarras esquistosas de color verde a gris oscuro, con bandeamientos incipientes, cruzado por numerosas vetillas y vetas de cuarzo. Sus afloramientos son amplios en la parte media de la cadena de los Amotapes (Palacios, 1994).

Serie metamórfica del área de Paita.- Predominantemente son pizarras y esquistos pelíticos micáceos de color oscuro, y cuarcitas replegadas con material brechoide milonitizados. Las pizarras esquistosas son negras y carbonosas. En la zona de tortugas hay una fase arcillosa pelítica, esquistos areno-micáceos y cuarcitas en capas delgadas y lenticulares. Esta serie metamórfica revela plegamientos, replegamientos y fallamiento con cabalgamiento, correspondientes a la fase tectónica Caledoniana, ubicando esta serie metamórfica como del Ordoviciano-Siluriano (Palacios, 1994).

Formación Cerro Negro.- Aflora al este de la ciudad de Talara. Secuencia metamórfica compuesta de cuarcitas, pizarras esquistosas, lutitas y areniscas, así como algunos niveles brechoides de matriz arcillo-arenosa con un espesor de 3000 m. Las cuarcitas de grano fino de color oscuro y recristalizado muestran cierto bandeamiento en algunas partes. Se ha reconocido especies pertenecientes a los géneros *Lingula orbiculoidea* sp., comprendidas dentro de una edad del Devónico (Palacios, 1994), correlacionándose con el Grupo Excelsior del centro y el Grupo Cabanillas del sur del Perú.

PALEOZOICO SUPERIOR

Formación Chaleco de Paño.- Esta unidad se encuentra en contacto discordante con las unidades infra y suprayacentes (Formaciones Cerro Negro y Cerro Prieto respectivamente). Litológicamente consiste de areniscas cuarzosas de grano fino gris verdosas, lutitas y limolitas gris verdosas a verde amarillentas, en las que se intercalan cuarcitas de grano fino en estratificación delgada.

En la parte superior las limolitas de esta formación pasan a areniscas de la formación suprayacente en concordancia aparente, siendo en otros casos contacto fallado con alto ángulo. A esta formación se le asigna una edad Mississipiana determinada en base a braquiópodos y restos de plantas (Martínez, 1970).

Formación Cerro Prieto.- Martínez (1970). Describe una secuencia potente de pizarras gris verdosas y areniscas finas, y limolitas, algunos lentes de conglomerados y calizas azuladas discordantes que suprayacen a la Formación Chaleco de Paño. Hacia la parte superior se reconoce una secuencia de areniscas cuarzosas gris verdosas con matriz arcillosa, areniscas feldespáticas

grises de grano fino con laminaciones de corriente y estratificación cruzada en cubeta. Hacia la parte inferior se observa una secuencia de lutitas marrón verdosas, que gradualmente pasan a lutitas limolíticas. Su espesor estimado es de 1000 m, presenta fauna de fósiles bivalvos: *Aviculopecten, Limipecten y Allorisma* asignados a una edad Pensilvaniana y se correlaciona con el Grupo Tarma de la faja andina.

Formación Palaus.- Esta unidad constituye la parte más superior del Paleozoico y aflora en la parte sur de los Amotapes. Consiste de areniscas cuarzosas grises que hacia la parte superior muestran grano grueso, niveles microconglomerádicos y brechoides, intercalándose con estratos delgados de areniscas arcillosas y lutitas gris verdosas. Hacia la parte superior se observan areniscas cuarzosas de grano fino y color amarillo ocre, seguidas de bancos conglomerádicos con clastos redondeados y restos retrabajados de fósiles. A esta unidad se le atribuye una edad Pérmica por su posición estratigráfica (Palacios, 1994). Este bloque paleozoico se encuentra intruido por granitoides cuya edad de intrusión es 220±1,5 Ma y 239±2 Ma (Bellido et al., 2008).

MACIZO DE OLMOS-MARAÑÓN

PRECÁMBRICO

Complejo del Marañón.- Descrita por Reyes y Caldas (1987). Con este nombre se describió en el cuadrángulo de Pataz una serie metamórfica compuesta por micaesquistos, meta-andesitas y filitas negras. En este sector los afloramientos son imprecisos debido a la cobertura de suelo y vegetación. Litológicamente, esta unidad consiste de gneises bandeados de composición tonalítica, de color gris claro y de textura granoblástica. A este complejo se le asigna una edad Precambriana.

PALEOZOICO INFERIOR

Complejo de Olmos.- Se ha denominado Complejo de Olmos a una secuencia de pizarras a esquistos, de naturaleza dominantemente pelítica, de composición argilácea, cuarzosa y anfíbolítica, de facies de esquistos verdes (zona de biotita); en algunos casos se observan incipientes signos de gneisificación y vetas de cuarzo que se emplazan cortando la foliación o paralelos al plano de foliación.

La edad de este complejo es del Ordovícico inferior en base a graptolitos *(Dyctionema* sp., determinados por C. Rangel en Ochoa, 1983); y confirmada por estudios geocronológicos de U/Pb, que otorgan al basamento una edad de 507±24 (Chew et al., 2008).

Grupo San Pedro.- Su edad ha sido calculada en el Pre-Albiano y aflora al sureste de la región de Tambogrande, en el poblado de San Pedro (cuadrángulo de Chulucanas). Esta unidad está

compuesta por una secuencia volcanoclástica reconocida por areniscas tobáceas intercaladas con una secuencia carbonatada, limolitas y chert. Las rocas de esta unidad están pobremente expuestas, a manera de techos colgantes en contacto con rocas intrusivas, lo cual dificulta la construcción de la columna estratigráfica representativa. Se estima una potencia de 1200 m (Reyes et al., 1987; Quispe et al., 2007).

DOMINIO OCCIDENTAL DE LA CUENCA LANCONES

El dominio occidental corresponde a una serie que descansa sobre el Paleozoico del macizo Amotapes-Tahuín (Fig. 4.2 y 4.3). Descrita y estudiada por Iddings y Olsson (1928), presenta tres sucesiones cretácicas separadas por importantes eventos tectónicos (Jaillard et al., 1998). **Formación Gigantal.**- Sucesión inferior constituida por bloques de cantos rodados y conglomerados que descansan en discordancia sobre el macizo Paleozoico. Infrayace a las calizas Pananga y discordante del Paleozoico, por lo que se le atribuye una edad Pre-Albiana (Palacios, 1994).

Formación Pananga.- Compuesta de calizas grisáceas con fauna de fonaminíferas, entre las que destacan *sumbelina, globigerina, alveolina,* atribuidas a un ambiente de plataforma carbonatada somera de edad del Albiano inferior (Olsson, 1944; Palacios, 1994; Jaillard et al., 1998).

Formación Muerto.- Constituida en la base por calizas y margas grises oscuras laminadas, intercaladas con areniscas calcáreas gris verdosas, hacia el tope presenta limolitas intercaladas con lutitas y calizas gris oscuras; con un espesor de 1000 m.



Figura 4.2 Dominios litológicos de la cuenca Lancones. Leyenda. Ver Leyenda de Mapa Metalogenético



Figura 4.3: Columna estratigráfica del dominio occidental de la cuenca Lancones.

Esta asociación corresponde a un ambiente de plataforma profunda anóxica, de edad Albiano inferior a superior (Jaillard et al., 1998). Las calizas de esta formación son equivalentes a la Formación Puyango que aflora al suroeste del Ecuador, donde se han registrado fósiles ammonites: *Hypacanthoplites* sp., *Parahoplites* sp., *Brancocerás aegoceratoides, Desmoceras latidorsatum, Hysteroceras orbignyi, Oxytropidoceras (Laraiceras)* sp. y *Oxytropidoceras (Venezoliceras)*, que confirman una edad entre el Albiano inferior y Albiano superior (Bristow y Hoffstetter, 1977; Shoemaker, 1982; Jaillard et al., 1999).

Formación Tablones.- La sucesión superior se presenta discordante del Grupo Copa Sombrero, conformado por la Formación Tablones de edad Campaniano. Está constituida por calizas negras.

Formación Pazul.- Constituida por lutitas negras con nódulos amarillos de caliza negra e intercalaciones de turbiditas con abundantes diques clásticos. En base a los fósiles bivalvos Inoceramus, particularmente *Platyceramus* sp., *Trochoceramus* sp. e *Inoceramus* aff *goldfussianus*, se le ha asignado una edad comprendida entre el Campaniano superior y Maastrichtiano inferior (Bengtson y Jaillard, 1997).

Formación Monte Grande.- Secuencia de areniscas gruesas a finas y potentes conglomerados gruesos con cantos de cuarzo y rocas metamórficas. En base al fósil ammonite *Helicoceras* sp.; se ha permitido darle un rango estratigráfico asignado a la edad Maastrichtiana (Iddings y Olsson, 1928; Olsson, 1944; Bengtson y Jaillard, 1997).

DOMINIO ORIENTAL DE LA CUENCA LANCONES

El dominio oriental se constituye de una secuencia volcánico sedimentaria (Figura 4.1) e incluye como unidad inferior al Grupo San Pedro de edad Prealbiana (Reyes y Caldas, 1987; Ríos, 2004; Quispe et al., 2007; Winter, 2008; entre otros), compuesto de una secuencia volcanoclástica de cerca de 1200 m, que consiste en areniscas tobáceas grises intercaladas con limolitas y chert.

CRETÁCICO INFERIOR

Formación Ereo.- Constituye la unidad basal del grupo de rocas volcánico sedimentaria mesozoica. Está caracterizada por un vulcanismo bimodal dominado principalmente por flujos

de lavas basálticas en almohadillas (Fig. 4.1), con algunos niveles de brechas piroclásticas de composición andesíticobasálticas, masiva, vacuolar y hialoclásticas ligeramente propilitizadas, metamorfizadas y epidotizadas dentro de un ambiente marino profundo(Fig. 4.2 y 4.3).

Los afloramientos se exponen en los alrededores del poblado de Tambogrande, el cerro Ereo y abarcan marginalmente a los cerros San Francisco, San Lorenzo, Pelingara, Malingas, Manteca, Negro y otros lugares. Se le reconoce por presentar geoformas de relieve suave y ligero matiz rojizo debido a su composición, siendo resistentes a la erosión.

La Formación Ereo del Aptiano-Albiano inferior expone su contacto superior con la Formación La Bocana. Estas rocas generalmente están metamorfizadas debido a las proximidades de las unidades de Batolito de la Costa. Las rocas son de afinidad calcoalcalina a toleítica (Morshe, 1997; Padilla y Rodríguez, 2001).

En Tambogrande se observan intercalaciones de lavas y tobas riolíticas. Las rocas son de afinidad calcolcalina a toleítica (Morshe, 1997; Ríos, 2004). En esta formación se encuentran los depósitos TG1, TG3 y B5 y los Prospectos Higuerón y Potrobayo. Se le considera un espesor de 2500 m. (Quispe et al., 2007; Winter, 2008)

Edad y correlación.- Las nuevas dataciones de U-Pb en zircón le atribuyen edades geocronológicas de Albiano, que fluctúan entre 104.8 \pm 1.3 Ma, 103.2 \pm 1.0 Ma y 100.2 \pm 0.5 Ma (Winter, 2008).

Se dispone de otra datación de 165 ± 17 Ma (Ryan Mathur citado en Ríos, 2004) sobre piritas del yacimiento TG1 de Tambogrande, mediante el método Re-Os y analizadas en la Universidad de Arizona (Laboratorio de Joaquín Ruiz). Los resultados indicarían mineralización de edad Jurásico media al igual que las rocas encajonantes. Sin embargo, debido al alto rango de error, esta muestra ha sido desestimada.

Algunos autores han denominado a la Formación Ereo con otros nombres debido al lugar en que han realizado sus estudios de investigación o en base a la localidad más cercana al afloramiento. Por ejemplo, Caldas (1987) la denomina Formación Chungas, en tanto que Winter (2008) la llama Formación San Lorenzo. En realidad, San Lorenzo es parte de un evento volcánico comprendido dentro de una misma secuencia basal volcánica de la Formación Ereo.



Fotografía 4.1: Afloramientos de lavas basálticas en almohadillas. Formación Ereo.



Fotografía 4.2: Brechas de composiciones andesítico-basálticas masivas, vacuolares y hialoclásticas ligeramente propilitizadas, metamorfizadas y epidotizadas en las inmediaciones de Pelingara. Formación Ereo.



Fotografía 4.3: Formación Ereo - brechas de composición andesíticas vacuolar y hialoclásticas ligeramente propilitizadas y epidotizadas en las inmediaciones de Ereo con Pelingara.

Formación La Bocana.- Esta unidad corresponde a un volcanismo también bimodal y que representa la secuencia intermedia de la serie volcánico-sedimentario cretácea de la región.

La Formación La Bocana del Albiano Superior se compone de tres miembros: Una secuencia inferior, compuesta por lavas andesíticas intercaladas con ocasionales horizontes de lavas félsicas y delgados niveles lenticulares de sedimentos depositados en un ambiente submarino (Fig. 4.4). Esta secuencia aflora en las áreas de Totoral, Carrizalillo (Papayo) y Cerro San Francisco. La secuencia intermedia está compuesta principalmente por dacitas y andesitas silíceas, con intercalaciones locales de piroclásticos y sedimentos clásticos (limolitas, areniscas de grano fino), que gradan a calizas carbonosas con niveles arenosos, depositados probablemente en lo que constituye la parte central de la cuenca, tal como se observa en la cabecera de la quebrada Carrizalillo (Fig. 4.5). El miembro superior está compuesto por andesitas vacuolares y silíceas, con estructura columnar y tobas líticas, que se extienden regionalmente en los sectores del río Sancor, quebrada El Carrizo y la cabecera de la quebrada Carrizalillo (Fig. 4.6).



Fotografía 4.4: Lavas félsicas y delgados niveles lenticulares de sedimentos depositados en un ambiente submarino. Esta secuencia aflora en las áreas de Totoral y Papayo. Formación La Bocana.



Fotografía 4.5: Calizas y limoarcillitas en la Formación Bocana. Localidad: Cabecera de la quebrada Carrizalillo.



Fotografía 4.6: Andesitas tabulares de la Formación La Bocana depositadas en un ambiente continental. Localidad: Sector sureste de la hoja en el curso medio del río Sancor, ruta a Malingas.

Edad y correlación.- En el sector de Tomapampa e Higuerón (Hojas de Las Lomas 10 C-I) se encontraron fósiles de ammonites; mientras que en los niveles calcáreos de la formación se observan restos de gimnospermas (*Cycadeoidea sp.)*, y ammonites (*Mortoniceras cf. Marrecacia Maury*), lo que ha permitido darle un rango estratigráfico albiano (Reyes et al., 1987), correlacionándose con parte de las formaciones Muerto-Pananga.

Dataciones de U-Pb en zircón (Winter, 2008) ofrecen edades geocronológicas de Albiano superior a Turoniano, entre 99.3 \pm 0.3 Ma, 91.1 \pm 1.0 Ma.

Formación Lancones.- La Formación Lancones se ubica cronológicaemente entre el Albiano Superior y el Coniciano. Denominada por Reyes et al. (1987); se describe una secuencia volcánico-sedimentaria, con horizontes de aglomerados andesíticos epidotizados intercalados con cenizas piroclásticas y areniscas feldespáticas con algunos niveles cálcareos. Hacia el oeste y este, fuera del arco volcánico, se interdigita con la Formación La Bocana con brechas de flujo volcanoclásticos, bancos turbidíticos de grauvacas masivas de grano medio a grueso, litoclastos andesíticos gris verdoso a gris violáceos tipo *debris flow*, intercaladas con

capas de calizas tobáceas con horizontes de brechas redepositadas (Fig. 4.7 y 4.8). La Formación Lancones es subaérea. La exposición de esta secuencia se encuentra en los alrededores del pueblo de Lancones y en el distrito de Suyo hasta la frontera con el Ecuador. Se estima que tiene un grosor promedio de 1500 m.

Edad y correlación.- Los fósiles son relativamente abundantes en toda esta secuencia volcano-sedimentaria, especialmente en los niveles superiores de la formación, lo que ha permitido darle un

rango estratigráfico entre el Albiano superior y el Coniaciano (Reyes et al., 1987; Ríos, 2004; Quispe et al., 2007; Winter, 2008).

Los bivalvos *Inoceramus concentricus* e *Inoceramus cf. L. crippsi* indican el Cenomaniano Inferior (Reyes et al., 1987).

Grupo Copa Sombrero.- Aflora localmente al noroeste de la cuenca Lancones. Se interdigita con el volcánico Lancones y está constituido por lodolitas negras nodulares, intercaladas con areniscas y brechas piroclásticas.



Fotografía 4.7: Lahar con rodados de andesita englobados en una matriz de tobas andesíticas. Formación Lancones.



Fotografía 4.8: Bancos turbidíticos de grauvacas masivas de grano medio a grueso, litoclastos andesíticos gris verdosos a gris violáceos tipo *debris flow.* Formación Lancones.



Figura 4.4: Columna estratigráfica del Dominio Volcánico-Sedimentario Sector Oriental de la cuenca Lancones.
Luego siguen areniscas feldespáticas gris pardo oscuras y brechas que migran a limoarcillas y areniscas grises de grano fino. Es una secuencia de aproximadamente 3000 m de espesor. Se ha encontrado fósiles bivalvos: *Inoceramus* cf. *Lacmarckivar, cuvieri, sowerby,* correspondientes a la Formación Jahuay Negro.

Al Grupo Copa Sombrero se le atribuye una edad del Albiano superior-Coniaciano (Reyes, 1989; Chávez y Nuñez del Prado, 1991; Jaillard et al., 1999). Dentro de este grupo se diferencian las formaciones Huasimal, Jahuay Negro y Encuentros del Cretáceo superior.

Formación Huasimal.- Constituida por lodolitas negras, lutitas calcáreas y areniscas. Las areniscas presentan nódulos calcáreos de color oscuro con intercalaciones lenticulares de brechas piroclásticas. La potencia estimada de esta formación es de 50 m.

Formación Jahuay Negro.- Constituida por areniscas feldespáticas gris verdosas que contienen concreciones calcáreas; intercalaciones de lodolitas y brechas piroclásticas, y tobas líticas en algunos sectores. Se estima una potencia de 700 m.

Formación Encuentros.- Esta constituida por areniscas limosas que contienen nódulos de calizas intercaladas con areniscas bituminosas. Hacia la parte superior presenta una secuencia casi rítmica de limonitas y lodolitas negras. Se estima una potencia aproximada de 500 m.

Formación Tablones.- Es una secuencia de naturaleza conglomerádica. Litológicamente está compuesta por conglomerados gris plomizos con rodados de cuarcitas, filitas, esquistos y granitos en una matriz arcósica; en la parte inferior se presentan areniscas de grano grueso a medio, con microconglomerados lenticulares. Se estima una potencia promedio de 100 m.

Formacion Pazul.- Esta unidad está compuesta por lodolitas gris plomizas astillosas y deleznables, que contienen nódulos de calizas negruzcas y capas de calcitas. Hacia la parte intermedia existe una intercalación de lodolitas con areniscas micáceas. La base está compuesta por calizas lodolíticas de grano fino a afanítico, las cuales se intercalan con lodolitas plomizas y frágiles. Se calcula una potencia aproximada de 300 m.

CENOZOICO

Formación Yapatera.- Unidad reconocida en el cerro Huabal, en la localidad de Yapatera del cuadrángulo de Chulucanas. (Reyes et al., 1987). Se describe una secuencia de conglomerados compuestos por rodados de cuarcitas englobados en matriz arenácea de grano fino fuertemente silicificada. A pesar de los escasos afloramientos que se observan aledaños al Reservorio de San Lorenzo, en forma de techos colgantes aislados como en los cerros Huabal, Frayle y Huacas, esta unidad debió tener una distribución regional más amplia, como lo evidencia la gran cantidad de rodados en los depósitos fluvio aluviales de la región. El contacto inferior es una discordancia angular con el Volcánico Lancones. Se calcula un máximo grosor de 150 m. Se le asume del Terciario inferior por su contenido fosilífero (Caldas et al., 1980).

Volcánico Llama (Volcánico Calipuy inferior).- Está compuesto por andesitas y brechas piroclásticas que afloran irregularmente en el sector oriental.

Volcánico Porculla (Volcánico Calipuy superior).-.- Está compuesto por lavas y tobas andesíticas, que afloran al norte y noreste de la cuenca Lancones (Fig. 4.9). Se les asigna una edad del Terciario inferior. Según Injoque y Miranda corresponden a dacitas y tiene una potencia de 1000 m.



Fotografía 4.9: Discordancia erosional entre la Formación Lancones (Cretáceo) y Volcánico Porculla (Terciario); remanente de erosión.

Volcánico Shimbe.- Secuencia de composición andesítica, constituido por lavas andesíticas y metandesitas gris verdosas, en algunos sectores presenta tobas de la misma composición.

Formación Tambogrande.- Completando la secuencia estratigráfica se observan conglomerados y areniscas semiconsolidadas de color blanco grisáceas intercaladas con niveles lenticulares de cenizas volcánicas blancas, lodositas grises y tobas blancas.

Con este nombre se describe a una secuencia de naturaleza aluviallacustrina que aflora en los alrededores de Tambogrande, y se extiende entre la represa de Poechos y la quebrada San Francisco. La unidad yace en discordancia angular sobre los volcánicos cretáceos, su tope se encuentra cubierto por depósitos aluviales y eólicos. Se estima un grosor de 50 m. Esta formación se correlaciona con la Formación Tablazos del Litoral. No se cuenta con evidencias paleontológicas para datar a la Formación Tambogrande, pero se le ubica tentativamente en el Mioplioceno (Caldas et al, 1980).

CUENCAS MARINAS CENOZOICAS: TALARA, SECHURA Y PROGRESO

Se ubican a lo largo de la faja costanera del noroeste del territorio peruano. Las tres cuencas tuvieron pleno desarrollo durante el Cenozoico. Su sedimentación es marina, por esta razón son de mucha importancia para la exploración de hidrocarburos. Las formaciones que se registran en estas cuencas son las siguientes.

PALEOCENO

Grupo Mal Paso.- Estudiado y descrito por Palacios, O. (1994). Esta unidad la conforman las formaciones La Mesa y Balcones. La primera consiste de una secuencia clástica cuarzosa de grano grueso a fino; y la segunda es una secuencia arcillo lutácea. Se le asigna una edad Paleoceno.

EOCENO

Formación Salinas.- Estudiado y descrita por Palacios, O. (1994). Esta unidad aflora en las salinas del área de Negritos (Talara). Consiste en bancos de areniscas de grano fino verde a marrón grisáceo, también micáceas; se intercalan con areniscas de grano grueso y con algunos niveles de conglomerados de color púrpura oscuro (Fig. 4.10). En la parte superior se observan lutitas pizarrosas y en algunos casos lutitas moteadas y abigarradas. A esta unidad se le asigna una edad del Eoceno inferior.

Formación Palegreda.- Estudiada y descrita por Palacios, O. (1994). Esta unidad aflora en el área de Negritos en Talara. Compuesta de lutitas claras, con capas de areniscas limolíticas y con presencia de óxidos de hierro. Hacia la parte inferior hay intercalaciones de areniscas y lutitas oscuras, con lentes de limolitas y contenido de microfauna. Lateralmente pasan a facies areniscosas con moluscos y facies de areniscas gruesas. A esta unidad se le asigna una edad del Eoceno inferior.

Formación Pariñas.- Estudiada y descrita por Palacios, O. (1994). Esta unidad aflora en el área de Negritos en Talara. Está compuesta de areniscas de grano fino en partes conglomerádicas, con algunas capas de lutitas(Fig. 4.11); son areniscas bien seleccionadas. En esta formación se han encontrado abundante madera petrificada. Se le asigna una edad del Eoceno inferior.



Fotografía 4.10: Grietas de desecación denominadas mud cracks. Formación Salinas.



Fotografía 4.11: Contacto entre la Formación Talara (lutitas en la parte inferior) y la Formación Pariñas (areniscas en la parte superior).

Grupo Talara.- Gonzáles (1976) describe un miembro inferior lutáceo, con conglomerados y sedimentos de aguas profundas. La parte inferior se conoce como «Lutitas Talara» (Fig. 4.11), hacia la parte media se observan lutitas grises a negras bituminosas muy laminadas. Hacia la parte superior las lutitas pasan a areniscas cuarzosas, de color gris verdoso y de grano medio a grueso (Fig. 4.12). La unidad media es conocida como «Areniscas Talara» y está compuesta de areniscas de grano medio a fino. Presenta estructuras de rizaduras *(ripple mark)*. La sección superior de esta unidad transgresiva consiste de una facie lutácea conocida como «Lutitas Pozo», que consiste de lutitas gris verdosas con laminación delgada, e intercalaciones regulares de capas de areniscas, en algunos casos calcáreas.

Por la presencia de foraminíferos *Bolivina recta, Amphistegina speciosa*, se le asigna una edad que abarca desde el Eoceno inferior a superior.



Fotografía 4.12: Formación Talara conformada por areniscas y lutitas.

Formación Verdúm.- Estudiada y descrita también por Palacios (1994). Esta unidad tiene afloramientos desde Paita hasta Tumbes. Secuencia mayormente clástica que consiste de una intercalación de areniscas de grano medio a grueso, ligeramente diagenizadas con lutitas laminares con bentonita (Fig. 4.13). Esta formación es productora de petróleo, pues sus horizontes de areniscas han producido volúmenes de crudo en la región de la Brea y Pariñas. En ella se ha encontrado moluscos de la especie *Arca sullanensis* que indican una edad Eoceno superior.



Fotografía 4.13: Formación Verdúm, a una elevación de 51.70 m. Areniscas.

Formación Chira.- Estudiada y descrita por Palacios (1994). Aflora a lo largo del rio Chira; los afloramientos se extienden hacia el norte hasta Talara. El miembro inferior consta de lutitas bentónicas laminadas de tonalidades oscuras. Hacia arriba presenta areniscas intercaladas con lutitas micáceas. La parte media está compuesta de areniscas de grano medio a grueso, de colores blanquecinos con horizontes conglomerádicos. Esta formación no posee horizontes productores de petróleo. Por el registro fósil a esta formación se le asigna una edad del Eoceno superior

Formación Mirador.- Estudiada y descrita por Palacios (1994). Aflora localmente en las quebradas de Carpitas y Máncora, fue estudiada también por Chalco en 1995. Consiste de conglomerados con cantos de río; la composición es de cuarcita y cuarzo, y algunas lodolitas de matriz arenosa. La parte superior se compone de areniscas de grano grueso. Stainforth (1958) le asigna una edad del Eoceno superior.

Formación Carpitas.- Estudiada y descrita por Palacios (1994). Aflora en la quebrada del mismo nombre, y consiste de una secuencia lutácea con intercalaciones de areniscas y lutitas grises finamente estratificadas; las areniscas son de grano medio de color beige. En 1958, Stainforth le asigna una edad del Eoceno superior.

OLIGOCENO

Formación Máncora.- Estudiada y descrita por Palacios (1994). Litológicamente se compone de areniscas de grano fino a grueso en estratos bien definidos. Se observan niveles lenticulares de conglomerados con matriz arcillosa. En los afloramientos de la quebrada Plateritos consiste de areniscas tobáceas conglomerádicas gris claras de grano grueso. Hacia arriba pasa a areniscas conglomerádicas blanquecinas intercaladas con paquetes brechoides que contienen clastos subangulosos de cuarcitas y calizas dentro de una matriz de arena cuarzosa de grano grueso. Esta formación está en contacto discordante sobre la Formación Chira. Se estima una potencia de 600 m. Los fósiles encontrados en esta formación determinan una edad del Oligoceno.

Fósiles:

BIVALVIA:	Núcula mancorensis OLSSON
	Pitar (Agripoma) mancorensis OLSSON
GASTEROPODA:	Ampullinopsis spenceri COOKE
	Hannatoma gesteri HANNA &
	ISRAELSKY
	Turritela conquistadorana HANNA &
	ISRAELSKY
ARTHROPODA:	Balanus concavus BRONN

Referencias: Olsson (1928), Wiedey y Frizzell (1940), Olsson (1942), Zevallos (1954), Chalco (1954), Palacios (1979).

Formación Heat.- Estudiada y descrita por Palacios, O. (1994). Esta formación aflora principalmente en los cuadrángulos de Zorritos y Tumbes. En la base consiste de lutitas gris verdosas con nódulos calcáreos discoidales que se intercalan con bancos coquiníferos. Hacia arriba siguen areniscas cuarzosas de grano grueso con matriz arcillosa. En la parte superior se observan niveles de lutitas de color marrón oscuro.

MIOCENO

Formación Zorritos.- Estudiada y descrita por Palacios (1994). Peterson en 1936 identificó tres miembros para esta formación. El miembro inferior consiste en lutitas marrón grisáceas carbonosas, con intercalaciones de lutitas grises verdosas, ocasionalmente con algunos lentes de areniscas cuarzosas de grano medio con estratificación cruzada, y en la parte superior presenta lutitas bentoníticas. El miembro medio está constituido por horizontes de areniscas de grano fino, bien interestratificados con lutitas grises piritosas. El miembro superior presenta areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, con lutitas bentoníticas verde claras y lutitas carbonosas con escasa pirita. La fauna registrada indica una edad del Mioceno inferior. **Formación Montera.-** Esta formación aflora en el área de Bayóvar, contigua al flanco oriental del macizo de Illescas. Litológicamente, su parte inferior se compone de bancos gruesos de areniscas amarillo-grisáceas de grano grueso a medio.

La parte media está constituida por alternancias de areniscas blanquecinas parcialmente microconglomerádicas. La parte superior se compone de paquetes gruesos de conglomerados rojizos con fenoclastos de cuarzo, cuarcitas y rocas metamórficas en matriz areno arcillosa. La secuencia finaliza con un horizonte de calizas amarillo-blanquecinas de grano fino. Olsson y Zuñiga (citado en Palacios, 1994) determinan para esta unidad una edad del Mioceno inferior.

Formación Zapallal.- Esta formación es de mayor potencia y extensión; está localizada en el desierto de Sechura y comprendida dentro de la cuenca del mismo nombre. Esta unidad se caracteriza por su enriquecimiento en fosfatos, los cuales se encuentran en siete capas. En la parte inferior consiste de capas de fosfatos intercalados con diatomitas fosfóricas. Sobre esta secuencia se encuentra un nivel de tobas blandas de tonos grises, y sobre ellas descansa otra secuencia de diatomitas. Hacia la parte superior se identifica con mucha facilidad una arenisca oquerosa de grano fino a medio (Arenisca Clambore) (Fig. 4.14), además se sobrepone una capa fosfórica de grano grueso. Los registros fósiles encontrados en esta unidad indican una edad del Mioceno medio.



Fotografía 4.14: Miembro superior de la Formación Zapallal.

Formación Cardalitos.- Estudiada y descrita por Iddings y Olsson (1928, citado en Palacios, 1994). Esta formación aflora en pampa Cardalitos (cuadrángulo de Zorritos). En la base se constituye de arenas intercaladas con arcillas arenosas y conglomerados. En la parte media presenta arcillas plomizas con intercalaciones de arena sueltas en capas delgadas. La parte superior está conformada por arcillas con bancos de arena. Esta formación es correlacionable con la Formación Zapallal de la cuenca Sechura.

Formación Miramar.- Estudiada y descrita por Palacios (1994). Esta unidad aflora en la localidad de Miramar (entre Sechura y La Unión), también aflora en Paita y el valle del Chira. Su base consiste de un conglomerado que está constituido por areniscas arcósicas de grano fino. La parte media se compone de niveles de areniscas tobáceas abigarradas. La parte superior presenta areniscas coquiníferas de grano fino.

Formación Tumbes.- Estudiada y descrita por Palacios (1994). Aflora en el área de Zorritos, y es el equivalente a la Fornación Miramar. Litológicamente se compone de areniscas de grano medio a fino, cuarzosas, intercaladas con capas delgadas de lutitas bentoníticas. Hacia el tope se encuentra una secuencia de conglomerados, areniscas de grano grueso e intercalaciones de lutitas y tobas.

PLIOCENO

Formación Mal Pelo.- Estudiada y descrita por Palacios (1994). Aflora al norte de Talara y sur de Tumbes. Se constituye de material arenoso de facies de playa, lentes de chert y luitas de buen espesor. Es conglomerádica en su parte inferior con guijarros de cuarzo, rocas ígneas y metamórficas provenientes de los Amotapes. Sobreyace a las formaciones del Mioceno, por lo que se le asigna una edad del Plioceno.

Formación Hornillos.- Esta unidad se encuentra expuesta en la vertiente oriental del macizo de Illescas. En la base se compone de areniscas arcósicas blanco amarillentas, de grano medio a grueso e intercaladas con areniscas coquiníferas. Hacia la parte superior se encuentran areniscas arcósicas sacaroideas fuertemente endurecidas con cemento calcáreo, y microconglomerados coquiníferos con niveles de lumaquelas.

CUATERNARIO

Se presentan depósitos eólicos inconsolidados y sedimentos aluviales compuestos de arenas, limos y arcillas, que se encuentran al pie de las estribaciones de la Cordillera Occidental y en los flancos de los cursos fluviales, en los valles y las quebradas. Los depósitos más importantes se encuentran al suroeste del cuadrángulo de Las Lomas, donde conforman llanuras aluviales. En la franja costanera (cuencas cenozoicas) existen diferentes depósitos pleistocénicos reconocidos como tablazos, los cuales están constituidos por conglomerados con abundante contenido de fósiles marinos.

SECTOR ORIENTAL: CUENCA ORIENTAL

El estudio de la Deflexión de Huancabamba comprende el bloque Olmos-Loja, correspondiendo el estudio estratigráfico de los cuadrángulos de Morropón y de Olmos, caracterizado por la siguiente secuencia estratigráfica:

PALEOZOICO

Grupo Salas.- Aflora cerca de la localidad de Salas (cuadrángulo Jayanca), y está constituido por pizarras negras, filitas argiláceas lustrosas y tobas pizarrosas, intercalándose en la parte superior, delgadas capas de cuarcitas blanco grisáceas. En el valle de Huancabamba y a lo largo de la faja Huarmaca Canchaque-Los Ranchos, se observan paquetes de metandesita con cierto grado de transformación a anfibolitas.

En algunos lugares se observa un metamorfismo intermedio que alcanza el grado de esquistosidad de las facies de esquistos verdes, conteniendo muscovita y cuarzo como minerales esenciales, los minerales opacos: zircón, clorita, calcita como minerales accesorios, y la limonita como mineral secundario.

En la carretera Morropón-Canchaque se ha reportado el hallazgo de restos graptholites de la forma dendroidea del género Dyctyonema sp., perteneciente al Ordovícico superior. Tiene sus mejores afloramientos en ambas márgenes del río Paita, río Huarmaca, al sur de Quemazón, cabeceras del río Bigote en el cuadrángulo de Morropón y cabeceras de los ríos Chignia y Chalpón en la hoja de Olmos. Se estima una potencia de +/- 1000 m. Los primeros estudios fueron realizados por Wilson (1984) y Reyes y Caldas (1987).

Formación Río Seco.- Se encuentran afloramientos en la carretera Morropón-Huancabamba y en el caserío de Río Seco; yace concordante sobre la Formación Salas, extendiéndose a los valles del curso superior del río Piura Los primeros estudios realizados por Reyes y Caldas (1987) le asignan una edad devónica.

Consiste de cuarcitas gris oscuras en paquetes de 3 a 4 metros, mostrando recristalización con segregación de cuarzo lechoso. Entre los estratos de cuarcitas que van de 30 a 60 cm de grosor, se intercalan niveles de filitas lustrosas, gris blanquecinas y pizarras negras que alcanzan en algunos casos las facies de esquistos verdes, conteniendo minerales esenciales como cuarzo y muscovita. En esta formación no se ha encontrado fósiles, sin embargo por su posición estratigráfica y su litología similar a la Formación Cerro Negro de los Amotapes, se le asigna al Devónico. Se le estima una potencia de +/- 300 m.

Formación Ñaupe.- Constituida por una secuencia de cuarcitas recristalizadas compactas, en estratos medios a gruesos; sobresale en la morfología actual que sigue una dirección N-S a lo largo de los cerros Ñaupe, Saleante, Papayo y Cucur en los cuadrángulos de Olmos y Morropón.

MESOZOICO

Formación La Leche.- Constituida por calizas, lutitas, margas gris rosáceas y en la parte superior, tobas y derrames de composición andesítica y dacíticas, estimando un espesor de 400 a 500 m. En la base se presenta un conglomerado y areniscas rojas que corresponden a depósitos molásicos continentales de edad Permo–Triásica.

En la Formación La Leche, redefinida después por Pardo y Sanz (1979) como Grupo Pucará, se ha reconocido una rica fauna conformada por fósiles moluscos braquiópodos de los géneros típicos de noriano: *Spondylospira, Koessessis, Dielasma cf. Terebratula, Rhynchonela,* y lamelibranquios (bivalvo) como *Schizocardita cristata.* En otras áreas fuera del valle la Leche se han encontrado bivalvos como *Wyla alata* y ammonites como *Arietites y Scholtheimia*, que representan al Jurásico inferior (Reyes y Caldas, 1987).

Grupo Pucará. (Jenks, 1951, citado por Wilson, 1984). Tiene una amplia distribución en el territorio peruano. Su contacto inferior es discordante con el Grupo Mitu, y su contacto superior es concordante con la Formación Sarayaquillo. Se puede diferenciar en tres unidades de la base al techo: Formación Chambará (Megard, 1968), constituida en la parte inferior por una secuencia monótona de calizas de color gris con nódulos de chert en estratos macizos de 2 a 3 m. de grosor, en tanto que la parte superior está compuesta por calizas micríticas de color gris amarillento a oscuro, en estratos delgados y ondulantes. Se calcula un espesor de 450 m.

La parte media conocida como Formación Aramachay (Megard, 1968), presenta intercalación de calizas margosas y limoarcillitas gris oscuras; las calizas margosas se presentan en capas delgadas. En los horizontes limolíticos se han encontrado numerosos fósiles mal conservados. Se estima 350 m de espesor.

La parte superior ha sido denominada Formación Condorsinga (Megard, 1968) y consiste de calizas micríticas de color gris claro en capas delgadas y algo ondulantes. El grosor aproximado es de 200 m. Se le correlaciona con la Formación La Leche.

Formación Oyotún.- Descrita por Wilson (1984). Su localidad tipo está ubicada cerca del pueblo del mismo nombre, en el valle

de Zaña. Se le considera del Mioceno, pudiendo llegar al Oligoceno superior.nsis. Se presenta tanto en el flanco oeste como este de la Cordillera Occidental. Se encuentra suprayaciendo con una fuerte discordancia angular al Complejo de Olmos; su relación superior es de concordancia con el Grupo Goyllarizguizga. Su espesor es variable, pudiendo alcanzar 1450 m (Reyes y Caldas, 1987). Su litología está constituida por flujos andesíticos y dacíticos consolidados en bancos medianos a gruesos, así como piroclásticos, tobas y brechas andesíticas azules y verdes oscuras. Hacia el oeste de su localidad tipo se observan algunas intercalaciones de tobas, grauvacas y areniscas feldespáticas. Se ha podido encontrar fósiles del Jurásico inferior, sobre todo en los niveles sedimentarios que se intercalan con los volcánicos. Se tiene conocimiento del hallazgo de Weyla alata, Weichselia peruviana ZEILLER, Por ello, su edad ha sido asignada entre el Jurásico ínferior a medio. Se le correlaciona con la Formación La Leche, con el Grupo Pucará y con la Formación Sarayaquillo.

Formación Sávila.- Aflora en la localidad de Sávila, situada en la cabecera del río Limón. Está constituida en su parte inferior por areniscas de grano fino gris-plomizas a gris verdosas de matriz limolítica, con cemento calcáreo. Seguidamente tenemos bancos gruesos de areniscas tobáceas gris claras y conglomerados oxidados con brechas de grano medio a grueso. Se le asigna una edad del Jurásico superior. Se correlaciona en parte con las formaciones Chicama y Tinajones.

Grupo Goyllarizguizga.- Sobreyace discordante a las rocas precretáceas hasta un contacto concordante y gradacional con otras unidades del Cretáceo. Consiste de areniscas y cuarcitas blanquecinas a marrones bien estratificadas en capas medianas e intercaladas con horizontes de lutita gris y marrón. Está cubierta concordantemente por la Formación Chignia e infrayace a la Formación Inca. En su base hay areniscas arcósicas de grano fino con matices rojizos, en la parte media contiene bancos masivos de cuarcitas porfidoblásticas de grano medio a fino, de color blanco amarillentas hasta marrón rojizo. El techo lo constituyen cuarcitas grises con intercalaciones de lodolitas gris oscuras, con mantos de carbón. Su espesor llega hasta 700 m cerca de Chongoyape y Celendín. La presencia de plantas y mantos de carbón así como la ausencia de fósiles marinos, sugieren que es un depósito continental. Su edad no está determinada, como subyace a la Formación Inca debe corresponder al Aptiano y Cenomaniano.

Formación Chignia.- Aflora entre la quebrada de Querpón y los alrededores de Mamayaco. El contacto inferior con el Grupo Goyllarizquizga es concordante. Se estima un espesor de 400 m. Litológicamente, la base consiste en una alternancia de cineritas blanquecinas, calizas areniscosas amarillentas de grano fino, areniscas limosas gris verdosas en capas delgadas y cineritas pálidas fisibles; hacia la parte intermedia se presentan esquistos sericíticos tobáceos blanquecinos de las facies de esquistos verdes; y en el techo, tobas brechoides y estiradas tectónicamente, con matriz gris verdoso, que contienen ammonites deformados.

La parte inferior de esta Formación tiene un alto contenido de fósiles de bivalvos *Inoceramus concentricus* PARKER, mientras que las partes más altas contienen fósiles de ammonites *Oxitropidoceras carbonarium* y *Prolyelliceras s*p., asignando una edad comprendida entre el Albiano medio y Albiano superior. Se le correlaciona con las formaciones Inca, Chulec y Pariatambo de la cuenca Cajamarca, y con las formaciones Muerto y Pananga del Bloque Amotapes.

CENOZOICO

Volcánico Llama (Volcánico Calipuy inferior).- Su litología varía de norte a sur. Así a 5°30' hacia el Ecuador, está conformada

por bancos gruesos de brechas piroclásticas andesíticas, gris violáceas a moradas, intercaladas con niveles de tobas ácidas blanco verdosas, y ocasionalmente conglomerados volcánicos (Fig. 4.15). Al sur de 5°30' está conformada por bancos masivos de brechas piroclásticas andesíticas gris verdosas, y lavas igualmente andesíticas. Su espesor varía de un sector a otro: en el sector oriental tiene unos 500 m, mientras que en el occidental tiene solo un promedio de 200 m.

Esta formación representa una fase de volcanismo continental que puede considerarse como un volcánico postorogénico. No hay dataciones de esta formación, sin embargo, sobre la base de relaciones estratigráficas, sobreyace a la Formación Chota del Cretáceo superior-Cenozoico inferior, por lo que se le considera como del Cenozoico Inferior (Wilson, 1984). Se le correlaciona con la Formación Sacapalca del Ecuador



Fotografía 4.15: Bancos gruesos de brechas piroclásticas andesíticas, intercaladas con niveles de tobas acidas blanco verdosas. Formación Llama.

Volcánico Porculla (Volcánico Calipuy superior).- Aflora en el abra de Porculla, de donde toma su nombre, y se encuentra desde la divisoria continental hacia el este y en pequeños sectores de la zona oeste. Se encuentra suprayaciendo a la Formación Llama en discordancia angular, aunque puede sobreyacer a formaciones tan antiguas como el Complejo Olmos o el Grupo Salas. Su tope está erosionado y cubierto por los volcánicos Huambos o Shimbe. Está constituido principalmente por tobas andesíticas y riolíticas gris blanquecinas en bancos masivos. Hacia el oeste está conformado por tobas riolíticas gris verdosas con niveles ignimbríticos y brechas de tobas con grandes fragmentos piroclásticos. Se le atribuye una edad del Cenozoico inferior a medio, debido a que sobreyace a la Formación Llama y al Volcánico Huambos del Terciario Superior. Formación Tamborapa.- Está conformado por un conglomerado heterogéneo, cuyos cantos subredondeados están dentro de una matriz limo-arenosa, y son de naturaleza intrusiva y volcánicasedimentaria. Su espesor es de unos 100 a 150 m. Sobreyace a la Formación Bellavista y a otras unidades, por lo que se le asigna una edad del Mioceno Superior al Plioceno.

ROCAS PLUTÓNICAS

SECTOR OCCIDENTAL: BATOLITO DE LA COSTA

En este sector se emplaza el segmento más septentrional del Batolito de la Costa, denominado Segmento Piura (Pitcher, 1978). Se le asigna una edad del Cretáceo superior-Cenozoico.





Los afloramientos se encuentran alargados en la orientación nortesur, pero se interpreta que a profundidad constituyen una unidad masiva cratonizada, como resultado de un plutonismo múltiple, desde la facies de gabro-diorita hasta los granitos alcalinos. De este modo la cobertura volcano-sedimentaria de la cuenca constituye solamente un delgado techo colgante del macizo batolítico. Estas intrusiones del Batolito de la Costa conforman el principal granitoide de la vertiente pacífica de la Cordillera Occidental que fue denominada como el Complejo Plutónico Las Lomas. Este es mayormente de composición granodiorítica a tonalita; mientras que en el sector suroeste se emplazan diques de composición diorítica a hornblenda con direcciones predominantes 130°.

No hay evidencias de la presencia de granitoides del Jurásico o Triásico, reconocidos en la zona de la frontera suroccidental con el Ecuador (Litherland et al., 1994; Aspden et al., 1995), que probablemente se prolongan al Perú por la Faja Subandina. Para la descripción de las diferentes unidades intrusivas se ha tenido en cuenta la composición mineralógica y las relaciones texturales, así como la naturaleza del emplazamiento, considerando si son subvolcánicas o plutónicas.

Complejo Plutónico Las Lomas (KT-gb, di, gdp, gdl, gdt, toc, gdh, mgpb, grch, gd y gr) Cretácico-Terciario.

Tiene un diámetro aproximado de 40 km entre los reservorios (embalses de agua) de Poechos y San Lorenzo, mientras que la longitud queda comprendida entre el noreste del área y las cercanías de Tambogrande al suroeste, donde los afloramientos de rocas terminan cubiertos por depósitos recientes.

En la parte central del complejo, los gabros y las dioritas se encuentran aflorando en las partes marginales, mientras que las rocas menos básicas, granodioritas y monzogranitos, se encuentran emplazadas en la parte central.

Gabros y gabrodioritas (KT-gb).- Este tipo de rocas afloran en el área del indicio El Noque, tratándose de una roca de grano grueso y oscuro con grandes fenocristales de plagioclasas gris blanquecinas, de bordes redondeados, generalmente zonados, y también fenocristales de anfíboles y piroxenos euhedrales entrecruzados con las plagioclasas. Esta litología los diferencia de los gabros porfiríticos de probable edad Cretácea, anteriormente descritos.

Dioritas (KT-di).- Las dioritas están ubicadas en las partes más distales del Complejo Plutónico Las Lomas en forma de stocks aislados, pero que posiblemente en profundidad constituyen cuerpos grandes o un solo plutón marginal alrededor de los términos granodioríticos.

Cuarzo-Monzodiorita Purgatorio (KT-gdp).- Es un cuerpo alargado NE-SO, ubicado en el flanco noroeste del Complejo Plutónico Las Lomas y que intruye los gabros y dioritas, y al evento La Bocana.

En muestra de mano, es una roca de grano grueso a medio, gris verdosa, de aspecto sacaroideo, que anteriormente estuvo cartografiado como Granodiorita Purgatorio (Reyes et al, 1987), pero el estudio microscópico la determina como cuarzo-monzodiorita.

Granodiorita Las Lomas (KT-gdl).- Es uno de los plutones de mayor extensión y está emplazado en la parte central del complejo, diametralmente intruido por la Monzogranito Peña Blanca. Es una roca de grano grueso gris-blanquecino, con fenocristales de plagioclasa blanquecina entrecruzados y de hornblendas tabulares en agregados también entrecruzados en formas reticulares. Se observan algunos cristales de biotita, mientras que la hornblenda se encuentra cloritizada.

Granodiorita Trapecio (KT-gdt).- Aflora conformando los alrededores del cerro Trapecio (9486000 N 596000 E), al noreste del Reservorio San Lorenzo, donde intruye a la Granodiorita Las Lomas. Es una roca de grano grueso, con fenocristales de plagioclasa de 3 a 5 mm de diámetro, también de hornblenda en concentraciones radiales, escasos granos de cuarzo intersticial y algunos cristales de feldespato potásico. Marginalmente varía a una diorita cuarcífera gris oscura de grano fino a medio.

Tonalita Canoso (KT-toc).- Es una tonalita gris-blanquecina, de grano medio, y está compuesta por fenocristales de plagioclasa (andesina) euhedral y cuarzo intersticial. Los minerales secundarios son: sericita, arcillas, actinolita, cloritas, epidota, limonita y calcita.

Granodiorita La Huanca (KT-gdh).- Es una roca granular hipidiomórfica (parcialmente xenolítica), con predominio de plagioclasas y cuarzo, con escaso contenido de feldespato potásico.

Monzogranito Peña Blanca (KT-mgpb).- Está emplazado en la parte central del Complejo Plutónico Las Lomas, donde intruye gabros y dioritas marginales, así como las Granodioritas Las Lomas y Purgatorio. La roca es parcialmente xenolítica, presenta textura granular hipidiomórfica y se compone de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico; este último le asigna un color rosáceo a la roca.

Granito Cascajo Blanco (KT-grcb).- Cascajo Blanco es un granito de grano grueso, blanco-rosado, con fenocristales de plagioclasa, ortosa y cuarzo. Presenta alteración potásica y halos fílicos con asociación cuarzo-sericita y limonitización. Presenta valores anómalos de oro, cobre y molibdeno.

Intrusivos plutónicos menores (KT-gd, gr).- En la parte periférica del Complejo Plutónico Las Lomas se exponen varias intrusiones menores, como afloramientos de granitos (KT-gr), en el cerro Chancadora. Consiste en un granito gris-rosado tectonizado con cizallamiento NO-SE.

Diques sinvolcánicos.- Los diques sinvolcánicos están presentes en toda la cuenca, donde se logra identificar verdaderos enjambres de diques, principalmente en el fondo de los cursos fluviales profundos, la mayoría de composición andesítica a dacítica, con rumbos predominantemente NO-SE y NE-SO, variando a veces a E-O y con buzamientos próximos a la verticalidad.

Stocks de Gabros Porfiríticos (K-gb).- Constituyen pequeños stocks de gabros porfiríticos o dioritas hornbléndicas oscuras, que siempre se les encuentra intruyendo a la Formación Volcánico Ereo, por lo que se propone que se trata de cuerpos subvolcánicos relacionados con estas vulcanitas.

En el área de Curi-Lagartos aflora un stock de gabro gris oscuro a negro, de textura porfirítica. Asímismo, existen afloramientos de un stock de diorita hornbléndica oscura de textura granular subofítica, compuesta dominantemente por hornblenda (60 %), plagioclasas (25 %) y clinopiroxenos (<5 %); esta roca intruye al volcánico Ereo y es intruída a su vez por la granodiorita La Huanca.

En el cerro Manteca (9468500 N, 569200 E) se identifica un stock de gabro porfirítico gris oscuro, con fenocristales de plagioclasa hasta 1.5 cm de diámetro, además fenocristales de anfíboles y piroxenos en una matriz microporfirítica oscura. Este cuerpo intrusivo tiene la particularidad de que en el contacto con la Formación Ereo (compuesta por andesitas básicas) exhibe un claro ejemplo de una estratificación magmática, consistente en una intercalación de capas feldespáticas leucócratas y otras oscuras, compuestas por minerales máficos, con intervalos de un centímetro de ancho y dispuestos paralelamente. **Stock Ereo (Cretácico).**- Aflora en el denominado cerro Ereo (9 476 000 N 572 000 E), tratándose de un stock alargado N-S, con cerca de 12 km de largo y 7 km de ancho, que intruye a la Formación Volcánico Ereo, siendo intruido a su vez por un stock de dacita y por la granodiorita Las Lomas (Foto 4.16). Tiene el aspecto de una roca porfirítica, se compone de cristales blanquecinos de plagioclasas rotas y fragmentos líticos (tobas brechadas), en una matriz afanítica gris-verdosa por cloritización.

Stocks Félsicos (Cretácico).- Se encuentran integrados un grupo de stocks subvolcánicos félsicos, cuya composición varía entre una dacita y una andesita carente de ferromagnesianos. Los stocks félsicos dacíticos son rocas microporfiríticas, con fenocristales de plagioclasas blanquecinas y cuarzo abundantes, embebidos en una matriz microcristalina gris-blanca. Los stocks félsicos se asemejan a las lavas de la Formación La Bocana, por lo que se podría presumir que se encuentran genéticamente vinculados.

Stocks Andesíticos (Cretácico).- En diferentes localidades se han identificado pequeños stocks de andesitas porfiríticas, generalmente intrusivos en el evento Bocana y en la Formación Lancones; se ubican a lo largo de toda la cuenca Lancones.

ROCAS PLUTÓNICAS: SECTOR ORIENTAL

En la parte oriental de la Deflexión de Huancabamba se observa la presencia de dos unidades batolíticas: intrusiones más orientales del Batolito de la Costa del Norte e intrusiones relacionadas al Batolito de Zamora del Ecuador.



Fotografía 4.16: Stock Ereo (Cretácico). Aflora en el cerro Ereo (9476000 N, 572000 E), tratándose de un stock alargado N-S, con cerca de 12 km de largo y 7 km de ancho, que intruye a la Formación Volcánico Ereo.

INTRUSIONES RELACIONADAS AL BATOLITO DE LA COSTA

Existen dos intrusivos relacionados con este batolito:

a. Intrusivo de Tabaconas

Descrito como Granito de Paltashaco por Reyes y Caldas (1987). Es un granito de textura granular, alotriomórfico, con ortosa con leve alteración arcillosa, plagioclasa con débil alteración sericítica y biotita opaca. Existen dos afloramientos de gran extensión a lo largo del río Tabaconas.

b. Intrusivo de Arabisca (Pomahuaca)

Una roca de composición predominantemente de diorita y tonalita de gran extensión, ubicada en los alrededores de los cerros Arabisca al norte de Pomahuaca. Datado en el Cretácico.

INTRUSIONES RELACIONADAS AL BATOLITO DE ZAMORA

El Batolito de Zamora, en el Ecuador, es un intrusivo compuesto por tonalita, granodiorita y diorita, que tiene afinidad calco-alcalina

y edad Jurásico temprana a media. Fue datado en el Ecuador en 202 Ma, por Ar/Ar (Sánchez, 2005b) y con plutones asociados que se extienden desde ese país hasta el norte del Perú, pasando por la Cordillera del Cóndor (fuera del área de estudio) y el sector oriental de la Deflexión de Huancabamba, en donde toma el nombre de Intrusivo de Rumipite.

Intrusivo de Rumipite

Reyes y Caldas (1987) describen este intrusivo como de edad Cretácica, sin embargo nuevas dataciones revelaron su edad Jurásica, correlacionándosele con el Batolito de Zamora. Es un cuerpo plutónico bastante extendido a manera de stocks y cuerpos más pequeños. Comprende principalmente una tonalita gris leucócrata de grano grueso a medio, con plagioclasas alteradas total o parcialmente a sericita, calcita y epidota; las biotitas en cristales subhedrales con alteración a clorita, epidota; y finalmente hornblendas en cristales anhedrales o subhedrales alteradas a clorita y calcita.



AL	ORDOVICICO	SUPERIOR MEDIO	Paleo	O-s Fm. Salas			
\mathbf{P}_{I}		INFERIOR		PZ-co Complejo Olmos	Pi-co Complejo Olmos		
	CAMBRIANO			PZs Gneis de Chimarra	PZ-Pel Complejo Marañón	PZ-Pel Complejo Marañón	
080							
OIC							
PRC -Z							

Figura 4.6: Tabla cronoestratigráfica de las unidades litológicas del noroeste del Perú.

CAPÍTULO V GEOLOGÍA ECONÓMICA

El noroeste del Perú posee una inmensa variedad de depósitos metálicos ubicados en el sector occidental, que comprende la cuenca Lancones. Los depósitos y las ocurrencias metálicas ubicados dentro de la cuenca Lancones, se caracterizan por albergar depósitos volcanogénicos masivos de Cu-Zn-Au del Cretácico inferior y sulfuros masivos volcanogénicos con contenidos de Pb-Zn-Cu «tipo kuroko» del Cretáceo superior. Además, sistemas hidrotermales de pórfidos de Cu-Mo, skarns de magnetita y vetas de Au–Ag de tipo epitermal de baja sulfuración que estarían

relacionadas a intrusiones del Batolito de la Costa y stocks subvolcánicos albergados en secuencias volcano-sedimentarias del Cretácico. Asimismo ocurren vetas de baritina–Pb–Zn–Cu y su origen estaría relacionado con las removilizaciones de mineralizaciones volcánico-exhalativas cretáceas en etapas de fracturamiento tardías (Figura 5.1)

En los años que lleva desarrollado el proyecto, se ha recolectado en campo un total de 263 muestras de los depósitos y las ocurrencias mineralógicas.



Figura 5.1: Distribución de depósitos minerales respecto a sus edades y rocas huésped.

ASPECTOS METALOGENÉTICOS

Litoestratigráficamente, los afloramientos más antiguos del área estudiada corresponden al Complejo Metamórfico del Marañón (Neoproterozoico), cuyas rocas son importantes para la mineralización de oro, que se encuentra como inclusiones en las vetas de cuarzo.

Las formaciones La Bocana y Lancones hospedan mineralización hidrotermal en vetas, y están conformadas por cuarzo con una alteración marginal de adularia-sericita-illita; con texturas crustiformes y coloformes. Estas vetas se distribuyen espacialmente sobre los pórfidos de Cu-Mo.

El Grupo Mitu (Pérmico superior) en su facie de rocas volcanoclásticas no evidencian mineralización primaria; sin embargo, una secuencia conglomerádica basal, podría contener oro en los rodados metamórficos y plutónicos.

Las unidades plutónicas (Cretáceo superior-Paleoceno) de composición granodiorítica, son importantes en la mineralización, originando los flujos hidrotermales que reaccionaron favorablemente con los volcánicos de la Formación Oyotún.

Los controles estructurales son los fallamientos longitudinales con rumbo preferencial N-S y NNE-SSO que han afectado las diversas unidades litoestratigráficas, controlando y limitando las zonas de fracturamiento y alteración. En algunos casos los sistemas de fracturamiento y las venillas de sílice, carbonatos y prehnita adquieren formas del tipo *stockworks*.

TIPOS DE DEPÓSITOS METÁLICOS

Tenemos la presencia de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) asociados al volcanismo submarino Cretácico, así como sistemas hidrotermales de pórfidos de Cu-Mo, skarns de magnetita, epitermal de baja sulfuración y vetas de Au–Ag de tipo mesotermal que estarían relacionadas a las intrusiones del Batolito de la Costa emplazadas en secuencias volcano-sedimentarias del Cretácico. Además, hay vetas de baritina–Pb–Zn–Cu, y su origen estaría relacionado con el resultado de las removilizaciones de mineralizaciones volcánico-exhalativas cretáceas.

SULFUROS MASIVOS VOLCANOGÉNICOS

Los sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) pertenecen a una larga clase 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 típico modelo de SMV consiste en lentes o niveles concordantes de sulfuros masivos, compuestos por más de 60 % de sulfuros (Sangster y Scott, 1976). Estos niveles concordantes con la estratificación yacen discordantemente sobre la zona de *stockwork* o *stringer*, compuesta por venillas y/o venas de sulfuros. Este tipo de mineralización *stockwork* se encuentra dentro de la chimenea o *pipe* de alteración hidrotermal

El contacto superior de los lentes de sulfuro masivo volcanogénico con la roca techo es usualmente enérgico, mientras que el contacto con la zona del *stringer* es usualmente gradacional. Por lo general, los lentes de SMV se encuentren por encima de la zona de *stockwork*. La interpretación de esta geometría del depósito es que la zona de *stockwork* representa la parte más superficial del sistema hidrotermal submarino y por lo tanto más próximo al fondo marino. Por otro lado, los niveles de SMV representan la acumulación de sulfuros precipitados de las soluciones hidrotermales en el fondo del mar, por encima y alrededor del centro de descarga o *vent*.

La morfología de un depósito de sulfuro masivo volcanogénico depende mucho del paleorrelieve en el cual se ha depositado, pero la tendencia a ser tabular es la forma más generalizada.

La mineralización más común de los SVM está dada por pirita, pirrotita, calcopirita, esfalerita, galena y en algunos casos sulfosales y bornita. Los minerales como pirrotita, magnetita y bornita se concentran en la zona del *stockwork* o en todo caso, en la parte central y basal de los lentes de sulfuros masivos, correspondiendo con la zona de alta proporción de Cu/Zn. Los minerales más comunes y que no son sulfuros, incluyen magnetita, hematita y casiterita. La ganga asociada a los sulfuros, condicionada por las alteraciones hidrotermales, está típicamente representada por cuarzo, clorita, sericita, baritina, yeso y carbonatos. Por otro lado, la pirita está presente en todas las zonas del SMV.

De manera individual, algunos depósitos SMV comúnmente contienen de 0.1 a 10 millones de toneladas de mineral combinado Cu+Zn+Pb y con leyes menores del 10 % (Sangster, 1972).

En la clasificación de los depósitos volcanogénicos de sulfuros masivos se pone mucho énfasis en el ambiente geotectónico de formación de los SMV, en la roca hospedante de los depósitos y en la composición de la mena (Misra, 2000).

Franklin (1993). determina dos grupos de SMV: (a) Grupo de depósitos de SMV Cu-Zn y (b) Grupo de depósitos de SMV Zn-Pb-Cu. Esta división está determinada por el cociente Zn/Zn+Pb: cuando el cociente es mayor a 0.9, los depósitos de SMV pertenecen al primer grupo, en el caso de ser menor corresponden al segundo grupo.

Depósito	Zn (%)	Pb (%)	Zn + Pb	Zn/Zn+Pb	Clase SMV	Formación	Información	Tonelaje (millones Ton)
TG1	1,4	0,1	1,5	0,93	а	Ereo	Cubicación	64
TG3	1	0,1	1,1	0,91	а	Ereo	Cubicación	110
B5	3,5	0,1	3,6	0,97	а	Ereo	Sondaje	200
Cerro Colorado	0,83	0,4	1,23	0,67	b	La Bocana	Sondaje	0,25
Tomapampa	1,93	0,3	2,23	0,87	b	La Bocana	Sondaje	0,3
Potrobayo	0,6	0,16	0,76	0,79	b	La Bocana	Sondaje	0,25

Cuadro 5.1 Clasificación de los principales depósitos de SMV de la cuenca Lancones.

Clasificación: Zn/Zn+Pb es mayor a 0,9 le corresponde la clase (a) de lo contrario pertenece a la clase (b)

(a) Grupo de Depósitos SMV Cu-Zn, (b) Grupo de Depósitos SMV Zn-Pb-Cu (Franklin, 1993),

DEPÓSITO SULFURO MASIVO VOLCANOGÉNICO CU-(PB-ZN-AU-AG)

TAMBOGRANDE

Tambogrande se encuentra ubicado en el distrito de Tambogrande, en la provincia de Piura, con coordenadas centrales 573042 E, 9454722 N, y altitud de 71 msnm. En realidad está constituido por tres depósitos definidos como TG1, TG3 y B5; todos ellos hospedados en la unidad volcánica denominada Formación Ereo del Cretácico inferior.

Tambogrande está clasificado como sulfuro masivo volcanogénico máfico bimodal de Cu-Zn-Au debido a que la mineralización está relacionada con el emplazamiento de domos de composición dacítica dentro de una roca encajante volcánico basáltico (Tegard et al., 2000; Ríos, 2004).

Incialmente fue catalogado y estudiado como un depósito volcánico exhalativo submarino del tipo Kuroko (Injoque, 1978; Tumialán, 2003) o como un depósito de Cu-Zn-Ag pirítico (Cardozo u Cedillo, 1990). Fue considerado luego como un SMV de tipo Chipre (Injoque y Aranda, 2005), y finalmente definido como sulfuros masivos volvanogénicos tipo Tambogrande (Cu-Zn), de gran tonelaje, asociadas a domos dacíticos y en un ambiente distensivo (Ríos, 2004), considerándolo como uno de los pocos depósitos de este tipo con 100 MT (Winter y Tosdal, 2004), y con contenido promedio de Au y Ag más alto que en otros SMV.

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. Este cuerpo fue descubierto en 1979, en base a la identificación de unas anomalías geofísicas 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 acompañada 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 un espesor de 300 m. Este depósito es más profundo y está localizado a 500 metros al sur de TG1. 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 las márgenes de domos dacíticos. Los sulfuros masivos están intercalados con basaltos, dacitas volcanoclásticas y en menor medida rocas sedimentarias, indicándonos que la mineralización ocurre en el piso marino.

Los cuerpos mineralizados también muestran un zoneamiento mineralógico que varía desde núcleos de pirita masiva, con reemplazamiento basal de cobre, seguidos de zonas de calcopirita diseminada con contenidos de calcocita-covelita, hasta zonas con esfalerita-tenantita (Tegart et al., 2000). Los mayores contenidos de oro están principalmente 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-piritacalcita, 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 varios análisis de datación en el Cretáceo, como las dataciones en zircón en U-Pb que dieron 104.8 ± 1.3 Ma (Winter, 2008). Asimismo, existe una datación de 165 ± 17 Ma (Ryan Mathur; citado en Ríos, 2004) sobre piritas del yacimiento TG1, mediante el método Re-Os, y analizada en la Universidad de Arizona.

Se tiene conocimiento de haberse llevado a cabo 106 pozos o taladros de perforación con un total de 28,782 m perforados de 60,000 m, para confirmar la existencia de recursos minerales adicionales que se vinculaban con el proyecto. Los recursos

calculados en el cuerpo TG1 indican 64 millones de toneladas con 1.7 % de Cu, 1.4 % de Zn, 0.7 g/t de Au y 31 g/t de Ag (Tegart et al., 2000)

En el Cuadro 5.2 se muestra los sondajes, tonelajes y leyes del depósito TG1 reconocidos por la Manhattan Minerals Corporation.

Cuadro 5.2. Tonelaje y leyes de los depóstos de Tambogrande. (Manhattan Minerals Corporation 2004, citado en Winter y Tosdal, 2004).

CUERPO	№ de Sondajes	TM en millones	Cu %	Zn %	Au g/t	Ag g/t
TG1 óxidos	357	7 964			3,6	62
TG1 sulfuros	357	56 156	1,6	1	0,5	26
TG3 sulfuros	53	82	10	1,4	0,8	25
B5 sulfuros*	14	100				



Fotografía 5.1: Yacimiento de Sulfuros Masivos Volcanogénicos localizado sobre el poblado de Tambogrande, y anomalías gravimétricas de los sectores TG1 y TG3. Figura 5.1a: Figura de la imagen geofísica tomada (Web: Manhattan Minerals Corp.).



(*) Un sondaje en B5 cortó 53 metros con 4,6 % Cu y 17 gramos de plata, mientras que otro cortó 86 metros con 2,7 % de cobre y 19 gramos de Ag (Manhattan Minerals Corp., comunicado de prensa del 19 de julio de 2004),

Figura 5.2: Sección del Depósito TG1-Tambogrande (Manhattan Minerals Corp., información del 19 de julio de 2004).



Figura 5.3: Modelo genético de la relación oro/xona de óxidos del Depósito TG1 (Modificado de Franklin, 2001).



Fotografía 5.2: Muestra de Gossan. Depósito TG1.



Fotografía 5.3: Conglomerado TG1. Piso oceánico.



Fotografía 5.4: Pirita masiva en los conductos de fluidos.



'9TG1-8 190.4

Fotografía 5.5: *Stockwork* cuarzo-pirita (en Footwall o piso del sistema SMV).





Fotografía 5.6: Alteración cuarzo-epidota intercalada con lava máfica.





Fotografía 5.8: Sección pulida de muestra de TG1 (Tambo Grande).



Fotografía 5.9: Sección pulida de muestra de TG1, mostrando los minerales de mena como calcopirita (Cpy) y esfalerita (Esf).

DEPÓSITOS DE SULFUROS MASIVOS VOLCANOGÉNICOS PB-ZN-CU: TIPO KUROKO

Los depósitos polimetálicos de SMV del tipo Kuroko se formaron por la descarga de los sistemas hidrotermales submarinos

asociados con estructuras del tipo caldera (Pirajno, 2009). 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 volcanosedimentarias del Cretácico inferior a superior, denominada Formación La Bocana (véase Figura 4.4 del capítulo de estratigrafía).

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 algunos por sondeos diamantinos.

En el sector de Tomapampa e Higuerón se registraron fósiles como gimnospermas del género *Cycadeoidea sp.* y ammonites del género *Mortoniceras cf. Marrecacia Maury*, que indican una edad del Albiano-Cenomaniano (Reyes y Caldas, 1987) para 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 SMV del Grupo Zn-Pb-Cu se mencionan: Cerro Colorado, El Papayo y Potrobayo, Miraflores, Tejedores, Higuerón, Guitarras, La Bocana, La Saucha y Huasimo; algunos de estos depósitos han sido definidos como «ventanas exhalativas» (Injoque, 2000). En la Figura 5.6 se presenta un diagrama ternario de las composiciones metálicas de los depósitos SMV más representativos de la cuenca Lancones, utilizando los datos del Cuadro 5.1.

Entre los depósitos de SMV tipo Kuroko destacan los siguientes:



Figura 5.4: Esquema de mineralización-alteración de los depósitos tipo Kuroko de la cuenca Lancones (modificado de Rios, 2004).





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 msnm.

El afloramiento exhalativo-volcánico Cerro Colorado está emplazado en secuencias 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. Con relación a las lavas dacíticas, se observan domos alineados en dirección NNE-SSO.

La Cía. 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 estos se habrían depositado a los lados de la ventana exhalativa (Ríos, 2004).

En el prospecto hay 4 ventanas exhalativas, Cerro Colorado, Papayo, Revolcadero y Recodo. Estas ventanas se reconocen por la alteración hidrotermal, consistente en argilizaciones y cuarzosericita, así como por 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 relación con un posible origen de intrusiones tardías.

Dentro del área de Cerro Colorado se ha identificado alteraciones hidrotermales como argílica y fílica (sílice–sericita), con presencia de brechas con matriz de óxidos y baritina sedimentaria.

Además de estos depósitos, se sabe de la perforación en 3 prospectos, uno de ellos es Carrizalillo, al norte del Papayo, que resultó ser un diseminado de pirita-magnetita al contacto con una diorita.

EL PAPAYO

Es un prospecto de mineralización tipo sulfuro masivo volcanogénico. Está ubicado en las inmediaciones del distrito de Tambogrande, provincia de Piura, departamento de Piura. Las coordenadas centrales de este prospecto son 593109 E y 9467610 N, zona 17.

Pb Au As Cu Mo Zn Ag Muestra Este Norte Nombre de roca ppm q/t ppm ppm ppm ppm ppm 0.005 Pórfido cuarcífero Cac -101 9 500 475 0.5 469 590 355 5 15 9 14 5 15 Pórfido cuarcifero Cac -102 590 315 9 500 445 0.005 0.5 4 1 6 4 5 14 Veta 9 500 340 0.016 0.5 5 3 433 21 Cac -103 590 200 9 500 275 19 300 22 Veta Cac -104 590 080 0.69 1.2 245 46 5 Veta 9 500 265 0.005 0.5 3 1 303 5 Cac -105 590 260 6 Veta 0.5 330 83 Cac -106 589 810 9 500 210 0.024 292 737 220 Veta 0.006 0.5 5 11 516 Cac -107 590 990 9 500 560 2 4 5 Veta Cac -108 590 475 9 500 650 0.006 0.5 7 402 2 5 Cac -109 9 500 440 0.022 0.7 410 1 4 4 2 91 881 Veta 589 690 4 Cac -110 589 715 9 500 425 0.27 17.9 566 1 1 7 0 9 648 725 Veta Cac -111 591 035 9 500 435 0.005 0.5 5 18 2 629 5 Granito 8

Cuadro 5.3 Contenido metálico de las muestras de Cerro Colorado



Fotografía 5.10: Ventana exhalativa de tipo SMV en el depósito Cerro Colorado.



Fotografía 5.11: Dacitas en el área de Cerro Colorado.

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 fílica (sílice-sericita) con presencia de brechas con matriz de óxidos y baritina. Estas áreas han sido trabajadas anteriormente para explotar baritina.

En Papayo se ha reportado 4 sondeos diamantinos ejecutados por BISA, con un total de 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.

En los estudios mineragráficos se ha identificado mineralización de sulfuros como pirita, calcopirita y esfalerita, así como algunos sulfatos como digenita (Fotografías 5.12 y 5.13).



Fotografía 5.12: Papayo. Domos dacíticos alineados en dirección NNE-SSO. EL PAPAYO



Fotografía 5.13: En la fotografía se observa pirita (*Py*) y calcopirita (*Cpy*), y desarrollo de digenita (*Dig*) en los bordes de la calcopirita.



Fotografía 5.14: Se observa un mineral de esfalerita (*Esl*) y minerales de pirita (Py) con algunas pequeñas inclusiones de calcopirita (*Cpy*).

LA COPA - HIGUERÓN

Los afloramientos exhalativos volcánicos La Copa-Higuerón-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 msnm.

Está emplazado en el nivel medio de la Formación La Bocana. La secuencia estratigráfica consiste de un nivel inferior compuesto de andesitas y basaltos almohadillados, que se observan en pequeños afloramientos en el río Quiroz; el nivel medio de esta formación consiste de calizas, limoarcillitas y areniscas, intercaladas con lavas dacíticas, en parte hialoclásticas y almohadilladas, y tobas ignimbríticas dacíticas y andesíticas.

El nivel superior es el más expuesto, consiste de lavas andesíticas vacuolares y silíceas, tobas de la misma composición y sobre estas en discordancia, aglomerados andesíticos y lavas andesíticas de la Formación Lancones. Esta formación está cortada por numerosos diques andesíticos, orientados en dirección NE-SO. 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 que se observa en esta zona presenta otras 5 ventanas exhalativas, entre las más conocidas y estudiadas destacan la ventana exhalativa Rinconada y otras tres ventanas en el cerro Pichichaque, en las coordenadas 607875 E y 9495680 N, altitud de 1154 msnm. Se tiene conocimiento de valores anómalos de Au, Cu, Pb, Zn comprobados por estudios realizados por 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 realizó en la cuenca Lancones el *joint venture* BHP y Buenaventura en 2001.



Fotografía 5.15: Afloramiento de sílice ferruginoso.



Fotografía 5.16: Vista al noreste de Higuerón.



Fotografía 5.17: Vista parcial de La Copa. Afloramiento silicificado y oxidado.

LA SAUCHA

El prospecto La Saucha está localizado en el caserío del mismo nombre, distrito de Suyo, departamento de Piura, al noreste de la cuenca Lancones (Hoja 10-C Las Lomas).

Es un prospecto de SMV aún en estudio. En una primera campaña de exploración llevada a cabo por la Cía. de Minas Buenaventura en la década de 1990 se consideró un prospecto de SMV. Actualmente está en manos de la Cía. Quippu Exploraciones que está preparando una serie de estudios, incluyendo estudios geofísicos.

De acuerdo a la geología local del mencionado prospecto, se ubica en la transición de la Formación La Bocana y la Formación Lancones. De acuerdo a la roca encajonante, los gossan coindicen con la estratigrafía y la posición de domos félsicos y tobas de composición dacítica con anomalías de Cu, Pb, Ba y Ag. Otros estudios que han realizado otros autores, comprendiendo parte de esta área, y que se realizan hasta ahora, lo caracterizan como:

- a. Stockwork mesotermal Au, Ag (Cu, Pb, Zn).
- b. Posible IOCG Cu, Au (Ag, Pb, Zn).

Estos estudios se basan en que las tobas y volcanoclásticas subaéreas no guardan relación con la mineralización de SMV asociada a los volcánicos submarinos del Cretáceo inferior, es decir, una mineralización mesotermal asociada a las vetas de Au que se localiza en todo el distrito de Suyo. El muestreo geoquímico presenta leyes aproximadas de 1 g/T de Au.

Los minerales de mena de cobre y zinc identificados en los estudios mineragráficos son covelita (Fotografía 5.21), esfalerita (Fotografía 5.22) y malaquita; también hay óxidos de Fe como hematita (Fotografía 5.20).



Fotografía 5.18: Prospecto La Saucha. Mineralización con leyes de Au, Ag y óxidos. Fotografía de A. Rios.



Fotografía 5.19: Prospecto La Saucha. Gossan con valores de Au, Ag y sulfuros lixiviados. Fotografía de A. Rios.



Fotografía 5.20: Se observa hematita (*Hm*) que ha reemplazado totalmente un sulfuro anterior (probablemente pirita).



Fotografía 5.21: Se observa covelita (Cov) acompañada de pirita (Py)



Fotografía 5.22: En la fotografía se observa la mineralización de esfalerita (*Est*) acompañada de pirita (*Py*), en una ganga de cuarzo (*Oz*).

POTROBAYO

Se ubica al oeste del poblado de Las Lomas, entre los cerros Algodonal y La Mina. Se encuentra en las coordenadas UTM 575360 E y 9493777 N, zona 17, cuadrángulo 10-C. 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.

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 volcanoclásticas, con algunos horizontes de limonitas y secuencias de ignimbritas traquíticas. Mientras que la secuencia superior consiste de intercalaciones de lavas andesíticas y tobas dacíticas, que gradan al tope a lahares andesíticos.

En algunos sectores, las secuencias volcano-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 de Potrobayo.

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 sericíticos y hacia la periferia zonas epidotizadas. En la parte central del yacimiento Potrobayo se presentan brechas de sílice-pirita-hematina, extendidas discontinuamente a lo largo de 4000 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.

En este yacimiento la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A ha realizado exploraciones geofísicas gravimétricas y magnetométricas, definiendo zonas anómalas hasta de 0.5 mgals, que podrían estar asociados a cuerpos de sulfuros masivos hasta de 10 millones de toneladas a profundidades de 200 a 300 m. Tiene como recursos indicados 0.25 Mt con 0.60 % Zn y 0.16 % Pb

Muestras	Este	Norte	Au g/t	Ag ppm	As ppm	Fe %	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	Zn ppm	Nombre de roca	
Ptby-101	576 460	9 495 070	0,05	0,5	10	>10,0	133	14	28	34	Gossan	
Ptby-102	576 495	9 495 080	0,05	0,5	99	>10,0	530	18	77	56	Gossan	
Ptby-103	576 465	9 495 070	0,05	0,5	17	>10,0	157	9	33	45	Gossan	
Ptby-104	576 420	9 495 090	0,05	0,5	8	>10,0	228	8	70	33	Gossan	
Ptby-106	576 165	9 495 170	0,05	0,5	29	>10,0	720	24	67	57	Veta	
Ptby-107	576 045	9 495 130	0,05	0,5	19	>10,0	282	13	35	68	Gossan	
Ptby-108	576 390	9 495 130	0,05	0,5	18	>10,0	75	32	74	38	Veta	

Cuadro 5.4. Valores de la concentración de metales en el sector de Potrobayo



Fotografía 5.23: Depósito de sulfuros masivos volcanogénicos Pb-Zn-Cu, Potrobayo-La Bocana.



Fotografía 5.24: Sección pulida del depósito de sulfuros masivos volcanogénicos Pb-Zn-Cu, Potrobayo-La Bocana. Se observan cristales aciculares de magnetita (*Mg*) acompañados de otros óxidos de Fe. Parte izquierda en nicoles paralelos, en la derecha en nicoles cruzados.

Es un prospecto de mineralización tipo sulfuro masivo volcanogénico. Se ubica en la vecindad del pueblo de Somate, distrito de Tambogrande, provincia y departamento de Piura.

Fue descubierto por estudios geofísicos realizados por la Cía minera North S.A. en *joint venture* con Cía de Minas Buenaventura. Se tiene conocimiento de estudios de geofísica de aeromagnetometría en el norte y oeste de las cercanías del yacimiento de Tambogrande, presentando características de un cuerpo de sulfuros masivos.



Fotografía 5.25: Indicio de mineralización tipo SMV. Óxidos de Cu y Fe en mantos.

TOMAPAMPA

Se encuentra ubicado en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca. Las coordenadas centrales son 604613 E y 9491670 N, zona 17, una altitud de 390 msnm. En Tomapampa, la mineralización 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 secuencia estratigráfica está conformada por un nivel inferior de andesitas y basaltos; seguidamente se observa secuencias sedimentarias como calizas, limoarcillitas y areniscas, intercaladas con lavas dacíticas e ignimbritas dacíticas.

El nivel superior es el más expuesto y consiste de lavas vacuolares y tobas andesíticas. En los niveles volcánicos dacíticos hay intrusiones de domos de similar composición. Por otro lado, toda la secuencia volcano-sedimentaria es cortada por numerosos diques andesíticos orientados en dirección NE–SO.

Las alteraciones hidrotermales se restringen a un área de 500 x 500 m y están conformadas por pequeños núcleos fílicos (sílice-sericita-

óxidos) y extensos halos propilíticos (cloritas-zeolitas-haloisita). Las zonas con alteración fílica-óxidos contienen relictos de pirita, calcopirita y esfalerita. Algunas de ellas cortadas por venillas subparalelas de cuarzo, con orientación preferencial de 355° y buzamiento 70° al NE.

La mina Tomapampa (Pacazo) es la mejor reconocida. Es un área de alteración argílica de 500 m. de diámetro, consistente 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 y esfalerita, con contenidos menores de calcopirita y galena.

En este prospecto se han realizado 6 trincheras, 5 sondajes diamantinos (932 m) y un túnel de aproximadamente 300 m de longitud. Se sabe que 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) se reportó 1.7 g/t de Au.



Fotografía 5.26: Tomapampa. Removilización de sulfuros.



Fotografía 5.27: Tomapampa. Labor de exploración minera.



Fotografía 5.28: Tomapampa. A 15 m comienza el nivel enriquecido. Se observa una alteración argillica.



Fotografía 5.29: Tomapampa. Covelita, malaquita, calcantita, atacamita, cuprita, calcosina.



TOTORAL

Se ubica al sureste de Las Lomas, en las coordenadas centrales 589850 E y 9461500 N, en el lugar denominado Cerro Totoral. La evidencia es un sombrero de fierro similar a los que se encuentran en Tambogrande y Potrobayo, cuyas dimensiones promedio son 350 x150 m. Los indicios de mineralización consisten en pirita y calcopirita asociadas con baritina. Se presentan en forma de cuerpos tabulares pequeños, emplazados igualmente en rocas volcánicas cretáceas. Algunos de estos indicios son trabajados por la minería artesanal.



Fotografía 5.30: Indicios de mineralización (SMV) que consisten en pirita y calcopirita asociadas con baritina.

PÓRFIDOS DE COBRE-MOLIBDENO (Cu-Mo)

Dentro del estudio de la metalogenia de la Deflexión de Huancabamba, destacan los pórfidos de Cu-Mo que están relacionados a intrusiones múltiples ácidas a intermedias asociadas al Batolito de la Costa. Asimismo, epitermales de Au-Ag y skarn de Fe se vinculan también a estos sistemas hidrotermales. Entre los yacimientos tipo pórfido de Cu-Mo localizados dentro de la cuenca Lancones se mencionan a los pórfidos Chancadora, Orquetas, Lagartos, Cascajo Blanco, entre otros.

En el extremo oriental de la cuenca Lancones, (Cordillera Occidental) afloran rocas volcánicas cenozoicas que sobreyacen sobre rocas mesozoicas. Las rocas volcánicas tienen una edad Miocénica inferior a media y se denomina Formación Llama, que está compuesta de rocas lávicas y piroclásticas de composición andesítica, y la Formación Porculla del Cenozoico inferior a medio, compuesta por tobas ácidas que prácticamente cubrieron gran parte de la Cordillera Occidental.

Este conjunto volcánico es contemporáneo y de composición similar a los volcánicos que ocurren en Cajamarca, que albergan depósitos diseminados epitermales de alta sulfuración como Yanacocha, La Zanja, Tantahuatay así como depósitos porfiríticos de cobre con oro o molibdeno, tal como existe en los depósitos cercanos de La Granja, Michiquillay, Minas Conga, Cerro Corona y Galeno. A la fecha se ha identificado el depósito porfirítico Río Blanco que tendría relación con este evento de mineralización.

Entre los depósitos tipo pórfidos (Cu-Mo) se mencionan los siguientes (en orden alfabético):

CASCAJO BLANCO (Mo-Cu)

El pórfido de Cu-Mo se ubica al norte del distrito de Las Lomas, en las coordenadas centrales 590828 E y 9499850 N.

Cascajo Blanco es un granito blanco rosado de grano grueso, con abundantes vetillas reticulares de cuarzo hialino y gris. Predomina la alteración potásica, así como una débil presencia de cuarzo y sericita. El pórfido intruye a la Formación La Bocana en su fase sedimentaria. Muestreos referenciales muestran anomalías de cobre y molibdeno.

Hay evidencias de afloramientos silíceos (pórfido cuarcífero) y granito con textura porfíritica, pirita fina y diseminada, venillas de Ox.Fe y trazas de Mo. El cuerpo intrusivo presenta un sistema de fracturas con rumbo N10E y E-W. Se observa silice I, II.

Se observa asimismo *stockwork* con venillas de cuarzo (qz), milimétricas venillas de sílice gris y multidireccionales y venillas de sulfuros lixiviados, py diss y Ox.Fe rellenando oquedades.

Asimismo, se observa brecha hidrotermal silicificada, con minerales de pirita (py) fina, venillas de Ox.Fe, clastos de silice II, boxwork de pirita lixiviada. Además, se observan vetas polimetálicas de 1 mt con Ox.Fe 15%, venillas de sílice gris, hematita, especularita.

Se han realizado estudios de exploración en este depósito, con resultados anómalos de Cu-Mo. Los resultados de las muestras han dado como evidencia valores de 1400 ppm Cu, 2600 ppm de Mo y 4.5 ppm de Ag (Informe Interno de Buenaventura, 2002).

CURI-LAGARTOS (Cu)

Se encuentra ubicado entre la localidad de Lagartos y la quebrada La Huanta, a 30 km al sur del distrito de Lancones. En las coordenadas 566712 E y 9479604 N, altitud de 199 msnm.

La geología del stock Lagartos son dioritas y tonalitas. Colidante al área de Lagartos se encuentran rocas volcánicas del tipo andesitas granulares o porfídicas y dacitas.

Las aplitas y pegmatitas observadas son rocas derivadas del magma que dieron lugar a dioritas y tonalitas del stock Lagartos, en donde las rocas plutónicas granulares presentan contactos porfiríticos.

Existen vetas de corto alcance con cuarzo, arcillas, sericita y óxidos de fierro, manganeso y cobre localizadas en la zona. Los diques y vetas muestran un lineamiento estructural dominante de 30°; y otro

menor de dirección NO-SE. Las zonas con *stockwork* incipiente igual que las vetas arriba mencionadas son las áreas coincidentes con las anomalías de Cu-Au-Mo.



Fotografía 5.31: *Stockwork* de venillas de sílice, con presencia de venillas de ortosa, escasa presencia de sericita. Valores anómalos de Cu y Mo.



Fotografía 5.32: El pórfido Cascajo Blanco presenta alteración marginal de adularia-sericita-illita. Predomina alteración potásica, así como débil presencia de cuarzo y sericita. *Stockwork* (1).

Las anomalías geoquímicas delimitadas son altas en Cu-Au-Mo y no necesariamente coinciden con las vetas observadas. En todo caso, pueden representar la posible existencia de un yacimiento de cobre diseminado en profundidad.

En el stock Lagartos se han diferenciado las siguientes alteraciones hidrotermales hipógenas: argilización, fílica, potásica, propilítica, cloritización, sericitización, piritización y epidotización. Estas alteraciones nos indican un sistema porfirítico. La alteración de sílice-sericita (fílica) es débil y consiste en núcleos rodeados por extensos halos de alteración propilítica cortados por venillas con óxidos. Las alteraciones descritas afectan a un stock granodiorítico.

En lo concerniente a deducciones petrológicas, los volcánicos tuvieron un enfriamiento en profundidad y muy rápido en el fondo marino. Los intrusivos correspondientes al stock Lagartos (dioritatonalita) tuvieron un prolongado enfriamiento salvo los bordes porfídicos, que tienen evidencias de un enfriamiento más rápido (rocas encajantes frías). El zoneamiento de las plagioclasas en las rocas porfídicas indica falta de homogenización por el enfriamiento poco prolongado.

Los diques de dacita y andesita se emplazaron cuando el stock se encontraba frío y se había levantado y erosionado parcialmente, originando un enfriamiento rápido.

La compañía BHP Billiton en *joint venture* con San Ignacio de Morococha realizó dos trincheras reportando débiles valores anómalos en Cu (200 a 908 ppm) y Mo (17 a 117 ppm). Se reportaron 6 sondeos diamantinos exploratorios, sin resultados de valores económicos.

El Sector Curi se encuentra ubicado entre la localidad de Lagartos y la quebrada La Huanta, al sur del distrito de Lancones. Se encuentra vecino al stock Lagartos. En ese sector se observa la existencia de un pórfido de dacita responsable de la alteración y posible mineralización económica de cobre. Óxidos de cobre secundario ocurren dentro del stock y en contactos de volcánicos. Asimismo, colidan con el área lavas volcánicas alteradas de origen submarino con intercalaciones de rocas sedimentarias.

La alteración que predomina en el Sector Curi es la alteración sílice-sericita (fílica).

CHANCADORA (Cu-Mo)

Se ubica a 25 km al sur del distrito de Lancones, provincia y departamento de Piura; en las coordenadas centrales 556655 E y 9474148 N, con altitud de 119 msnm.

La alteración hidrotermal se extiende en un área de 300 m de largo por 300 m de ancho. Ocurre dentro de un granito rojo fuertemente cizallado a lo largo de un rumbo NO-SE. Destaca la presencia de fracturas con relleno de limonita con carbonatos de cobre y un entramado reticular de cuarzo.

Se observa venillas con trazas de calcopirita y bornita (Tipo A) y venillas con caras paralelas, calcopirita y molibdenita, calcosina y magnetita como remanente (Tipo B). Presenta valores anómalos de Cu (100-2000 ppm) y Mo (50-400 ppm).

Anteriormente el área se utilizó como cantera para obras de construcción.

Muestra	Este	Norte	Au g/t	Ag ppm	As ppm	Fe %	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	Zn ppm	Nombre de roca
Chanc-101	557 000	9 474 500	0,018	0,6	5	1,8	1 952	17	39	3	Granito
Chanc-102	557 000	9 474 500	0,017	0,5	7	2,1	4 200	21	30	20	Granito
Chanc-103	556 900	9 474 525	0,024	0,5	5	0,82	1 146	13	20	8	Granito
Chanc-104	556 910	9 474 655	0,19	2,7	16	>10,0	6 800	96	23	5 980	Granito
Chanc-105	556 920	9 474 675	0,36	2,3	61	>10,0	6 820	221	44	9 220	Granito
Chanc-106	556 875	9 474 685	0,076	2,9	7	8,99	6 820	131	21	>10 000	Granito
Chanc-107	556 895	9 474 700	0,058	2,4	10	3,16	1 406	57	15	2 820	Granito

Cuadro 5.5 Contenido metálico de las muestras de Chancadora


Fotografía 5.33: Vista panorámica de la quebrada Lagartos (1), y el Stock Lagartos y al sur el Stock Curi (2).



Fotografía 5.34: Tonalita del Stock Lagartos. La geología de este stock comprende dioritas, tonalitas, dacitas y andesitas granulares o porfídicas.



Fotografía 5.35: Alteraciones hidrotermales hipógenas de naturaleza variable como: argilización, arcillas indiferenciadas, fílica, cuarzo sericita, potásica: muscovita + biotita, propilítica, cloritización y sericitización con vetas que atraviesan el stock.



Fotografía 5.36: El Sector Curi se compone de lavas volcánicas alteradas de origen submarino con intercalaciones con rocas sedimentarias.



Fotografía 5.37: Pórfido cuarzodioritico intruido por granito. Se presentan fenocristales de plagioclasas alterados por sericita, cloritas y epidotas (PGLs-ser-CLOs-ep) en matriz constituida por plagioclasas, cuarzo y anfíboles (PGLs-cz-ANFs). Nicoles cruzados.



Fotografía 5.38: Vista panorámica del pórfido Cu-Mo Chancadora. Granito rojo fuertemente cizallado a lo largo de un rumbo NO-SE.



Fotografía 5.39: Pórfido Chancadora. Stock granítico de 300 m x 300 m. Fuerte *stockwork* con mineralización de óxidos de cobre.



Fotografías 5.40 y 5.41: Pórfido Chancadora. *Stockwork* de venillas de sílice, fuertemente cizallado con mineralización de calcopirita, molibdenita, calcosina y magnetita como remanente

EL PÁRAMO (Cu-Mo)

Se ubica aproximadamente a 25 km al noreste del poblado de San Felipe, capital del distrito del mismo nombre, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, en el cuadrángulo de Pomahuaca (12-e) y en las coordenadas UTM 698569 E y 9367990 N. Se accede por la carretera que va de Olmos a Corral Quemado, de donde sale un desvío al distrito de San Felipe y luego hacia el este, donde se ubica el depósito de El Páramo.

En la zona de estudio se ha reconocido las siguientes unidades estratigráficas: Grupo Salas de filitas argiláceas, intercaladas con cineritas verdes y cuarcitas de grano fino. La Formación Oyotún compuesta de lavas andesíticas y porfíricas gris verdosas; mientras que el Grupo Calipuy presenta bancos masivos de brechas piroclásticas y lavas andesíticas. También sobresale en la zona el Intrusivo de Rumipite; descrito como una tonalita gris leucócrata de grano medio, biotita en cristales subhedrales y hornblenda subhedral. Asociados a este cuerpo se ha encontrado rocas porfíricas intrusivas andesíticas. En general, en todo este sector afloran rocas intrusivas, volcánicas y metamórficas, además tufos calcáreos de grano medio, bastante permeables, que han permitido la mineralización en fracturas y diseminaciones. Asociadas a este cuerpo se han encontrado rocas porfíricas intrusivas andesíticas.

Entre las rocas intrusivas se observan geométricamente cuerpos de 1.50 m. Los contactos del intrusivo con las otras rocas presumiblemente volcánicas han generado silicificación. Sin embargo, en las zonas más distales se obseva una fuerte propilitización. Las vetillas llegan a alcanzar 50 cm de espesor. Hay también minerales de cobre y cuerpos alargados de magnetita masiva en la parte alta de los cerros Chorro Blanco. La mineralización consiste de sulfuros de cobre (calcopirita) y de molibdeno en un stock monzonítico (Intrusivo Arabisca-Pomahuaca).



Fotografía 5.42: Lavas andesíticas negras con sulfuros de Cu (calcopirita) y Pb (galena) en vetillas finas (El Páramo).



Fotografía 5.43: Lavas andesíticas con fuerte propilitización (El Páramo).

LA CONQUISTA (Cu)

Se ubica en el paraje de Peña Verde del distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba, departamento de Piura. Se localiza en las coordenadas UTM 716471 E y 9442559 N. A una altitud de 2000 msnm. El acceso es desde Olmos por una carretera afirmada de 81 km, hasta la localidad de Tambo sobre el río Huancabamba, desde ahí se sigue por un camino de herradura río arriba.

El área presenta una geología donde predominan filitas con presencia de derrames volcánicos y rocas intrusivas porfíriticas. Se observa en esta área una mineralización de calcopirita diseminada que se encuentra rellenando plegamientos y fracturas, cuya orientación promedio es 265° y con buzamiento vertical. En la geología estructural se observa fallas y pliegues producidos por la orogenia andina.

LA HUACA (Cu-Mo)

Se ubica a 4 km al sureste del pueblo de Sallique, en el cuadrángulo de Pomahuaca y localizado en las coordenadas UTM 688545 E y 9370509 N.

El área mineralizada presenta una forma irregular, con dimensiones promedio de 1.5 x 0.5 km. La mineralización se ha emplazado en rocas intrusivas y volcánicas del Cenozoico, las mismas que

muestran diferentes grados de alteración hipógena, asociadas con *stockwork* y brechas de colapso.

Los minerales primarios ocurren diseminados y rellenando fracturas junto al cuarzo, los cuales consisten en pirita, calcopirita y molibdenita como relleno de fracturas. Del mismo modo existen minerales de enriquecimiento supergénico (covelita, calcosita, digenita) y zonas de oxidación.

LANCHIPAMPA-EL MOLINO (Cu)

Ubicado en la esquina noreste del cuadrángulo de Ayabaca, entre las quebradas Samanquilla y Huayos. Sus coordenadas centrales UTM son 659767 E y 9489700 N.

Existen evidencias de intrusiones de composición andesítica con mineralización de pirita y pequeñas cantidades de calcopirita, tanto rellenando fracturas y microfracturas como diseminadas y asociadas con venillas de cuarzo, dentro de estas rocas andesíticas del Cenozoico.

Esta mineralización parece estar relacionada a intrusiones menores de andesitas y dacitas que contienen abundante pirita en proceso de limonitización, ocasionando la formación de un sombrero de fierro. No se descarta la presencia de pórfidos.

ORQUETAS (Cu-Au)

Se encuentra ubicado en la quebrada Salados, a 5 km al oeste del distrito de Las Lomas. Sus coordenadas centrales son 579087 E y 9485906 N.

En el año 1994, Minera Urumalqui (SIMSA) realizó los primeros estudios geológicos. Se reporta que la compañía minera Britania Gold (adquirida luego por BHP Billiton Tintaya) en *joint venture* con Cía de Minas Buenaventura, realizó en el año 2001 estudios geofísicos aerogravimétricos, detectando una anomalía en esta zona. Buenaventura realizó una campaña de perforación exploratoria que indicó leve diseminación y vetillas muy esporádicas de calcopirita.

Geológicamente la granodiorita Las Lomas (Cretáceo-Cenozoico) es intruida por el monzogranito Peña Blanca (Cretáceo-Cenozoico). El stock granodiorítico es de color blanco-gris, de grano grueso con fenocristales de plagioclasa blanquecina entrelazadas y hornblendas tabulares cloritizadas, y algunos cristales de biotita.

La Tonalita Blanca (Cretáceo-Cenozoico) es en realidad una tonalita gris blanquecina de grano medio, consiste en fenocristales de plagioclasa (andesina), cuarzo euhedrales e intersticial. Hornblendas con cristales tabulares porfídicos, al parecer subordinadas con inclusiones de minerales opacos, este último en asociación con esfena dendríticas. Los minerales secundarios son: sericita, arcillas, actinolita, cloritas, epidota, limonita y calcita.

La alteración hidrotermal (serícitica) que circunda al stock granodiorítico se extiende aproximadamente entre 1000 m y 700 m. En superficie hay fracturas rellenas de óxidos y una alteración argílica. Es una de las mayores alteraciones situadas en la parte central del Complejo Plutónico de Las Lomas.



Fotografía 5.44: La Huaca (Cu-Mo). Las mineralizaciones de yeso ocurren diseminadas y rellenando fracturas.

Se reporta muestras de hasta 5.39 gr/t de Au y 5.71 % Cu. Actualmente, Dana Resources desarrolla estudios geológicos. No se descarta que estos valores le correspondan a una veta.

PALTASHACO (Cu)

Se encuentra ubicado en las siguentes coordenadas UTM 740050 E y 9391631 N. En las proximidades del pueblo de Paltashaco (hoja de Morropón) se ha identificado intrusiones de composición andesítica y dacítica con mineralización de pirita y pequeñas cantidades de calcopirita, esfalerita y galena, ocurriendo como venillas y diseminaciones en cuerpos.

Se evidencia la presencia de diques que cortan a rocas metamórficas del Paleozoico inferior (pizarras y filitas). No se descarta la presencia de un posible pórfido en este sector.

PEÑA VERDE

Se ubica a 4 km al este de Sallique, en el cuadrángulo de Pomahuaca, localizado en las coordenadas UTM 688003 E y 9374566 N.

La geología del área se caracteriza por intrusiones tonalíticas y diques de andesitas porfiríticas. La roca caja es predominantemente lutitas, calizas y volcánicos del Cretácico. Tiene semejantes características con los yacimientos El Páramo y La Huaca que se encuentran en áreas vecinas.

Los minerales de mena son: pirita y calcopirita, tanto en forma diseminada como en vetillas. Se observa una intensa silicificación acompañada de alteración propilítica y argilítica moderada, destacando una zona de limonitas cuya dimensión promedio es 400 m x 400 m.

RÍO BLANCO (Cu-Mo)

El Proyecto Río Blanco se ubica en el distrito de El Carmen de La Frontera, provincia de Huancabamba, en plena ceja de selva de la Región Piura. El territorio pertenece a la Comunidad Campesina de Yanta. El depósito se encuentra en la parte inferior de los Andes (2200-2800 msnm), cerca de la frontera con Ecuador.

Fue descubierto en 1994 a través de los trabajos de reconocimiento regional realizados por Newcrest Mining de Australia. Monterrico adquirió la propiedad en 2001, y después de un programa de perforación negoció la adquisición del proyecto en 2003.

Geológicamente, el proyecto Río Blanco se emplaza en dos unidades principales: el Intrusivo Portocello y metasedimentos silíceos del Paleozoico. El Intrusivo Portocello se compone de granodiorita y es parte de una secuencia de batolitos cenozoicos que caracterizan el sur de Ecuador y el norte del Perú. El intrusivo intruye los metasedimentos tectonizados (filitas, cuarcitas y gneises) del Paleozoico.

El sistema de pórfido de Río Blanco es un complejo de múltiples fases intrusivas. El pórfido tiene un núcleo de cuarzo (expuesto en la quebrada de Majaz). Un amplio desarrollo de la brecha ígnea está presente en el complejo del pórfido; parece que se ha formado alrededor de los márgenes de los pórfidos de cuarzo. Esta brecha ha posibilitado un mejor grado de mineralización de cobre en la Colina de Henry. Al norte de la quebrada de Majaz hay una extensa zona de brechas freato-magmáticas. La alteración dominante en Río Blanco es una zona de fílica enorme, de unos 5 km² de superficie, con evidencias de una zona potásica sobreimpresa. La alteración fílica en Río Blanco no es típica de los sistemas de pórfidos y es intensa. El contenido de pirita es bajo para una zona de alteración fílica. Ver fotografías 5.53 al 5.62.



Fotografía 5.45: Vista panorámica Prospecto Orquetas (Cu), ubicada a 5 km al oeste del distrito de Las Lomas (1). El stock granodiorítico es de color gris, de grano grueso con fenocristales de plagioclasa blanquecina y hornblendas tabulares cloritizadas y algunos cristales de biotita.



Fotografía 5.46: Monzonita porfídica, con alteración sericítica y presencia de óxidos de hierro.



Fotografía 5.47: Vista parcial donde se observa el intrusivo de granodiorita Las Lomas (1), cortado por dique andesítico con pirita diseminada (2).



Fotografía 5.48: Prospecto Orquetas. Estructura con alteración sericítica y fracturas rellenadas por óxidos de hierro (limonitas).



Fotografía 5.49: Vista del oeste del poblado Paltashaco.



Fotografía 5.50: Vista del poblado Paltashaco con el cerro de Pambarumbe II.



Fotografía 5.51: Vista panorámica de Paltashaco, del valle fluvial en forma de *v*, mirando hacia el poblado Ventolera



Fotografía 5.52: Vista panorámica de la inmediaciones de Peña Verde. Predomina lutitas, calizas y volcánicos del Cretáceo

Cuadro 5.6: Estimación de recursos geológicos en un corte de 0,4 % de cobre. Preparado por Snowden (marzo de 2006) para cumplir con las normas de JORC 2004 (Río Blanco)

Zanac	Clasificación	Toneladas	Cobre	Molibdeno
201185	CIASIIICACIUII	(Mt)	(%)	(ppm)
	Medido	71	0,88	150
Sunérgenos	Indicada	197	0,67	138
Supergenes	Inferido	90	0,57	113
	Subtotal	358	0,69	134
	Medido	75	0,57	317
Hinógena	Indicada	473	0,52	274
продена	Inferido	351	0,51	242
	Subtotal	899	0,52	265
	Medido	146	0,73	235
Total	Indicada	670	0,56	234
TOLAT	Inferido	441	0,52	216
	Total	1 257	0,57	228

Hay pruebas de la existencia de una amplia sobreimpresión de alteración argílica avanzada en Río Blanco. Los minerales diagnósticos son la caolinita y alunita (aunque no abundante). La alteración fílica de Río Blanco solo se extiende a una distancia limitada en el batolito de granodiorita (rara vez más de 100 m), dando lugar a la alteración propilítica poco desarrollada. Los límites conocidos de alteración hidrotermal y valores elevados de cobre en los sedimentos y muestras de rocas, indican que el sistema mineralizado puede tener una gran extensión hasta de 25 km².

La mineralización de cobre consta de calcopirita, covelita, calcocita y raras veces cobre nativo. Estos minerales se encuentran en vetillas y micro vetillas, con cuarzo y molibdenita, y también como diseminaciones relacionados con minerales máficos, como biotita y clorita. La cantidad de vetillas con cobre aumenta hacia el núcleo del pórfido, lo que hace rentable el depósito de Río Blanco. El pórfido no solo aportó cobre, sino molibdeno en cantidades económicas.

En los alrededores del depósito hay también cantidades elevadas, pero no económicas, de otros metales como oro, plata, zinc y plomo. Se encuentran en vetas polimetálicas hasta de 1.5 m de ancho. Estas vetas están fuera de la zona del recurso definido para la operación minera. El recurso que será minado tiene muy bajo contenido de estos metales. Así, los valores de cobre son muy bajos en la superficie y en los 30 m superiores. Sin embargo, por debajo de la capa lixiviada, el cobre se ha acumulado en un manto de valores elevados (más de 1 % cobre).

Edad del depósito Río Blanco: Mioceno Superior. Dataciones K-Ar de sericita (11.2 \pm 0.5 Ma) y biotita (10.4 \pm 0.4 Ma) (Andrew & Warren, 2005) hidrotermal.

Cuadro 5.7 Recursos de Río Blanco * Cu Equ.(%) = Cu+(Mo*6.2)

Ley de corte Cu%	Toneladas millones	Cu%	Mo%	Cu Equ.(%)*
0,7	145	0,89	0,03	1,08
0,6	284	0,77	0,03	0,96
0,5	697	0,64	0,029	0,82
0,4	1 250	0,55	0,026	0,71
0,3	1 924	0,48	0,022	0,62



Fotografía 5.53: Tonalita con alteración de arcilla-sericita.



Fotografía 5.54: Pórfido de feldespato y cuarzo - Río Blanco.



Fotografía 5.55: Brecha de turmalina - Río Blanco.

լիուլիսուիսպիսպիսպիսպիսպ



Fotografía 5.56: Brecha con molibdenita.



Fotografía 5.57: Veta de cuarzo y ortosa. feldespato



Fotografía 5.58: Tonalita - Río Blanco



Fotografía 5.59: Vetillas D. Halos de sericita



Fotografía 5.60: Brecha freato-magmática - Río Blanco



Fotografía 5.61: Muestra de veta de cuarzo con contenido de minerales de Pb y Zn.



Fotografía 5.62: Muestra del pórfido granodiorítico Río Blanco.

SAN JUAN (Cu)

Se ubica en el distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba, departamento de Piura, entre 700 a 1000 msnm. Se localiza en las coordenadas UTM 666168 E y 9391858 N. El acceso se realiza por vía asfaltada desde Piura hasta el desvío Huancabamba (60 km), y luego por carretera afirmada (82 km) hasta las localidades de Serran y Chiguia. Desde Chiguia se toma un camino de herradura de 15 km hasta llegar a la mina. La geología regional presenta una cubierta metamórfica de filitas y esquistos micáceos. Hacia la quebrada Lúcuma se observan rocas volcánicas alteradas, posiblemente un pórfido andesítico.

El pórfido andesítico presenta una mineralización visible en un pequeño lente en el fondo de la quebrada Lúcuma sobre el volcánico alterado. Los principales minerales que se observan son calcopirita, pirita diseminada y marmatita. La alteración que predomina es piritización.



Fotografía 5.63: Vista panorámica de Río Blanco (Cu-Mo).

TURMALINA (Cu-Mo)

Este yacimiento de Cu-Mo se ubica a 8 km al este del distrito de Canchaque, provincia de Huancabamba, cuadrángulo de Morropón, a 160 km al este de Piura. Se encuentra en las siguientes coordenadas UTM: 658449 E y 9407760 N. El acceso a la mina se realiza desde Piura hasta el cruce a Huancabamba y luego hasta la localidad de Canchaque. Está situada en un terreno bastante empinado, a una altura de 2700 msnm.

La mina fue explotada después de la Segunda Guerra Mundial como mina de molibdeno por la Cía. Minera Hochschild. La extracción de cobre se realizó hasta 1971 por la Cía. Minera Perla S.A. El yacimiento tiene acceso a cinco galerías en varias altitudes. La actividad minera se detuvo en 1998 como resultado de la caída del precio de cobre, sin embargo, no se descarta reservas de cobre a profundidad.

Geológicamente afloran rocas paleozoicas conformadas por filitas y rocas volcánicas de composición andesítica. Los intrusivos corresponden a dioritas y granodioritas del Batolito de la Costa. Se han reconocido fallas con dirección 310° y buzando 20° al SO, y otra de 170° con 25° al NO.

La estratigrafía de la mina Turmalina la sitúa en el Grupo Calipuy, conformada por bancos masivos de brechas piroclásticas y lavas andesíticas afíricas a porfíricas. También está el Grupo Salas conformado por filitas argiláceas, intercaladas con cineritas verdes y cuarcitas de grano fino, y el Intrusivo de Pambarumbe (Pomahuaca), que es básicamente un gran cuerpo de tonalitadiorita gris clara que tiene orientación N-S.

La morfología de la mina corresponde a vetas y a brechaschimeneas mineralizadas de fragmentos rocosos angulares de hasta 1 m. La columna de brecha estaá relacionada al intrusivo diorítico. La chimenea tiene la forma de cilindro angosto con un diámetro de 200 x 250 m en la parte superior, y alrededor de 150 x 150 m en la parte inferior. La mineralización fue desarrollada por el emplazamiento de un cuerpo extenso de tonalita.

Predomina la mineralización de Cu-Mo que se encuentra rellenando espacios vacíos y fracturas. La zona principal de mineralización tiene un ancho que varia entre 8 y 2 m, su longitud es de 120 m, y consta mayoritariamente de molibdenita. La mineralogía principal es calcopirita, bornita, molibdenita, pirita y arsenopirita en ganga de cuarzo; la turmalina se encuentra en la roca; y la esfalerita y wolframita se encuentran en menor proporción. La alteración que predomina es una fuerte silicificación y turmalinización. Las lavas andesíticas muestran una fuerte argilitización, propilitización y silicificación a la que se le ha sobreimpuesto una fuerte meteorización. En superficie el halo de alteración es intenso con piritización y silicificación.

En la misma Mina Turmalina, la veta cuerpo está conformada de turmalina y sulfuros como pirita, calcopirita y en las lavas silicificadas que muestran también se ven sulfuros diseminados como la pirita.

Destaca la gran variedad de especímenes de minerales que se han extraído en esta mina, sobretodo cristales de Sheelita encontrados en el año 1999 durante las últimas etapas de la actividad minera en el yacimiento. Asimismo, especímenes de minerales de apatita, calcopirita, molibdenita, sheelita, turmalina negra (shorlo) y vivianita (Fe3 (PO4)2*8(H²O).



Fotografía 5.64: Entrada a la Mina Turmalina. Tiene acceso a cinco galerías en varias altitudes. La actividad minera se detuvo en 1998 como resultado de la caída del precio de cobre, no se descarta reservas de cobre a profundidad.



Fotografía 5.65: Stock subvolcánico (1) que corta secuencia de lavas andesíticas silicificadas (2) en la mina Turmalina.



Fotografía 5.66: Vista panorámica de las relaveras de la mina Turmalina.



Fotografía 5.67: Turmalina. Se observa en las paredes del depósito minerales de malaquita y azurita. La veta cuerpo está conformada de turmalina y sulfuros como pirita, calcopirita y en las lavas silicificadas también se ven sulfuros diseminados de pirita.



Fotografía 5.68: Panizo argilitizado en la mina Turmalina.



Fotografía 5.69: Vista de la bocamina principal de la mina Turmalina.

DEPÓSITOS EPITERMALES (Au-Ag) y VETAS DE Au, Cu, Zn, Pb RELACIONADAS A INTRUSIVOS

Otro tipo de mineralización de gran importancia en la región Piura está representado por vetas de Au-Ag del tipo epitermal, localizados en toda la región, pero enfocados en el lado oeste de la cuenca Lancones. Asimismo, en esta franja también existen vetas hospedadas en los intrusivos, las cuales tienen contenidos de Au, Ag, Cu, Zn, +-Pb. Estas vetas se consideran como depósitos relacionados a intrusivos similares a los de la Franja Nazca-Ocoña del sur del Perú.

Las vetas de origen epitermal están hospedadas en las formaciones La Bocana y Lancones, y espacialmente están distribuidas sobre los pórfidos de Cu-Mo. Las vetas están conformadas por cuarzo, con una alteración marginal de adularia-sericita-illita, con texturas crustiformes y coloformes. Tienen orientación NE–SO y sus potencias varían desde 0.1 m hasta 3.0 m (INGEMMET, 2007).

Las vetas de origen epitermal de baja sulfuración presentan mineralogía de menas (principal y subordinada): pirita, electrum, oro, plata, argentita; calcopirita, esfalerita, galena, tetrahedrita, sulfosales de plata y/o seleniuros. Los depósitos están comúnmente zonados verticalmente en 250 a 350 m, siendo ricos en Au-Ag y pobres en metales base en el techo, gradando hacia abajo a una porción rica en plata y metales base, luego a una zona rica en metales base y en profundidad a una zona piritosa pobre en metales base. Desde la superficie hacia la profundidad las zonas de metal contienen: Au-Ag-As-Sb-Hg, Au-Ag-Pb-Zn-Cu, Ag-Pb-Zn.

Las vetas mineralizadas relacionadas a los intrusivos tienen dirección NE-SO y E-O, y presentan mineralizaciones de esfalerita y calcopirita, así como leyes de oro hasta de 98 g/t. Estos depósitos formarían parte de un segmento norte de la Franja IX del Mapa metalogenetico «Depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusivos del Cretácico superior-Paleoceno».

Los yacimientos más representativos de estas ocurrencias son Bolsa del Diablo, Alvarado, Chivatos, Algodonal, Alumbre, Naranjo, Pueblo Nuevo, Guitarras, Chiqueros, Calabazas, Pilares, Potrero y Suyo.

Entre los depósitos tipo Epitermales (Au-Ag) y Vetas De Au, Cu, Zn, Pb relacionadas a intrusivos, se mencionan los siguientes por orden alfabético:

DEPÓSITOS TIPO EPITERMAL (Au-Ag)

BOLSA DEL DIABLO

Se ubica a unos 34 km al norte de la ciudad de Las Lomas, dentro del distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura.

Las vetas están emplazadas en la Formación Lancones, y evidencia un sistema de baja sulfuración. La mineralización de Au-Ag se encuentra asociada a cuarzo, con óxidos y baritina.

Algunas muestras han dado valores de Au entre 45 g/t y 304 g/t, Ag (141 g/t) y de Cu (1,1 %). Actualmente el depósito es desarrollado por la Cía. Plexmar Inc. a través de su filial Minera del Perú SAC Chanchan, rodeados de abundantes trabajos de explotación artesanal.



Fotografía 5.70: Muestra de veta de óxidos Fe, Au, cuarzo. Au 45 g/t.



Fotografía 5.71: Bolsa de Diablo: Labores artesanales en vetas.



Fotografía 5.72: Indicios de depósitos epitermales en el sector Bolsa de Diablo.

JAMBUR

Se ubica en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, departamento de Piura. Las coordenadas UTM centrales son 9490800 N y 617800 E. Las labores se localizan en la parte central de la cuenca Lancones.

Las estructuras mineralizadas son vetas de cuarzo-oro de dirección NE-SO, hospedadas en secuencias volcánicas del Albiano-Cenomaniano y controladas principalmente por fallas NE-SO. El yacimiento está relacionado con los pórfidos del Cretáceo superior, constituido por intrusivos, granodiorita, tonalita con fuerte fallamiento y que han sido rellenados por epitermales de baja sulfuración. Otra alteración que predomina en el sector, además de la sericitización, es la epidotización con limonitización débil a moderada.

SECTOR JAMBUR									
Labores mineras	Coordena	das UTM	Altitud	Rumbo	Buz	Potencia			
	Este	Norte	(m)	Kumbo	Duz.	(m)			
Cascajal	617 852	9 490 624	300	N 65º E	55° SE	0,04			
Veta Chorrera	617 840	9 491 144	300	N 50° O	Sub vertical	0,15			

Cuadro 5.8 Coordenadas de ubicación de las labores mineras del Sector Jambur.

Cuadro 5.9 Síntesis de resultados de análisis químicos de la DRME por Loayza y Galloso (2008); INGEMMET

SECTOR JAMBUR										
Labor	Coordena	das UTM	Au	Ag	Cu	Мо	Pb	Zn	As	Dotallo
minera	Este	Norte	g/TM	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Detaile
Cascajal	617 852	9 490 624	13,16	>10	507	3,03	69,4	1 311	27	Estructura mineralizada
Cascajal	617 852	9 490 624	<0,02	2,33	350	4,39	2 099	853	149	Estructura mineralizada
Veta Chorrera	617 840	9 490 624	23,86	>10	527	3,04	840	1 039	187	Veta en intrusivo



Fotografía 5.73: Sector Jambur. Estructuras mineralizadas, vetas de cuarzo-oro-óxidos con dirección NE-SO, hospedadas en secuencias volcánicas.

PAMPA LARGA

Se ubica en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura, en las coordenadas UTM 9507300 N y 594000 E. Este sector fue de los primeros explotados de manera artesanal en la cuenca Lancones durante la década pasada (Figura 5.7).

Las zonas que los comprenden son Chivatos, Santa Rosa, Alvarado y Bolsa de Diablo. El sector de Pampa Larga se ubica al norte del distrito de Las Lomas y forma parte de la zona periférica del complejo intrusivo anular o circundante del Batolito de la Costa, conformado por monzogranito, tonalita y granodiorita.

PILARES

Se ubica a 20 km al este del distrito de Lancones, provincia de Sullana, departamento de Piura. Las estructuras mineralizadas están emplazadas en secuencias piroclásticas de composición riodacítica de la Formación La Bocana. Las estructuras mineralizadas están conformadas por cuarzo y óxidos de hierro. Su potencia promedio es 0.30 m con dirección de 50° a 60° y buzamientos subverticales.

Las alteraciones hidrotermales están restringidas a estas estructuras y muestran una gradación lateral de sílice-caolinita, luego a sílice-sericita y finalmente a clorita-epidota-calcita. Se ha identificado un intrusivo pórfido dacítico aledaño al sistema de vetas. En está área se ha analizado una muestra selectiva (HQ – 004: 567961 E, 9490582 N) que reportó valores de 80 g/t Au, 243 g/t Ag, 4.9 % Pb y 115 ppm Mo.

Cuadro 5.10

Síntesis de resultados de análisis químico del Programa de Metalogenia (2009) de la DRME-INGEMMET

SECTOR PAMPA LARGA										
Labor minora	Coord	. UTM	Au	Ag	Cu	Мо	Pb	Zn	Dotallo	
	Este	Norte	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Detaile	
ER9049 BDD	592 733	9 505 726	70	8	26	5	29	87	Veta	
ER9050 BDD	592 724	9 505 760	1 269	1	31	2	25	24	Veta	
BDD-301007-001	592 683	9 505 552	1 082	2	295	38	44	74	Veta	
BDD-301007-003	592 643	9 505 614	873	26	141	<2	196	173	Veta	
BDD-301007-004	592 643	9 505 614	>5 000	13	162	31	3 290	267	Veta	
BDD-301007-005	593 488	9 506 188	>5 000	4	4 057	4	275	117	Veta	
BDD-301007-004*	592 643	9 505 614	>5 000	12	143	31	3 059	262	Veta	
ALV-301007-001	595 584	9 508 640	1 210	3	795	582	190	282	Veta	



Fotografía 5.74: Pampa Larga. Pique para la extracción de mineral a través de polea y baldes de plástico. Trabajos de minería artesanal en Pampa Larga.



Figura 5.7: Ubicación de depósitos epitermales en el sector de Pampa Larga.



Fotografía 5.75: Sector Pilares. Vetas de óxidos-cuarzo-oro emplazadas en secuencias volcánicas de la Formación La Bocana. PILARES - Vetas

POTRERO

Potrero es un sector ubicado en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura. Se han identificado numerosas vetas con orientaciones de 45º a 50º, con 65º a 70º y buzamiento al SE y potencias que varían de 0.30 m a 1.00 m. Las vetas están conformadas por cuarzo-goethita-hematita, con relictos de pirita, esfalerita y galena. Dichas estructuras están hospedadas en secuencias volcánicas de la Formación La Bocana.

Las alteraciones hidrotermales están restringidas a estas estructuras y muestran una gradación lateral de sílice-sericita y finalmente a montmorillonita-haloisita-clorita. En ésta área se han analizado tres muestras en canales (HQ-026: 589862 E, 9501305 N; HQ-026A: 589862 E, 9501305 N) reportando valores de 3 a 74 g/t Au, 24 a 111 g/t Ag y 0.7a 2.6 % Pb.

QUEBRADA CABUYAL

Se ubica en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura; en las coordenadas UTM 9498470 N y 591440 E, y a 15 km al noreste del distrito de Las Lomas. Actualmente es explotado mediante labores mineras artesanales para la extracción por oro emplazado en secuencias volcánicas félsicas (dacita).

El Prospecto Quebrada Cabuyal se caracteriza por encontrarse en la formación Lancones. Se describe una secuencia volcánicasedimentaria, con horizontes de aglomerados andesíticos epidotizados intercalados con cenizas piroclásticas y areniscas feldespáticas con algunos niveles cálcareos. Existen evidencias de unidades de la Formación La Bocana.



Fotografía 5.76: Potrero. Vetas conformadas por cuarzo-goethita-hematita, con relictos de pirita, esfalerita y galena.



Fotografía 5.77: Potrero. Las alteraciones hidrotermales están restringidas a dichas estructuras. Valores de oro de 3 a 74 g/t Au.



Fotografía 5.78: Quebrada Cabuyal . Se desarrollan labores artesanales de extracción de oro emplazado en secuencias volcánicas félsicas (dacita).

ROCA RAJADA

Se ubica en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura, cuyas coordenadas UTM centrales son 9505050 N y 610650 E (Figura 5.8).

En el sector predominan rocas volcánicas con niveles sedimentarios, tobas piroclásticas de composición andesítica correspondientes a la Formación Lancones del Cretáceo

SECTOD DOCA DA IADA

superior. Las cajas de la estructura mineralizada están intensamente alteradas con una predominante oxidación. Los intrusivos que se encuentran en la zona son granodiorita y tonalita del Cretácico superior a Cenozoico, que corresponden al Segmento Piura del Batolito de la Costa.

En el cuadro siguiente se presentan las principales labores que se desarrollan en sistemas de vetas de oro, datos que se han obtenido de las brigadas de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos.

Potencia

Cuadro 5.11
Coordenadas de ubicación de labores mineras del sector Roca Rajada

Labores	Coordena	adas UTM	Altitud	Dumbo					
mineras	Norte	Este	(m)	Kuilibu					

				Dumbo	- R117	
mineras	Norte	Este	(m)	Kullibo	Duz.	(m)
Veta Pichilingüe	9 505 050	610 696	457	N 50°E	60° SE	0,2
Veta Chan	9 504 963	610 624	636	N 70°E	30° NO	0,7

Cuadro 5.12 Síntesis de resultados de análisis químico por Loayza y Galloso (2008) de la DRME-INGEMMET

Hoia	Coorden	adas UTM	Au	Ag	Cu	Мо	Pb	Zn	As	Dotallo	
поја	Este	Norte	g/TM	g/TM ppm	ו ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Detaile	
Labor minera Veta Pichilingue											
9c	610 696	9 505 050	0,29	0,61	514	0,96	26,8	4 185	33	Veta	
9c	610 696	9 505 050	0,53	2	765	3,57	15,4	3 488	46	Estructura	
9с	610 696	9 505 050	0,1	1,08	299	2,44	8,4	1 138	8	Estructura alterada	



Fotografía 5.79: Sector Roca Rajada. Estructuras mineralizadas (venillas) con buzamiento subvertical en roca intrusiva fuertemente alterada.



Figura Nº 5.8: Ubicación de vetas en el sector Roca Rajada



Fotografía 5.80: Sector Roca Rajada. Pique de desarrollo con sección de 1.5 x 1.5 m con una profundidad de 10 m. Roca caja fuertemente alterada.

SAN SEBASTIÁN

Se ubica en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura, con coordenadas UTM centrales de 9500450 N y 587900 E. En el sector predominan rocas volcánicas y tobas piroclásticas de composición andesítica, con intenso fracturamiento correspondiente a la Formación Lancones del Cretáceo superior. Conforma una mineralización epitermal de concentraciones de Au (Figura 5.9).

Las estructuras mineralizadas que se han llegado determinar tiene orientación 130° y estructuras E-O con potencias promedias de 0.50 m.

SECTOR SAN SEBASTIÁN										
Labor minora	Coord	d. UTM	Au Ag		Cu	Мо	Pb	Zn	As	Datalla
	Este	Norte	g/TM	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Detaile
El Overal	587 735	9 501 004	1,75	2,3	516	2,6	129	798	2 317	Estructura
El Overal	587 735	9 501 004	95,17	>10	3 399	6,96	4 052	625	>10 000	Mineral de veta
El Overal I	587 941	9 500 456	23,98	>10	664	8,79	993	636	8 969	Mineral de veta
El Overal I	587 941	9 500 456	3,25	>10	1 302	4,89	123	752	4 496	Estructura mineralizada
ER9057 OVE	587 341	9 499 454	2,04	6	381	4	1 674	66	170	Veta cuarzo
OVE-291007-004	588 305	9 500 440	0,27	1	298	124	6	19	218	riolita
OVE-291007-006	588 265	9 501 150	1,61	3	450	2	55	156	4 882	Veta de 0.5 m
OVE-291007-007	588 387	9 501 090	0,27	3	574	2	11	202	1 279	Veta de 0.3 m
OVE-011107-010	587 480	9 499 182	>5	31	4 431	7	450	331	16 992	Estructura mineralizada
OVE-011107-010*	587 480	9 499 182	>5	35	4 162	8	475	354	16 204	Estructura mineralizada

Cuadro 5.13 Síntesis de resultados de análisis químico por Loayza y Galloso (2008) de la DRME-INGEMMET



Fotografía 5.81: Sector San Sebastián. Veta de cuarzo con hematita.



Figura 5.9: Ubicación de vetas auríferas en el Sector San Sebastián.

SUYO

Se ubica a 5 km al norte del distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura. Las estructuras mineralizadas están conformadas por vetas angostas de cuarzo y sulfuros diseminados, con orientación 200° a 220°, buzamiento con 60° a 75° al NO y

potencias de 0.10 m a 0.30 m emplazadas en intrusivos subvolcánicos dacíticos.

Las alteraciones hidrotermales identificadas son fílica (sílice-illita) y propilítica (haloisita-clorita). Esta área ha reportado valores de oro de 6 g/t Au (610580 E, 9505758 N) y 64 g/t Au (607250 E, 9506915 N).



Fotografía 5.82: Quebrada Suyo. Rocas volcánicas con alteración propilitica. Esta área ha reportado valores de oro de 6 g/t.



Fotografía 5.83: Quebrada Suyo. Afloramiento de rocas volcánicas compuestas por andesitas basálticas (1), con sill o intrusión de magma volcánico entre dos capas (2).





VETAS DE Au, Cu, Zn, Pb RELACIONADAS A INTRUSIVOS

CERRO SERVILLETA

Se ubica al norte de la ciudad de Las Lomas, en la parte central de la cuenca Lancones, también en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca; departamento de Piura. Las coordenadas centrales UTM son: 9509043 N, 606500 E, Zona 17 (Figura 5.11).

Las estructuras mineralizadas son numerosas vetas de cuarzooro con rumbo NE-SO, hospedadas en rocas intrusivas de granodiorita y tonalita, en secuencias volcánicas del Albiano-Cenomaniano controladas principalmente por fallas NE-SO. Estos depósitos epitermales de baja sulfuración están relacionados a la actividad magmática, a los eventos tectónicos y a los pórfidos del Cretáceo superior. La mineralización metálica estaría ligada tanto a la actividad magmática y tectónica de la Cordillera Occidental del Cenozoico medio como a la actividad volcánica en la cuenca Lancones. Predominan las alteraciones de cloritización, oxidación, argilización, silicificación, y sericitización.

Actualmente en el sector Servilleta se desarrollan labores mineras artesanales agrupadas en asociaciones, como la «Asociación de Mineros Artesanales Porfirio Diaz Nestares» conformada por más de 100 socios y otras que explotan un sinnúmero de labores (Cuadros 5.14 y 5.15).

Cuadro 5.14
Coordenadas de ubicación de labores mineras del Sector Servilleta (datos obtenidos
de las brigadas de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos)

Labores mineras	Coordenadas	UTM	Altitud	Pumbo	Buzamiento	Potencia
Labores mineras	Norte	Este	(m)	Kullibo	Duzamento	(m)
La Española	9 509 043	607 117	550	N 80° E	Sub vertical	0,80
Los Vilela	9 509 522	606 528	721	N - S	Sub vertical	0,18
Los Pájaros	9 509 025	607 491	544	N 20º E	86º NO	0,10
Veta Leoncio	9 509 028	607 497	546	N – S	Sub vertical	0,15
Isolina	9 509 465	607 414	547	N 80° E	Sub vertical	0,80
Medina	9 509 244	607 176	570	N 40° E	Sub vertical	0,40

Cuadro 5.15 Síntesis de resultados de análisis químico del Programa de Metalogenia (2009), con datos de Loayza y Galloso (2008) de la DRME-INGEMMET

SECTOR SERVILLETA										
Labor minera	Coord. UTM		Au Ag	Cu	Мо	Pb	Zn	As	Dotalla	
	Este	Norte	g/TM	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Detaile
La Española	607 117	9 509 043	18,85	5,7	1 368	2,23	33,7	41	10	Vetas de tipo epitermal
Los Vilela	606 528	9 509 522	278	>10	2 665	15,6	59,3	678	34	Vetas de tipo epitermal
Veta Leoncio	607 497	9 509 028	38,3	9,5	1 674	4,49	1,7	0,5	3	Vetas de tipo epitermal
Isolina	607 414	9 509 465	8,83	2,3	3 988	11,6	5,8	62	1	Vetas de tipo epitermal
Medina	607 176	9 509 244	12,96	5,7	3 497	17	10,5	68	17	Vetas de tipo epitermal



Fotografía 5.84: Sector Servilleta. La veta principal presenta valores de Au de 270 g/t.



Fotografía 5.85: Sector Servilleta. Valores anómalos de Cu >3000 ppm (no se descarta la existencia de pórfidos).



Fotografía 5.86: Sector Cerro Servilleta. Labor minera en veta de cuarzo-hematita-oro.



Fotografía 5.87: Vista panorámica del cerro Servilleta, donde se desarrollan labores mineras en sistemas de vetas.



Figura 5.11: Geología del Sector Servilleta con los principales sistemas de vetas de origen epitermal.

CUCHICORRAL

El sector de Cuchicorral se ubica en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura, en las coordenadas UTM aproximadas de 9504030 N y 616550 E (Figura 5.12).

Se compone de rocas volcánicas y rocas piroclásticas de composición andesítica que corresponden a la Formación Lancones del Cretácico superior y que tienen aproximadamente 28 m de espesor en los apófisis de los intrusivos, granodiorita y tonalita del Cretácico-Cenozoico.

Mediante métodos artesanales (como la «puruña», una prueba empírica de concentración de mineral de oro) se han obtenido leyes de 2 oz/ tm Au.

A continuación se presenta un cuadro con las principales labores que se desarrollan en los sistemas de vetas de oro, datos que se han obtenido de las brigadas de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (Cuadro 5.16).

SECTOR CUCHICORRAL									
Labores	Coordena	idas UTM	Altitud	Pumbo	Buzamiento	Potencia			
mineras	Norte	Este	(m)	Kumbo	Duzamiento	(m)			
Cuchicorral	9 504 055	616 511	556	N 60º E	Subvertical	0,3			
Veta Franco	9 504 044	616 428	579	N - S	Subvertical	0,08			
Veta de Cuarzo	9 504 092	616 571	569	N 40° E	Subvertical	0,8			
Veta Rambo	9 505 315	615 048	514	N 80º O	Subvertical	0,5			

Cuadro 5.16 Coordenadas de ubicación de labores mineras del Sector Cuchicorral

Cuadro 5.17 Síntesis de resultados de análisis químico del Programa de Metalogenia (2009) y datos de Loayza y Galloso (2008) de la DRME-INGEMMET

Labor minera	Au g/TM	Ag ppm	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	Zn ppm	As ppm	Detalle
Cuchicorral	103	4,9	174	1,92	10,7	18	15	Estructura mineralizada
	1,2	0,55	258,2	<0,97	12,6	<0,5	6	Estructura mineralizada
Veta Rambo	0,24	0,64	2112	5,72	80,1	25	8	Estructura mineralizada



Fotografía 5.88: Sector Cuchicorral. Muestreo de estructura mineralizada en ambiente de intrusivos alterados en contacto con rocas volcánicas.



Fotografía 5.89: Sector Cuchicorral. Veta de cuarzo con hematita y oro. Roca caja intrusiva alterada.



Figura 5.12: Las vetas del Sector Cuchicorral se localizan en rocas volcánicas piroclásticas que corresponden a la Formación Lancones del Cretáceo superior.

HUALATÁN

Es un depósito de vetas de cuarzo y oro en rocas volcánicas jurásicas, con una mineralización en forma de múltiples crestas y brechas de sílice con silicificación y argilitización dentro de un corredor NO de 3 km de ancho por 10 km de largo. Se encuentra localizado en las coordenadas UTM 9370000 N y 716000 E.

La mineralización de oro se presenta diseminada y en estructuras vetiformes con ley promedio de 2.3 g/t. La mineralización se encuentra alojada dentro de un paquete de rocas volcánicas andesíticas a félsicas argilizadas que suprayacen a las cuarcitas del Cretácico (Absolut Resources Corp., 2004).



Fotografía 5.90: Estructuras vetiformes a manera de *stockwork* con fuerte alteración argíllica de la ocurrencia mineral de Hualatán.

QUEBRADA SALITRAL

Se ubica en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura; entre las coordenadas UTM 9508930 N y 607135 E. Actualmente es explotado por labores mineras artesanales en las cabeceras de la quebrada Salitral, cerro Servilleta y cerro Manja Vieja.

El mineral se presenta en vetas de cuarzo de 0.01 a 0.05 m de ancho, con una roca caja de cuerpo granodiorítico intruído por varias vetillas con gran contenido de oro, con minerales de galena y óxidos de cobre.

El Prospecto Quebrada Salitral tiene las características de desplazarse en la formación Lancones. Existen evidencias de intrusivos del Segmento Piura del Batolito de la Costa (granodiorita) que han originado un metamorfismo de bajo grado con las rocas volcanosedimentarias de esa formación.

SHASHAHUAL

Shashahual se ubica en la comunidad de Chiqueros, provincia de Ayabaca, departamento de Piura. Geográficamente se ubica en la parte norcentral del departamento de Piura, en la margen sur del río Macará, antes de la confluencia con el río Catamayo y al este de la cuenca Lancones. Se accede desde las Lomas, siguiendo la carretera Panamericana Norte, tomando luego el desvío a Pampa Larga y de allí hasta la localidad de Chiqueros.

En esta zona se desarrollan potentes acumulaciones volcánicas con intercalaciones menores de sedimentos del Cenomaniano, correspondientes a las Formaciones La Bocana y Lancones. Estos se extienden en Ecuador (Formación Celica-Ecuador), donde tienen la composición de un arco volcánico continental y están asociados con potentes series de rocas volcánico-clásticas y grauvacas gruesas (Formación Alamor-Ecuador), depositadas en las vertientes o al pie del mismo arco.

La Formación La Bocana se compone de una secuencia inferior de lavas andesíticas y basálticas con desarrollo hialoclástico, intercaladas con tobas andesíticas con presencia de fósiles. La secuencia intermedia está compuesta principalmente por la interdigitación de areniscas volcanoclásticas calcáreas y tobas, así como por algunos niveles de calizas y chert. El miembro superior está compuesto de una secuencia volcanoclástica con intercalaciones de areniscas calcáreas y lutitas. Estas secuencias se presentan a manera de techos colgantes en intrusivos de la zona.

Shashahual parece ser un sistema hidrotermal erosionado, al tope de intrusivos subvolcánicos, en los que se encuentran pequeñas vetas polimetálicas con contenido de oro y de poca extensión longitudinal


Fotografía 5.91: Quebrada Salitral. Veta de cuarzo-oro en roca intrusivo granodiorítico alterado.



Fotografía 5.92: Vista panorámica de Shashahual. Intrusivos subvolcánicos en el tope.

DEPÓSITOS DE SKARNS y/o SKARNOIDES DE Fe

Se ha podido identificar depósitos de skarns y/o skarnoides de pequeñas dimensiones en el centro de la cuenca Lancones; en el contacto de las intrusiones del complejo plutónico Las Lomas del Batolito de la Costa con los niveles sedimentarios carbonatados de la Formación La Bocana (Figura 5.13).

Se tiene registro de minerales como magnetita, actinolita, granates, epidota, pirita y carbonatos de cobre, que permiten catalogarlos como skarns y/o skarnoides de hierro. Dentro de estas manifestaciones metálicas se puede mencionar a Pampas Quemadas y El Noque. La mayoría de los intrusivos presentan núcleos de sílice-sericita y parecen estar asociados a sistemas porfiríticos. Los depósitos de skarn de Fe no se han establecido como franja metalogenética porque los depósitos mencionados son relativamente áreas restringidas, sin ningún valor económico.

EL NOQUE

Se ubica a 20 km al noroeste del distrito de Las Lomas, provincia y departamento de Piura, en las coordenadas 9495880 N y 580050 E. En esta área se ha definido zonas de oxidación y metamorfismo de contacto, entre un intrusivo diorítico y niveles volcánicos sedimentarios y pequeños horizontes cálcareos de la Formación La Bocana. El intrusivo presenta una alteración fílica con trazas de sulfuros diseminados de pirita y calcopirita.

Muestra	Este	Norte	Au g/t	Ag ppm	As ppm	Fe %	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	Zn ppm	Nombre de roca
NQ-101	580 655	9 496 710	0,005	0,5	27	2,97	354	2	7	11	Stockwork
NQ-102	581 940	9 493 625	0,17	0,6	27	9,19	>10 000	66	17	126	Andesita
NQ-103	581 385	9 494 800	0,005	0,5	10	4,5	304	2	11	14	Granodiorita
NQ-104	581 700	9 495 955	0,005	0,5	6	>10,0	416	2	15	60	Skarn
NQ-105	581 820	9 495 730	0,005	0,7	20	9,34	58	19	24	69	Sed
NQ-106	581 866	9 495 705	0,012	5,1	69	>10,0	>10 000	16	46	207	Skarn
NQ-107	581 870	9 495 700	0,029	6,8	59	>10,0	>10 000	20	36	194	Skarn
NQ-108	581 670	9 495 545	0,05	0,6	5	>10,0	328	2	32	70	Skarn
NQ-109	581 750	9 495 625	0,05	0,7	5	7,15	606	22	10	67	Skarn
NQ-110	581 940	9 495 545	0,09	2	28	>10,0	570	10	32	136	Granodiorita

Cuadro 5.18 Contenido metálico de las muestras de El Noque

LA LEONA

Se ubica al noroeste del distrito de Las Lomas, provincia y departamento de Piura, en las coordenadas UTM 589616 E y 9501545 N. Este depósito está relativamente restringido a zonas de metamorfimos de contacto con algunas zonas de oxidación.

La geología del área se compone de un intrusivo granodioritico, diques de composición diorítica y niveles volcánicos sedimentarios con pequeños horizontes cálcareos correspondientes a la Formación La Bocana. El intrusivo presenta una alteración fílica con trazas de sulfuros diseminados de pirita y calcopirita.

PAMPAS QUEMADAS

Se ubica a 10 km al noroeste del distrito de Las Lomas, provincia y departamento de Piura, sobre el cerro La Dominga, en las coordenadas UTM 9486940 N y 570270 E. La mineralización se restringe al contacto entre un intrusivo de composición granodiorítica y niveles sedimentarios cálcareos de la Formación La Bocana

La mineralización está conformada por goethita-limonita-magnetita, con escasa presencia de carbonatos-epidota. Se han reportado anomalías geofísicas por el *joint venture* BHP-Buenaventura, empleando métodos geofísicos gravimétrico.magnetométrico e IP, dando como resultado valores altos en esta área. En materia de minerales, el intrusivo está conformado por cuarzo y óxidos de hierro.



Fotografía 5.93: Depósito Pampas Quemadas con niveles sedimentarios mineralizados de la Formación La Bocana.



Fotografía 5.94: Pampas Quemadas. Veta de cuarzo y hematita. Roca caja moderamente oxidada.

VETAS DE BARITINA-PB-ZN-CU

Estas vetas fueron explotadas antiguamente por baritina. Podrían representar las removilizaciones de mineralizaciones volcánico-

exhalativas cretáceas en etapas de fracturación tardías (Injoque et al., 2000). Estas vetas de baritina con contenido de Pb, Zn y Cu afloran en las localidades de Suyo, Algodonal y Tomapampa.



Fotografía 5.95: Suyo. Veta de baritina con óxidos mirando al suroeste.





CAPÍTULO VI GEOQUÍMICA

INTRODUCCIÓN

Geoquímica es el estudio de la abundancia y distribución de los elementos químicos en la tierra (Mason, 1996). Los datos geoquímicos permiten el reconocimiento de la composición y los tipos de la roca original. La composición química de las rocas metasomatizadas o alteradas y fases minerales, reflejan los cambios composicionales durante la alteración, y proporcionan indicios sobre los procesos de alteración.

Se ha reinterpretado las tendencias geoquímicas de los elementos cobre, zinc, plomo y molibdeno de la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental de la dispersión secundaria, tomando como base los datos de la BGS (British Geological Survey, información de 1976 a 1979).

GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS

Se presentan las tendencias geoquímicas de la dispersión secundaria (sedimentos de quebrada) de cobre, zinc, plomo y molibdeno en la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental, mostrando interesantes anomalías geoquímicas.

Los objetivos del mapa geoquímico son determinar y generar blancos de exploración de interés prospectivo mediante el muestreo de sedimentos de corriente a una escala regional.

Se reinterpretó la base de datos de la BGS (British Geological Survey, información de 1976 a 1979). La base de datos corresponde a 1200 muestras examinadas por análisis de absorción atómica. Utilizando el programa Geosoft, módulo Chimera versión 5.1, se obtuvo mapas de anomalías geoquímicas de sedimentos de la Cordillera Oriental de la Deflexión de Huancabamba. (Figuras 6.1 a 6.4).

GEOQUÍMICA DE ROCAS VOLCÁNICAS

Los datos geoquímicos se han utilizado para caracterizar, cuantificar e interpretar los procesos de alteración. Se han utilizado los siguientes métodos: roca total, litogeoquímica de elementos mayores, traza y elementos traza inmóviles.

Se recolectaron 150 muestras (Programa de Metalogenia) para análisis geoquímico y ellas fueron analizadas en los estudios de la metalogenia de los depósitos de la Deflexión de Huancabamba. Los datos geoquímicos son rutinariamente usados en la exploración mineral para identificar extensos halos geoquímicos y gradientes o vectores hacia las zonas mineralizadas, y para discriminar entre zonas prospectivas y no prospectivas.

Litogeoquímica

La litogeoquímica es la determinación y estudio de la abundancia y distribución de los elementos en las rocas. Entre las principales aplicaciones de la litogeoquímica se mencionan:

- Diferenciación de composición de unidades litológicas en torno a depósitos minerales.
- Revelar la composición de los protolitos.
- Identificar los tipos de alteración y halos geoquímicos.
- Identificación y discriminación de áreas prospectivas y no prospectivas.
- Cuantificar los cambios geoquímicos.

En suma, la mayoría de los datos de elementos traza son usados para establecer los tipos de roca, y estudiar a través de la litogeoquímica los efectos de la alteración. Esto permite determinar la estratigrafía primaria o unidad intrusiva de las rocas alteradas, que revelan la composición de los protolitos, identificar los procesos o tipos de alteración y cuantificar los cambios geoquímicos.

Si los datos geoquímicos son validados, los métodos litogeoquímicos contribuirán a la interpretación y evaluación de rocas alteradas e inalteradas. Sin embargo, no son soluciones rápidas para todos los problemas, por lo que es importante considerar otras informaciones geológicas: relaciones de campo, distribución o zonación de ensambles minerales de alteración, macro y microtexturas, mineralogía, entre otros.

La metodología empleada para el presente estudio se resume en:

- a) Se divide las poblaciones de rocas félsicas de las máficas, utilizando descripciones de terreno, diagramas TiO₂-Al2O₃ y contenido de sílice SiO₂.
- b) Discriminar las muestras alteradas para no interferir en los análisis de los óxidos mayores. El discriminante de alteración utilizado es LOI (<3.5).



Figura 6.1: Mapa de distribución geoquímica de cobre (Cu). Las tendencias geoquímicas de la dispersión secundaria de zinc en la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental dan como resultado interesantes anomalías geoquímicas en sedimentos con valores de Cu 55.5 ppm.



Figura 6.2: Mapa de distribución geoquímica de zinc (Zn). Las tendencias geoquímicas de la dispersión secundaria de zinc en la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental dan como resultado interesantes anomalías geoquímicas en sedimentos con valores de Zn 123.9 ppm



Figura 6.3: Mapa de distribución geoquímica de plomo (Pb). Las tendencias geoquímicas de la dispersión secundaria del plomo en la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental dan como resultado interesantes anomalías geoquímicas en sedimentos con valores de Pb 80.0 ppm.



Figura 6.4: Mapa de distribución geoquímica de molibdeno (Mo). Las tendencias geoquímicas de la dispersión secundaria del molibdeno en la Cordillera Occidental y Cordillera Oriental dan como resultado interesantes anomalías geoquímicas en sedimentos con valores de Mo 3.2 ppm.

- c) Con la población resultante de muestras filtradas o menos alteradas, se procede a caracterizar utilizando los diagramas siguientes:
 - Sílice vs Alcalis (K₂O+CaO+NaO): Define los campos subalcalinos y alcalinos.
 - TAS (LeBas et al., 1986): Define los campos alcalinos y subalcalinos, y la clasificación de rocas volcánicas
 - (Mg/Fe) vs SiO₂ (Miyashiro, 1974): Separa el campo toleítico del calcoalcalino para las rocas subalcalinas.
 - Diagramas Harker: Observar trends en óxidos mayores.
 - K₂O-SiO₂ (Gill, 1981): Representa diferentes niveles de enriquecimiento de potasio. Diferentes niveles de potasio indican diferentes ambientes tectónicos.
 - Triangulares MgO-FeO-Al2O3 (Pearce et al., 1977) y MnO-TiO2/10- P2O5 (Mullen, 1983), y de granitos: Para inferir el ambiente tectónico de depositación tanto de rocas volcánicas máficas y rocas volcánicas e intrusitas félsicas.
 - Diagramas de elementos trazas comparados contra valores de Manto Primitivo y MORB: Para caracterizar las muestras incluidas en este estudio. En este tipo de gráficos se puede separar poblaciones de muestras con similar petrogénesis y permite inferir posibles ambientes tectónicos de depósito.
 - Diagramas de elementos tierras raras normalizadas a los valores de la condrita (Sun & McDonough, 1989): Se utilizó la población total de muestras que contenía datos de REE. Luego se plotean todos los datos en el diagrama. Este tipo de diagrama también es útil para separar poblaciones petrogenéticamente y permite inferir posibles ambientes tectónicos de depósito.

El estudio geoquímico tiene como base la toma de muestras llevadas por INGEMMET, así como la recopilación de datos bibliográficos de muestras tomados por autores de tesis doctorales y publicaciones científicas.

Se ha empleado el estudio en rocas volcánicas o estratos volcánicos submarinos que son parte de la formación de depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos.

La presencia de estratos volcánicos submarinos con paleoaguas profundas, controla algunas variaciones en la morfología volcánica, así como ensambles de la alteración y la composición del depósito. Los *pipes* o tubos volcánicos, son conductos cilíndricos de origen volcánico taponeados con brecha volcánica y con posible mineralización. La alteración en estos *pipes* presenta una estratigrafía vertical y en las rocas volcánicas se observa poco contenido de sodio. Comúnmente las rocas son silicificadas cerca

de los depósitos, localmente menos sericitizado, y tienen cantidades variables de Mg y Fe, ricos en clorita o esmectita.

Los *pipes* pueden tener núcleos intensamente cloritizados, con bordes sericíticos. Los cambios químicos en estas últimas zonas de alteración llegan a hacerlos poco identificables, requiriendo estudios mineralógicos o isotópicos para detectarlos. Son más importantes las precipitaciones hidrotermales que originan los cherts ferruginosos, producto de la oxidación de sulfuros, que pueden ser lo suficientemente grandes para ser detectados.

Un constituyente importante del sistema hidrotermal es la fuente de calor, comúnmente representada por una intrusión subvólcanica. La variación de la composición dentro de estas intrusiones puede ser afectada por la presencia de un sistema hidrotermal en dos formas: el rápido desprendimiento de calor causa un excepcional fraccionamiento que ocurre dentro de las intrusiones subvolcánicas; y segundo, cuando los fluídos hidrotermales entran dentro del fundido.

En los depósitos de sulfuros masivos, la alteración es marcada por una distintiva pérdida de sodio, algunos con pérdida de calcio y otros con ganancia en potasio. Adyacente a estos depósitos de SMV, se encuentra abundante Mg y los núcleos de los *pipes*ricos en Fe. Los factores incluyen permeabilidad primaria y la fuerza de depositación durante el evento de mineralización, los que controlan la cantidad de fluidos expulsados de descargas complejas (Fig. 6.5).

Los elementos inmóviles son los más usados en áreas de alto potencial de sulfuros masivos. Los datos en histogramas de TiO₂ y Zr ilustran las distintas composiciones bimodales, así lo demuestran los diferentes gráficos de las formaciones que están relacionadas con estos depósitos de SMV.

La mayoría de los estudios que contienen Na₂O, CaO y Sr son altamente móviles en su distribución a escalas regionales y son utilizados para propósitos de exploración. El Al₂O3 generalmente no es movible, pero puede permanecer como corindón; los cálculos del último parámetro son muy usados como potenciales SMV. Mientras TiO₂, Zr, Nb, Y, y los REE son generalmente inmóviles.

Las muestras de dacita con menos del 1.0 % CaO son fuertemente anómalas e indican aproximación a zonas de *pipe*. Las que tienen anomalías > 2.5 % CaO son epidotizadas, y muchas representan una porción de la zona de reacción de alta temperatura.

La distribución refleja dos procesos de alteración que podrían representar dos partes muy diferentes de un sistema de SMV. Estos procesos ocurren en dos partes de la producción de sistema hidrotermal SMV. Las zonas de alteración de relativa profundidad son típicamente ricas en Na, como resultado de una reacción de alta temperatura bajo condiciones de profundidad agua/roca. Estas son ricas en calcio (Ca) debido a la estabilización de calcio en la epidota. En zonas de alta temperatura, el sodio (Na) es enriquecido.

La distribución de elementos de la Formación Ereo resulta muy diferenciada, mientras que en la Formación La Bocana resulta dispersa. Las distintas diferencias en la composición máfica y félsica (Formación Ereo) es evidente en el diagrama espacial de datos de tierras raras (REE) que confirman esta separación.



Figura 6.5: Esquema de la alteración hidrotermal y mineralización desarrollada en relación con un depósito de sulfuros masivos (Lydon, 1988).



Figura 6.6: Poblacion de muestras subalcalinas de formaciones Ereo y La Bocana.

Resultados

Las rocas analizadas de las unidades litológicas que comprende la zona de estudio, han sido recolectadas en campo; además, se ha compilado datos de muestras de rocas extraídos de tesis y publicaciones científicas.

 En la Figura 6.6, de las rocas analizadas de una población de 380 muestras —tomando como condición LOI [] 3.5—, solo 126 muestras plotean en el campo de las rocas subalcalinas, con excepción de cinco de ellas que se encuentran dentro del campo de las rocas alcalinas, indicando que las rocas de la cuenca Lancones caen en el campo de las rocas subalcalinas.

 Los eventos volcánicos de un *rift* se inician con un magmatismo alcalino, esto sugiere que en un inicio sí existió un magmatismo alcalino. No se ha podido localizar estos tipos de afloramientos por las características geográficas del área, por otro lado, puede tratarse de un error analítico en la toma de muestras o en la descripción de las mismas.



Figura 6.7: Subdivisión de rocas subalcalinas usando el diagrama de SiO₂-FeO/MgO (Miyashiro, 1974) de las formaciones Ereo y La Bocana.

 En la Figura 6.7, las muestras de la Formación Ereo se encuentran mayormente dentro del campo de rocas de afinidad toleítica. Las muestras de la Formación La Bocana presentan una dispersión en el campo toleítico como en el campo calcoalcalino, es decir, están comprendidos en una fase de transición entre ambos campos.



Figura 6.8: Subdivisión de rocas subalcalinas usando el diagrama de SIO2-K₂O (Gill, 1977) de las formaciones Ereo y La Bocana.

- En la Figura 6.8, la población de muestras de las formaciones volcánicas Ereo y La Bocana contienen mayormente baja proporción de potasio (K).



Figura 6.9: Clasificación química de las rocas volcánicas usando el diagrama TAS Alcalies vs Silica (Le Bas et al., 1986) de las formaciones Ereo y La Bocana.



Figura 6.10: Representación de concentraciones de Rb vs Yb + Ta. Con una población de 126 muestras , LOI £ 3.5. Se observa que todas las muestras de rocas pertenecientes a la cuenca Lancones se sitúan en el campo VAG, es decir, *Volcanic Arc Granites* (Granito de Arco Volcánico).
Según Pearce et al. (1984), los granitos de arco volcánico (VAG) pueden manifestarse en: i) Arcos oceánicos con abundancia de basaltos

toleíticos.

ii) Arcos oceánicos con abundancia de basaltos calcoalcalinos.

iii) Márgenes continentales activos.

- En la Figura 6.9 la población de muestras de rocas de la Formación Ereo (denominado San Lorenzo por otro autor Winter, 2008) varía composicionalmente desde basaltos a riolitas, sin embargo en el terreno es evidente el predominio de las rocas de composición basáltico-andesítica, siendo las rocas félsicas muy restringidas y asociadas a los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos.
- Para la población de muestras de rocas de la Formación La Bocana, la variación composicional está comprendida entre el rango de basalto a riolitas, pero en el terreno el predominio de las rocas de composición félsica (dacita-riolita) es evidente.

En la Fig. 6.10, Con la población de muestras, se ingreso los datos en el Diagrama de Pearce et al. (1984). Los resultados fueron que las rocas de la Cuenca Lancones se sitúan en el Campo VAG, Granito de Arco Volcánico.

Diagramas Normalizados de Tierras Raras (REE)

El estudio geoquímico utiliza en forma extensa diagramas de tierras raras (Figuras 6.11 a 6,15), que son normalizados a valores de condrita, manto primitivo y MORB para inferir ambientes tectónicos. Los valores de condrita se obtuvieron del meteorito del Cañón del Diablo en Arizona (EE.UU), que son los valores de la materia primitiva con que fue formada la tierra antes de su diferenciación geoquímica primaria. Los valores de MORB son los de magmas efusivos de dorsales oceánicas, que representan valores del manto empobrecidos después de continuas extracciones de material para formar basaltos de dorsales.



Figura 6.11: Diagrama spider de REE normalizado al condrito de las formaciones Ereo y La Bocana.



Figura 6.12: Diagrama *spider* de REE normalizado al condrito (Nakamura, 1974). Formación Ereo diferenciando entre rocas máficas y felsicas.



Figura 6.13: Diagrama *spider* de REE normalizado al condrito de la Formacion Ereo.



Figura 6.14: Diagrama spider de REE de la Formación La Bocana, diferenciando entre rocas máficas y felsicas. Débil anomalía negativa de Eu (Europio), valores entre 10 y 100 veces mayores que la condrita y un ligero enriquecimiento de REE.





INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los diagramas de tierras raras (REE) de la población de muestras de rocas de la cuenca Lancones dan como resultado pendientes que tienden a ser subhorizontales, indicando alto porcentaje de fusión en la roca fuente o el manto. El alto porcentaje de fusión es más común en ambientes extensivos tipo rift, donde la extensión produce adelgazamiento de la corteza y fusión del manto por pérdida de presión.

Los resultados del estudio de tierras raras de la población de muestras de secuencias volcánicas félsicas de la Formación La Bocana, indican una posible asociación a los sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) del tipo Zn-Pb-Cu (Kuroko), que se desarrollan en una cuenca tras arco.

Los diagramas de tierras raras de la Formación La Bocana coinciden con lo que Franklin (2005) (Figura 6.16) denomina rocas intermedias (rocas contaminadas calcoalcalinas y rocas primitivas toleíticas), es decir, rocas que atravesaron la corteza continental, por esto, la Formación La Bocana tiene afinidad transicional entre el toleítico y el calcoalcalino.



Figura 6.16: Diagrama de rangos típico de patrones de Tierras Raras (REE).





La discriminación de Eu,/Eu* & La,/Yb, demuestra las condiciones de oxidación y fraccionamiento de plagioclasas, así como las condiciones anhidras en el sistema (Eu,/Eu*<1) de las formaciones volcánicas Ereo y La Bocana. Se ha recopilados datos de las tesis de Winter y Rios, y del INGEMMET. Asimismo, se ha intregrado las formaciones San Lorenzo y Ereo en una sola, debido a que forman parte de un complejo volcánico basal de la cuenca Lancones.

Las secuencias superiores de las formaciones Ereo y La Bocana tienen tendencia a participar en ambientes más hídricos y por consiguente se cristalizan el anfíbol y la biotita. La razón La_n/Yb_n < 10 sugiere magmas originados en una corteza poco gruesa y evolucionada (Fig. 6.17).

GEOQUÍMICA HIDROTERMAL

Los fluidos responsables de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos probablemente tuvieron rangos de temperatura de 300-400 °C, similares a los depósitos de vetas de oro mesotermales. En el caso de depósitos de oro, el agua, los sulfuros y CO₂ son los constituyentes primarios adheridos a las paredes de las rocas. Asímismo, los elementos de K y Na también están adheridos a las paredes de las rocas. Las alteraciones asociadas con depósitos de sulfuros masivos se formaron en ambientes marinos. El hierro, sulfuros y sílice son derivados de la formación de fluidos minerales.

El modelo de alteración asociado con depósitos de sulfuros masivos variará dependiendo del contexto geológico y litológico. La alteración en las zonas de descarga (*pipes*) involucra radios agua/ roca elevados, generalmente resultando de la pérdida de Na, Ca y Sr, así como la ganancia de Fe, Cu, Zn, Pb, Mg, y K. Estos

últimos son usados en áreas inmediatas a *pipes*. Los estudios más recientes de zonas de alteración lateralmente extensas han proporcionado vectores adicionales a los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos.

Asimismo, los afectos de alteración dependen de la litología y están directamente asociados a contextos tectónicos. En rocas basálticas, el Na es enriquecido, el Ca puede ser enriquecido o redistribuido, y los metales bases se empobrecen. La silicificación puede estar localmente presente. En rocas félsicas o sedimentarias hay enriquecimiento de Na y empobrecimiento de metales bases.

En el análisis litogeoquímico e hidrotermal, es fundamental obtener datos analíticos que incluyan todos los elementos inmóviles esenciales (Zr, Y, Nb y Ba), así como los metales de transición (Ni, Co, Cr, Zn, Cu, Pb, y menos importantes Ag, Th, Sr, Rb, V, Sc).

Las muestras requeridas para el análisis litogeoquímico han sido preparadas por métodos de análisis por roca total que se basan en una total disolución. Generalmente todos los elementos volátiles son reportados como pérdida de ignición (LOI), condición que se puede utilizar para separar muestras alteradas.

Se ha podido establecer poblaciones y subpoblaciones (máficas y félsicas) en rocas no alteradas; así como la interpretación de las relaciones entre las poblaciones que permitan identificar los tipos de alteración que predominan en los centros mineralizados.

Para ello se ha organizado los datos en una base con números de muestras de campo y laboratorio, con coordenadas UTM e información litológica de campo. Para el tratamiento de los datos es necesario convertir el porcentaje de peso a catión. Por convención, los datos usados para calcular el catión se obtienen dividiendo el valor del peso % entre el peso molecular. Para ello se calculan todos los cocientes que sean de utilidad, como La/Lu.

La mayoría de índices de alteración y tablas de clasificación son designados para un límite de rango de litotipos. Una de las tablas de clasificación más comúnmente usadas es aquella publicada por Irvine y Baragar (1971), basada en datos de los elementos mayores y cálculos derivados. Su sistema es aplicable solo a rocas toleíticas y calcoalcalinas. Otros incluyen el sistema de Jensen (1976), usando Al_2O_3 , FeO y MgO, y los silico-alcalinos ploteados de Le Bas (1986) o Le Maitre et al. (1989).

Las tablas más confiables son las que usan elementos móviles. Muchos exámenes de movilidad son utilizables (Russell y Halloran, 1990). Los elementos que son menos móviles (todos son móviles si son sujetos a alteración extrema) son Ti, Zr, Y, Nb y los REE.

Para este acápite se han utilizado datos de análisis propios del INGEMMET e información recopilada que corresponde a datos del TG1 y TG3 (Tambogrande), Morche (1997), Tegard (2000), Rios (2004), Rodríguez (2002), Sánchez (2007) y Winter (2008).

INDICADORES HIDROTERMALES

Se ha realizado unos estudios de indicadores hidrotermales con la información proveniente de la población de muestras del INGEMMET, información disponible en estudios e investigaciones (tesis y artículos) y se ha resaltado las áreas de Guitarras, La Bocana, Sausal, Pampa Quemada y Potrobayo que se localizan dentro de la cuenca Lancones, por contar con más información de campo y por ser estas áreas, después de Tambogrande, las más exploradas y estudiadas por diversas compañías mineras.

OXIDOS MAYORES NaO₂

Las muestras con valores de NaO > 4 % se consideran enriquecidas y típicas de *hanging wall* mientras que valores típicos de *footwall* (bloque Piso) son marcados por NaO < 1 %. Valores intermedios (1 y 4) son considerados *background* con ligera tendencia a ser parte de la zona de *hangingwall* (bloque Techo).

Los resultados de la población de datos indican mayormente valores de *background* y erráticos valores, tipo *hanging wall*, especialmente en las siguientes áreas (Rodríguez, 2003, informe inédito).

- Zona Guitarras con valores de NaO > 4.34 %
- · Zona La Bocana con valores de 4.5 % NaO.
- · Zona Sausal con valores por debajo de NaO < 4 %.

Zona Pampa Quemada con valores de NaO > 4 %.

Los estudios llevados a cabo en Higuerón muestran valores de NaO < 4 %, los cuales indican que estamos en el *background*, y solo una muestra de toda la población de datos indicó una tendencia a estar cerca de la zona de *hanging wall (bloque Techo)*.

Los estudios de los análisis de las muestras provenientes de la Formación Ereo muestran valores entre 1-3 %, es decir, por debajo del NaO > 4 %, lo que indicaría que estamos en el *background.*

Por su parte, los estudios de la muestras provenientes de la Formación La Bocana revelan resultados por encima de NaO >4 % (4.5 %), lo que nos sitúa en la zona de *hanging wall*. Los estudios en Cerro Colorado muestran valores por debajo de NaO< 1 % correspondientes a la Formación Ereo, lo que indicaría que estamos en la zona de *footwall (bloque Piso)*.

Los valores comprendidos entre 1 a 4 % NaO son valores intermedios que indican el *background* de la zona, así como también indicarían la abundancia de los minerales formadores en las rocas volcánicas. Tambogrande muestra un buen contraste entre > 5 y < 1 %. Por lo tanto esto es otro indicador de que el hidrotermalismo en el área Potrobayo es débil (Figura 6.18).



Figura 6.18: Sección esquemática con valores de %NaO de Tambogrande y otros depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos ubicados en el área de estudio.

ÍNDICES DE ALTERACIÓN (AI, CCPI, TI/Sb)

Los índices de alteración son simples relaciones de componentes múltiples o *ratios* (cocientes) normalizados o datos de composición litogeoquímica. Se calculan de los datos en % peso o ppm. Son representaciones geoquímicas de los ensambles de minerales hidrotermales, diseñados para facilitar la discriminación de estilos de alteración, cuantificación de la intensidad y definir vectores de exploración. Han sido ampliamente aplicados en la investigación y exploración de yacimientos de sulfuros masivos volcanogénicos.

Índice de Ishikawa: Al

Este índice definido por Ishikawa et al. (1976) para cuantificar la intensidad de sericita y alteración de la clorita que ocurren en el *footwall*, cerca de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos que se encuentran en la cuenca Lancones. Originalmente visto como una medida de intensidad de sericita y clorita asociada a Kuroko-SMV, es muy útil en muchos tipos de sistemas destructivos de plagioclasa.

$$Al = \frac{100(K_2O + MgO)}{(K_2O + MgO + NA_2O + CaO)}$$

El índice proporciona una estimación cuantitativa de la intensidad de alteración del *footwall* con relación a los depósitos de sulfuros masivos, aumentando los valores hacia el máximo en la zona de la alteración hidrotermal.

El índice varía de valores de 20 a aproximadamente 60 para las rocas inalteradas, y entre 50 y 100 para rocas alteradas hidrotermalmente con un (Alúmina) Al = 100; estos representan un reemplazo total de feldespato y vidrio por sericita y/o clorita.

En relación a los estudios y análisis de los datos en el bloque Potrobayo, comprendiendo las áreas La Bocana-Pelingara-Pampa Quemada-Sausal, se puede llegar a las siguientes conclusiones: el horizonte con mejores indicadores de hidrotermalismo se localiza entre La Bocana-Sausal, en la margen de una zona de alteración hidrotermal.

En el área La Bocana-Pampa Quemada se encuentra comprendido en el rango AI = 10 a 36; en el área Guitarras se encuentra en el rango AI= 26 a 50; y en el área Sausal en el rango; AI= 32 a 58.

Indice de CCPI

Existen dos limitaciones en el uso del Ishikawa (AI): el índice no toma cuenta la alteración del carbonato, que puede ser significante en algunos sistemas de alteración de sulfuros masivos volcanogénicos y puede llevar a una disminución en el AI, incluso donde la intensidad de alteración es alta, y el uso solo de este índice no habilita separación de clorita rica en alteración. Las dos zonas comunes y mayores de alteraciones han sido superadas introduciendo un segundo índice para caracterizar el AI; el CCPI se considera como un índice de alteración proximal a los depósitos de SMV.

CCPI (indice de clorita-carbonato-pirita)

$$CCPI = \frac{100(MgO + FeO)}{(MgO + FeO + Na_2O + K_2O)}$$

Mg-Fe y alteración de la clorita se desarrollan típicamente cerca de depósitos de SMV, donde las temperaturas hidrotermales y *ratios* agua/roca están en sus niveles máximos (Franklin et al., 1981; Lydon, 1988; Shardt et al., 2001).

Se ha elaborado gráficos con los datos ploteados en el diagrama Al vs CCPI de las áreas más prospectivas de SMV de la cuenca Lancones, como Potrobayo, comparándolos con los sondajes de TG1 y TG3 realizados en Tambogrande y datos provenientes de tesis y otros investigadores.

El CCPI usado en conjunción con el AI, particularmente graficado en un cuadro bivariable x – y con AI en el eje x, provee de un significado efectivo en la discriminación de zonas alteradas ricas en sericita, clorita y carbonato.

El cuadro Al-CCPI denominado *alteration box plot* (Fig. 6.19), discrimina estos ensambles de alteración relacionados a SMV de los ensambles diagenéticos albita o albita + feldespato K.







Figura 6.20: Índices de alteración *box plot* de algunos sectores de la cuenca Lancones.

Conclusiones: El índice de alteración (AI) fue desarrollado en los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos tipo Kuroko (SMV), para representar a los principales componentes ganados (MgO y K2O) durante la alteración a clorita y sericita, así como las pérdidas (Na₂O y CaO) por la descomposición de plagioclasa Na y vidrio volcánico.

El índice de alteración Al ha sido ampliamente utilizado en la exploración mineral de sulfuros masivos para proporcionar estimaciones cuantitativas de la intensidad de alteración. Típicamente crece a valores máximos en las zonas hidrotermales proximales, debajo de los lentes de sulfuros masivos y varía desde 0 a 100. Valores altos (> 60) reflejan altos contenidos de MgO y

K₂O en relación al CaO y Na₂O, y pueden relacionarse a alteración intensa de sericita y clorita. En contraste valores bajos de AI (< 30) reflejan contenidos altos de CaO o Na₂O que pueden deberse a alteración intensa de albita o calcita, más típicamente de alteración diagenética o metamorfismo regional.

En la Fig. 6.20, vamos a obtener los siguientes resultados: Los valores del área de la Bocana, Tejedores y Cerro Colorado, indican evidencia de alteración hidrotermal.

Los sondajes TG1 y TG3 (Tambogrande) marcan una tendencia de zona más próxima al foco que ha generado este hidrotermalismo y que indicaría depósitos de SMV, con valores de AI=100 y CCPI=100. Los estudios realizados en gabinete en Potrobayo indican valores promedio de CCPI (promedio) en el rango de 50 a 97 (AI=60 y CCPI=80).

Resultados de TL/Sb (talio y antimonio)

Ciertos elementos volátiles como el talio, el mercurio y el antimonio son reconocidos por generar extensos halos circundantes a depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) y que pueden llegar desde 50 m hasta kilómetros (Shauw, 1952; Smith y Huston, 1992).

Una importante guía de exploración e índice de TI/Sb proporciona halos extensivos que ocurren en el *hanging wall* (parte superior de los SMV) circundante a los depósitos de sulfuros masivos ricos en Zn.

TI y Sb tienden a concentrarse en bajas temperaturas en sistemas ricos en Zn, pero son probablemente solubles por precipitación en altas temperaturas de sistemas ricos en Cu. Halos similares no ocurren alrededor de los depósitos de Cu-Au.

Hay una variación en radio para TI/Sb en los depósitos de Zn; así los valores <1 no tienen un halo significante, mientras que en los mayores a >1, el halo tiende a ser más marcado y muy próximo al depósito (Large et al., 2000).

Los resultados de los sondajes, aplicando el cociente TI/Sb, proporcionan valores por debajo de TI/Sb <0.1; por tanto esto indica que no hay hidrotermalismo marcado en Potrobayo, La Bocana, Guitarras y Sausal, donde se ubican depósitos de SMV (veáse tabla en la base de datos).

CONCLUSIONES

- En general, para el área de Potrobayo, los indicadores hidrotermales son débiles como conjunto, indicando una actividad hidrotermal no muy intensa.
- Los valores de las muestras tomadas en Higuerón no indican evidencias de alteración o presencia de sistemas tipo VMS.
- Los valores del área de Potrobayo contrastan con los resultados de AI, CCPI y valores de NaO₂ de las áreas de Tambogrande, Cerro Colorado incluyendo las áreas Carrizalillo, Tejedores, y Leones. EIAI y CCPI en Tambogrande y en Cerro Colorado indican fuerte evidencia de alteración hidrotermal.
- En las áreas de Tambogrande y Cerro Colorado, los valores de NaO₂ sugieren la presencia de rocas tanto *footwall* o piso oceánico como de *hangingwall* o techo volcánico y, por lo tanto, estos índices pronostican la posible presencia de una zona de transición u horizonte productivo, o en su defecto un intrusivo máfico.
- La mezcla de los índices de alteración y valores de NaO₂ demuestran ser una útil herramienta para indicar la posible presencia de horizontes productivos asociados a sistemas de tipo sulfuros masivos volcanogénicos Una vez identificada una zona geoquímicamente favorable, se contrasta con las anomalías gravimétricas para obtener los blancos de exploración.

CAPÍTULO VII ANOMALÍAS ESPECTRALES-GEOFÍSICA

ANOMALÍAS ESPECTRALES

En gabinete se realizó el estudio del análisis de la imagen Landsat Tm banda 7,4, 2 (RGB) de la cuenca Lancones, y parte de los macizos Amotapes-Tahuín; la misma que está afectada por una tectónica desarrollada en el nivel estructural superior durante la Tectónica Andina, principalmente en el Cenozoico.

En las imágenes Landsat TM bandas 4, y posteriormente banda 7,4,2 (RGB) que abarca los cuadrángulos 8-c, 9-b, 9-c, 9-d, 10c, 10-d, 11-b, 11-c, 11d, 12b, 12c y 12d de la cuenca Lancones y parte de la cuenca Celica del lado ecuatoriano; se observan tres principales sistemas de lineamientos estructurales que se encuentran relacionados a la Deflexión de Huancabamba (Fig. 7.1), así como centros o focos volcánicos, posibles calderas volcánicas y anomalías de óxidos-arcillas que resaltan zonas prospectables de gran interés económico que se describen a continuación:

SISTEMA DE LINEAMIENTO ESTRUCTURAL NE-SO

- La imagen satelital a escala 1:250,000 que abarca los cuadrángulos antes mencionados, representa quizás a las primeras estructuras de fallamiento-fracturamiento de la cuenca Lancones. Las orientaciones de estas estructuras varían entre 45°y 70°.
- En este contexto tendrían sus orígenes los arcos volcánicos del Albiano-Cenomaniano, portadores de la mineralización de los sulfuros masivos tipo Kuroko de Pb-Zn-Cu.
- Estos últimos arcos están asociados a un volcanismo fisural y a centros o focos volcánicos submarinos de mares someros, debido a la presencia de facies ignimbríticas (Injoque et al., 2000).
- Las fallas E-O del dominio Jubones-Huaypira habrían generado zonas de tensión en la dirección NE–SO, favorables para el emplazamiento de intrusiones que están relacionadas con los pórfidos de Cu-Mo, skarns de Fe, epitermales de Au-Ag y vetas de oro relacionados a intrusivos.

- Las etapas de fracturación tardía habrían producido removilizaciones de mineralizaciones volcánico-exhalativas cretácicas, generándose numerosas vetas de baritina-Pb-Zn-Cu con orientación NE-SO, comprendidas en la zona de Tomapampa y Suyo.
- Se observa en la Figura 7.1 numerosos focos o centros volcánicos con dirección NE-SO en las zonas de Suyo e Higuerón; muchos de ellos han generado anomalías geofísicas gravimétricas.

SISTEMA DE LINEAMIENTO ESTRUCTURAL NO-SE

- En la imagen satelital se observa un sistema de lineamiento estructural con direcciones que varían entre 160°, 150° y 120°-110°, como fallas transcurrentes dextrales.
- Este sistema con sus respectivos movimientos de rumbo resulta compatible con el movimiento de giro en el sentido del reloj de la cuenca Lancones del Cretácico-Cenozoico (Mourier et al., 1968), como parte integrante del terreno Amotapes-Tahuín.
- Las fallas y fracturas de este sistema no parecen tener grandes desplazamientos de rumbo, como puede observarse en los contactos de falla en las formaciones volcánico-clásticas del Cretácico que afloran en el valle de los ríos Chira y Chipillico, y en el sector noreste de Las Lomas.

SISTEMA DE LINEAMIENTO ESTRUCTURAL E-O

- Los sistemas de fallas E-O representan los lineamientos mayores que limitan a la cuenca Lancones y posiblemente conforman el dominio estructural Jubones-Huaypira de la Deflexión Huancabamba.
- Este sistema de fallamiento-fracturamiento constituye una variación de la deformación relacionada al sistema noroestesureste.
- La Deflexión de Huancabamba estaría posiblemente relacionada a la tectónica compresional OSO-ENE del Albiano medio-Cenomaniano, definida como fase Mochica (Myers, 1974; Cobbing et al., 1981; Megard et al., 1984).



Figura 7.1:

Mapa de interpretación de lineamientos estructurales. Dominios litotectónicos.

- Es prueba de ello la deformación de los granitoides triásicos del dominio litotectónico Amotape-Tahuin (Sánchez et al., 2005) por fallas E-O, entre las que se puede mencionar a la falla Huaypira, en el lado peruano; mientras que las de Jubones, Arenillas y Angolo-Cusco están en el lado ecuatoriano.
- Por otro lado, las fallas E-O sinestrales del dominio Jubones-Huaypira habrían generado zonas de tensión en la dirección NE-SO, favorables para el emplazamiento de intrusiones campanianas (Winter, 2008) del Batolito de la Costa (Tangula de Ecuador), relacionadas con los pórfidos de Cu-Mo, skarns de Fe y Cu y epitermales de Au-Ag en la cuenca Lancones.

CENTROS VOLCÁNICOS SUBMARINOS Y/O POSIBLES CALDERAS VOLCÁNICAS

- En la imagen Landsat se observaron estructuras circulares que se identificaron como posibles centros o focos volcánicos submarinos y/o posibles calderas volcánicas.
- Estos centros volcánicos submarinos se originan en la conjugación de sistemas de fallas de dirección E-O y fallas de dirección N-S.
- La presencia de facies ignimbríticas se relacionan a dichos centros volcánicos submarinos de mares someros (Injoque et al., 2000).

- La generación de centros volcánicos o posibles calderas volcánicas están relacionadas con la formación de yacimientos epitermales que se distribuyen en el lado norte de la cuenca y que se extiende hacia la cuenca Celica en Ecuador, en los distritos de Macará y Zapotillo.
- En el mapa se trazan las posibles calderas formadas en un ambiente submarino de baja profundidad, en este contexto se han originado secuencias de ignimbritas albianas.
- Entre las estructuras circulares que se destacan en el mapa se encuentran: Naranjo, Cabuyal, Silverios (Hoja de Las Lomas 10c), en la Tina (frontera con Ecuador) y en el sector de Higuerón.

GEOFÍSICA

MÉTODOS GEOFÍSICOS EMPLEADOS EN LA CUENCA LANCONES

En el año 1978, BGRM (dentro del marco de la cooperación franco-peruana) programó dos sondajes de reconocimiento en el distrito de Tambogrande en base a una campaña de prospección geofísica, descubriendo un cuerpo de sulfuros masivos con leyes económicas de cobre, zinc y plata.

Asimismo, a mediados de 1979 uno de los primeros levantamientos geofísicos de campo empleado por José E. Arce, consideró utilizar un método galvánico que permitiera alcanzar la profundidad necesaria para detectar los sulfuros metálicos.

INGEMMET realizó en el año 1985 estudios geofísicos de tipo polarización inducida, con mediciones de cargabilidad y resistividad, así como de potencial espontáneo.

En estos estudios se definieron zonas con anomalías relevantes, notándose una clara coincidencia entre la anomalía de cargabilidadresistividad, principalmente en el sector central de Cerro Colorado, lado este de la cuenca Lancones.

Para la búsqueda de yacimientos de sulfuros masivos, los estudios de cargabilidad-resistividad son aparentemente los métodos más adecuados, ya que la presencia de concentraciones de sulfuros masivos aumentaría la cargabilidad del terreno, reduciendo consecuentemente su resistividad.

Posteriormente, en 1994 la Cía BISA realizó estudios geofísicos de levantamiento gravimétrico al oeste de Cerro Colorado, con resultados positivos.

GRAVIMETRÍA EN SULFUROS MASIVOS VOLCANOGÉNICOS

Los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos presentan una buena respuesta a la gravimetría debido a la densidad que varía entre 3 y 4 mGal en promedio, la cual genera un efecto de contraste entre el depósito y la roca que lo contiene, que está en relación de 2.5 hasta 2.8 mGal.

Los cuerpos mineralizados de tamaño económico pueden dar anomalías de 0.3 mGal a 5 mGal. En Tambogrande la anomalía que genera el depósito TG1 es de 7 mgal. (Fig. 7.2)

Los cuerpos de SMV poseen una densidad mayor que la roca de caja, en este caso domos dacíticos con alteración hidrotermal son fácilmente detectados por la gravimetría, reflejando una anomalía positiva.



Figura 7.2: Plano de Gravimetría en sulfuros masivos en Tambogrande, J. Arce (1979).

MAGNETOMETRÍA EN SULFUROS MASIVOS VOLCANOGÉNICOS

La magnetometría detecta las estructuras mayores como fallas, grandes lineamientos, subcuencas y cuerpos intrusivos. En Tambogrande, la magnetometría delinea perfectamente las subcuencas y/o *grabens* (fosa tectónica) donde se hospedan los sulfuros masivos. Este es el caso notorio del depósito TG3.

Al superponer el mapa gravimétrico con anomalías positivas versus la magnetometría de campo total, para el caso de Tambogrande (TG1 y TG3), estas anomalías positivas se encuentran en zonas de bajos magnéticos (Fig. 7.3). Es decir, una guía para la identificación de probables depósitos de sulfuros masivos (SMV) es la coincidencia de zonas de altos gravimétricos con bajos magnéticos, como sugieren los datos de Manhattan Minerals Corporation para los depósitos TG3 y B5.



Figura 7.3: Plano de Magnetometría en sulfuros masivos (Tambogrande), J. Arce (1979).

Esto se debe a que los cuerpos de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) poseen una densidad mayor que la roca de caja, en este caso domos dacíticos con alteración hidrotermal; por ello son fácilmente detectados por la gravimetría, reflejando una anomalía positiva. Por otro lado, la magnetometría refleja una anomalía negativa debido que la roca de caja y los domos dacíticos se encuentran alterados y sin la presencia de minerales magnéticos (ferromagnesianos) debido al hidrotermalismo.

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad del subsuelo es afectada por el contenido de agua, la salinidad y el contenido de mineral de ésta. En general es representativa de variaciones litológicas, las mismas que pueden ser influenciadas por la presencia de sulfuros metálicos. Este método puede ser engañoso en cuanto a que existen estructuras de alteración que causan anomalías de baja resistividad. Por ello, es preferentemente utilizado como complemento de polarización inducida.

Por otro lado, los sulfuros masivos volcanogénicos son buenos conductores, por lo que en muchos de los casos se utiliza el método de resistividad para su exploración indirecta.

POLARIZACIÓN INDUCIDA

La presencia de elementos metálicos altamente conductores y dispuestos en masas de roca con conductividad iónica, origina el fenómeno de la polarización de campos eléctricos cuando se aplica corriente intensa y controlada desde la superficie.

Los cuerpos metálicos se comportan como condensadores que se cargan y se descargan, dependiendo de la intensidad de la corriente aplicada, del tiempo de aplicación y de las relaciones de conductividad entre los diferentes minerales del subsuelo.

En general, cuando no hay sulfuros metálicos los valores corresponden al nivel del fondo y se acercan a 0. Sin embargo, existen minerales no metálicos con alta cargabilidad como el grafito, la sericita, etc., que pueden producir anomalías de IP.

En Tambogrande, la polarización inducida y la resistividad eléctrica comprobaron que la cubierta de óxidos tiene resistividades tan bajas que habrían provocado el enmascaramiento de los conductores al aplicar una técnica electromagnética.

En el caso de la cuenca Lancones, así como en muchos metalotectos de sulfuros masivos del mundo, los depósitos se encuentran asociados a los eventos félsicos del volcanismo bimodal. En nuestro caso las secuencias félsicas ofrecen una buena respuesta ante el método radiométrico. Asimismo, se cita el antecedente de utilizar el Pro-TEM-Electro-magnético, pero los cuerpos conductores eran de muy baja resolución y durante la campaña de perforación se comprobó que los horizontes sedimentarios piríticos (pirita diseminada) representaban estas anomalías semi-conductoras.

Los métodos eléctricos han sido utilizados para la prospección geofísica por sulfuros masivos en la cuenca Lancones, aunque los resultados no han sido muy favorables (Fig. 7.4).

INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN DE GRAVIMETRÍA AÉREA SOBRE LA CUENCA LANCONES

La gravimetría aérea llamada Falcon, técnica del Protem-Conductividad (móvil loop) y la magnetometría, fueron utilizadas por primera vez en el Perú por BHP Billiton en el año 2001. Se sobrevoló gran parte de la cuenca Lancones, así como los depósitos conocidos como TG1, TG3 y B5 ubicados en el distrito de Tambogrande, con la finalidad de obtener datos geofísicos y así tener un punto de comparación con otros depósitos situados dentro de la cuenca.

Se trazaron perfiles cada 200 metros (EW) con Protem y magnetometría sobre la cuenca. Este método gravimétrico comprobó que los depósitos de sulfuros masivos responden como una alta anomalía gravimétrica y baja anomalía magnética (condición necesaria para ubicar estos tipos depósitos).

La interpretación que se obtiene para los centros intrusivos se refleja en la imagen como arcos semicirculares de bajos gravimétricos. Algunos pórfidos cupríferos se manifiestan como bajos gravimétricos; por ejemplo, el pórfido Chancadora.

Las anomalías que sobresalen en la imagen gravimétrica, están asociadas litológicamente a la Formación volcánica Ereo en la parte sur del mapa, compuesta predominantemente por rocas volcánicas comprendiendo basaltos y andesitas con estructuras en almohadillas.

En la Figura 7.5 están marcados con una «X» sobre la anomalía de color rojo. Las anomalías recaen en las áreas: Cerro Colorado, Chancadora, La Copa, Papayo, Potrobayo, Tambogrande y Valdivia.



Figura 7.4: Figura de referencia del estudio geofísico IP realiazadao en la cuenca Lancones (Fuente: Web Plexmar).



Figura 7.5: Anomalías gravimétricas de la cuenca Lancones (Imagen tomada de: Vidal, 2005).

CAPÍTULO VIII FRANJAS Y ÉPOCAS METALOGENÉTICAS

FRANJAS METALOGENÉTICAS

Los depósitos minerales del área comprendida dentro del estudio de la Deflexión de Huancabamba se distribuyen en siete franjas metalogenéticas comprendidas y definidas en el Mapa Metalogenético del Perú y relacionadas a características litológicas, estructurales y de contenido metálico.

Las vetas de baritina-Pb-Zn-Cu han sido excluidas de las provincias metalogenéticas debido a que no tienen una roca huésped definida y sus contenidos metálicos son variables, tal como lo definen Injoque et al. (2000). Además estas vetas se distribuyen en varias franjas.

Entre las franjas metalogenéticas del área de estudio se encuentran: (Veáse Mapa N° 6)

Franja VI: Pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior

Esta franja se extiende al sector oriental de la zona de estudio, dentro del dominio tectónico Olmos-Loja. Está limitada por fallas regionales N-S mayormente inversas, sus rocas huéspedes están conformadas por secuencias carbonatadas y volcánicas del Jurásico. La mineralización de Cu-Au se relaciona con stocks intrusivos del Jurásico superior, con edades absolutas alrededor de 153 Ma (Litherland et al., 1994).

El basamento está intruido por el Batolito de Zamora (Ecuador), de composición de tonalita, granodiorita y diorita que tiene afinidad calco-alcalina y edad Jurásico inferior a media (datado en el Ecuador en 202 Ma, por Ar/Ar, Sánchez, 2005b) y con plutones asociados que se extienden hasta la zona de estudio, como el de Rumipete. Este batolito estaría relacionado a estas ocurrencias que inicialmente fueron asignadas como Faja Metalogenética Miocénica de los Andes Central y Norte del Perú (Vachon et al., 1998), pero con las nuevas dataciones estarían más relacionadas con el metalotecto Oyotún y con el subcinturón oriental del Ecuador, generado durante el Jurásico medio-superior (166-144 Ma).

Relacionada a esta faja, con estructuras geológicas con tendencia andina NO-SE, está Hualatán que es un depósito de vetas de cuarzo y oro en rocas volcánicas jurásicas, con mineralización en forma de múltiples crestas y brechas de sílice con silicificación y argilitización (INGEMMET, 1990) dentro de un corredor NO de 3 km de ancho por 10 km de largo. El oro se presenta diseminado y con una ley promedio de 2.3 g/t Au que puede alcanzar hasta 16.2 g/t. La mineralización se encuentra alojada dentro de un paquete de rocas volcánicas andesíticas a félsicas argilizadas que suprayacen a las cuarcitas del Cretácico (Absolut Resources Corp., 2004).

Franja VII: Sulfuros masivos volcanogénicos de Cu-Zn-Au del Albiano

Se sitúa en el sector sur occidental de la cuenca Lancones y se emplazó dentro de un contexto de *rift* (Tegart et al., 2000; Ríos 2004). La mineralización se hospeda en rocas volcánicas submarinas del Albiano, que comprenden basaltos a riolitas y una afinidad geoquímica toleítica. La mineralización se relaciona con la actividad magmática dacítica. Los principales controles estructurales regionales son fallas NNE-SSO y ONO-ESE.

El más importante depósito es Tambogrande, el cual presenta edades de mineralización de 100.2 \pm 0.5 a 104 \pm 2 Ma por el método U/Pb (Winter et al., 2002). Conforma un depósito volcanogénico de sulfuros masivos de Cu-Zn de gran tonelaje, asociadas a domos dacíticos dentro de un ambiente distensivo. Se manifiesta como un prominente afloramiento sílico ferruginoso con gossan asociado de 550 x 200 m, ubicado bajo el poblado de Tambogrande.

Los recursos de esta franja se estiman en 163 t de oro, aproximadamente 4500 t de plata, y 2 Mt de zinc.

Franja X: Pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior

Aunque se extiende discontinuamente hasta el sur del Perú, en el centro de la cuenca Lancones los depósitos de esta franja están controlados por fallas con orientaciones NE-SO, E–O y NNE–SSO. La mineralización de Cu-Mo está relacionada con granitoides del Cretácico superior (en aproximadamente 75 Ma, como el Complejo Plutónico de Las Lomas) y hospedada en los niveles

volcánicos félsicos de las secuencias volcano-sedimentarias del Albiano-Cenomaniano.

Los sistemas del tipo pórfidos cupríferos se encuentran alineados en lo que se ha denominado cinturón magmático-hidrotermal. Algunos pórfidos de la cuenca Lancones están muy erosionados, tal como se observa en las rocas intrusivas comprendidas en el área de estudio, que varían de pórfido con poca matriz a roca fanerítica. Estos pórfidos se habrían emplazado en una corteza delgada, por lo que no estarían enriquecidos en contenido metálico, sin embargo esta postura es especulativa al no haberse llevado a cabo ninguna campaña sistemática de perforación diamantina. En esta franja destacan los proyectos Orquetas, Curi-Lagartos, Chancadora, Cascajo Blanco y otros.

Chancadora es el depósito más representativo, con una mineralización en un granito rojo fuertemente cizallado a lo largo de un rumbo NO-SE, con vetillas de limonita con carbonatos de cobre y un entramado reticular de cuarzo con estructuras *stockworks* de venillas de sílice; mientras Orquetas está emplazada en la Granodiorita Las Lomas e intruida por el Monzogranito Peña Blanca, en la parte central del Complejo Plutónico de Las Lomas del Cretácico superior.

Hay mineralizaciones del tipo skarn al contacto de stocks subvolcánicos ácidos e intermedios del Complejo Plutónico Las Lomas, con las secuencias carbonatadas de la Formación La Bocana. No presentan valor económico, pero destacan la presencia de magnetita, actinolita, granates, epidota, pirita y carbonatos de cobre en stocks con morfología de colinas bajas aisladas. Entre estos indicios están El Noque, Pampa Quemada, Tejedores y Pueblo Nuevo.

Además hay algunas estructuras vetiformes o filones con débil mineralización polimetálica (Cu-Pb-Zn y baritina) en Papayo, Revolcadero, Recodo, La Copa, Silverios, etc, abundantes pero de tamaño pequeño y sin interés económico, que sin embargo pueden proporcionar información metalogenética valiosa.

Estas vetas están emplazadas mayoritariamente en la Formación La Bocana y la Formación Ereo, presentan rumbo NE con espesores de centímetros y hasta 6 m, con una continuidad muy restringida. Así se han registrado numerosos cateos con explotación de baritina (probables manifestaciones hidrotermales tardías), que se encuentran en los depósitos de Cerro Colorado, Papayo, Silverios y Tomapampa. Esta baritina exhalativa como manto es indicativo de presencia de sulfuros masivos volcanogénicos en la zona.

Finalmente existen en toda la región vetas de cuarzo \pm calcita \pm baritina con presencia de calcopirita, que parecen ligadas al intrusivo

de las Lomas, y que podrían ser removilizaciones de las mineralizaciones volcánico-exhalativas cretácicas.

Si bien la fuente de los metales de estas vetas polimetálicas no está definida, probablemente provenga de la lixiviación de las rocas cajas a profundidad y también de fluidos magmáticos, pudiendo representar el nivel superior de depósitos porfiríticos de Cu, pero está relación genética no está definida.

Franja XI: Sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior

Está emplazada en dos zonas, una en la parte central de la cuenca Lancones que comprende solo el Cretácico superior y la otra en el flanco oeste de la Cordillera Occidental entre La Libertad e Ica, fuera de la zona de estudio que abarca del Cretácico superior al Paleoceno. Los depósitos de la cuenca Lancones están hospedados en los niveles volcánicos félsicos calcoalcalinos del Albiano-Cenomaniano.

En este sector son conocidos los depósitos El Papayo, Potrobayo, La Bocana, La Saucha, y Tomapampa, 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.

Potrobayo se hospeda en secuencias volcano-sedimentarias de la Formación La Bocana, presenta mineralización de hierro con anomalías de Cu, Pb y Zn, así como la presencia de algunos cuerpos pequeños de baritina; mientras Tomapampa presenta alteraciones hidrotermales con núcleos fílicos (sílice-sericita-óxidos) y extensos halos propilíticos (cloritas-zeolitas-halloysita) con zonas de alteración fílica-óxidos y unos recursos que 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 Aq. (Ríos, 2004).

Franja XII: Epitermales de Au-Ag del Cretácico superior-Paleoceno

Se emplaza en el sector central de la cuenca Lancones. Las estructuras mineralizadas son vetas de cuarzo-oro, muchas de ellas irregulares, con orientaciones NE-SO y hospedadas en rocas volcánicas del Albiano-Cenomaniano. A los depósitos de Au-Ag que constituyen esta franja se les asocia con mineralizaciones provenientes de granitoides del Cretácico superior-Paleoceno del área (Injoque et al., 2000). Entre los depósitos más representativos se puede mencionar a Bolsa del Diablo, Potrero, Suyo, Servilleta, Cuchicorral, Pampa Larga y Pilares.

Bolsa del Diablo tiene oro con leyes de 45 y 300 g/t y plata asociada a cuarzo con óxidos de hierro y baritina cerca de un intrusivo pórfido dacítico silicificado; mientras en el distrito aurífero de Suyo, las leyes varían de 5 - 270 g/t de oro, al igual que en Cerro Servilleta.

En esta franja también existen vetas hospedadas en los intrusivos, las cuales tienen contenidos de Au, Ag, Cu, Zn +- Pb. Estas vetas se consideran como depósitos relacionados a intrusivos similares a los de la Franja Nazca-Ocoña del sur del Perú. Las vetas mineralizadas tienen dirección NE-SO y E-O, y presentan mineralzaciones de esfalerita y calcopirita, asi como leyes de oro hasta de 98 g/t. Estos depósitos formarían parte de un segmento norte de la Franja IX del mapa metalogenético «Depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusivos del Cretácico superior-Paleoceno» (véase el mapa en Anexos).

La actividad minera informal y artesanal en todo la franja reporta una producción mensual aproximada de 8 a 12 toneladas de mineral con leyes variables de oro 5-100 g/t, que en algunos casos puede alcanzar los 270 g/t (INGEMMET, 2009, informe interno).

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

Se ubica a lo largo de toda la Cordillera Occidental y en la zona de estudio forma dos zonas. Una al norte que se prolonga al Ecuador; y otra al sur controlada por la faja corrida y plegada del Marañón (MTFB), en donde ocurre un progresivo cambio de orientación hacia el norte de ONO-ESE hasta N-S, al aproximarse a la Deflexión de Huancabamba. Es el equivalente del segmento norte de pórfidos cupríferos terciarios de la Cordillera Occidental (Soler at al., 1986), de las brechas y pórfidos de Cu asociados con stock subvolcánicos del Oligoceno-Mioceno del norte peruano (Cardozo y Cedillo, 1990) y de la faja metalogenética miocénica de los Andes central y norte del Perú (Vachon et al., 1998).

Se ubica a lo largo del Dominio Olmos-Loja de un basamento de rocas metamórficas del Paleozoico inferior y medio, como el Complejo de Olmos, el Grupo Salas y la Formación Río Seco del Perú, afectadas por grandes cabalgamientos y pliegues, de diferente grado metamórfico y sobreyacidas por los volcánicos del Grupo Calipuy y que también sobreyace al batolito granítico a granodiorítico de Tangula (114 Ma en K-Ar, biotita; Sánchez, 2005b) del Ecuador y al Batolito de la Costa en el Perú (datado en 93 Ma Ar/Ar en biotita y 122 Ma datado en hornblenda, Sánchez, 2005b).

Esta franja presenta tres eventos magmáticos relacionados con la mineralización estimada en 22-20 Ma, 18-13 Ma y 10-5 Ma. Estos eventos magmáticos están manifestados por el emplazamiento de stocks intrusivos calcoalcalinos dioríticos a granodioríticos. El tercer evento magmático de 10-5 Ma ha generado los depósitos tipo pórfido Cu-Mo (Au), tal como el de Río Blanco.

Río Blanco presenta un complejo de múltiples fases intrusivas con un núcleo de cuarzo y con amplio desarrollo de brechas ígneas. Se ha registrado 1250 Mt con 0.55 % de Cu y 0.026 % de Mo (Pratt y Bristow, 2005).

Otros depósitos en el sector sur de la zona son los de Peña Verde, con alteración argílica avanzada relacionada a un intrusivo diorítico, y La Huaca, en stocks y diques porfiríticos de composición monzonítico, cortando a las andesitas con intercalaciones de limoarcillitas y areniscas de la Formación Oyotún y la Formación Gollarisquizga (INGEMMET, 2001).

Franja XXI. Epitermales de Au-Ag del Mioceno

De amplia distribución a lo largo de la Cordillera Occidental. Se extiende en los volcánicos cenozoicos, como el Grupo Calipuy formado por lavas y depósitos piroclásticos entre 54 y 8 Ma (Cossio, 1964; Wilson, 1975; Farrar y Noble, 1976; Noble et al., 1990; Davies, 2002; Rivera et al., 2005), comprendiendo cuatro grandes periodos de emplazamiento: Eoceno (35.2 Ma), Oligoceno inferior (27.3 Ma), Oligoceno superior-Mioceno inferior (23.7 Ma) y Mioceno entre 18.7 y 19.5 Ma.

Esta secuencia volcánica está cortada por cuerpos subvolcánicos andesíticos y dacíticos datados en 35.2 ± 0.4 y 13.7 ± 0.2 Ma que también cortan secuencias sedimentarias mesozoicas (Rivera, 2007).

OTROS ZONAS DE INTERES METALOGENÉTICO

Depósitos bandeados (estratoligados) de Fe en rocas metamórficas del Complejo Olmos

En la parte centro meridional del Dominio Olmos-Loja, conformado por rocas metamórficas del Paleozoico inferior: Complejo de Olmos, Grupo Salas y la Formación Río Seco del Perú (Reyes y Caldas, 1987; Sánchez, 1995), hay muchos yacimientos filonianos hipotermales y metasomáticos de Fe de la costa, que evidencian numerosas características de metalogenia con una estructuración premesozoica (Soler, et al, 1986), que podría estar relacionada una mineralización paleozoica y precambriana.

Estas mineralizaciones muestran ensambles de minerales metamórficos de grado más alto, con una influencia de intrusivos simultáneos o posteriores al metamorfismo, como los que apreciamos en Porculla (Olmos) con ensambles de biotita-moscovita-clorita y recristalización de feldespatos en cercanía a intrusivos del Cretácico superior-Paleoceno.

Como génesis de estos depósitos podrían relacionarse cuerpos de gabros y depósitos de anfibolita-magnetita-calcopirita de otras zonas del Perú, en donde la segregación y la actividad hidrotermal originó migraciones entre estos intrusivos y pilas volcánicas (Vidal, 1985).

Vetas de cuarzo-oro en rocas paleozoicas del Complejo Olmos

En el mismo Dominio Olmos-Loja se encuentra la ocurrencia de la mna San Martín de Porres, que presenta una mineralización que estaría más relacionada con las intrusiones permotriásicas o inclusive con intrusiones más antiguas, todo en base a correlaciones de vetas auríferas de la misma edad en otras regiones, como las vetas auríferas del Hercínico Temprano (Canchaya y Aranda, 2001) de la Cordillera Oriental.

ÉPOCAS METALOGENÉTICAS

Por definición, las épocas metalogenéticas representan una unidad de tiempo geológico favorable para la depositación de fluidos hidrotermales y menas, y están caracterizadas por una agrupación particular de depósitos minerales, los cuales pueden corresponder a varios pulsos mineralizantes en una misma área. Asimismo, varias épocas metalogenéticas pueden estar representadas en la misma área.

Según las edades de mineralización reportadas en la zona de estudio, se han determinado hasta seis épocas de mineralización, relacionadas cada uno a eventos magmáticos y definidas en diferentes edades, la mayoría de ellas determinadas a partir de la edad de sus rocas hospedantes.

PALEZOICO

Está relacionada con las vetas auríferas en rocas paleozoicas del macizo Olmos y las vetas auríferas del Hercínico Temprano (Canchaya y Aranda, 2001), expresadas en forma de vetas de oro y cuarzo.

Las vetas auríferas están originadas por intrusivos que han desarrollado ensambles minerales metamórficos de alto grado dentro del Complejo Olmos (Dominio Olmos-Loja). La ocurrencia reconocida formalmente es la mina San Martín de Porres, no se descarta la evidencia de otras ocurrencias.

JURÁSICO INFERIOR

Está relacionada con la franja de Cu–Mo-(Au-Ag) en rocas volcánicas jurásicas de la Formación Oyotún, dentro del Dominio Olmos-Loja.

Se correlaciona con las mineralizaciones de Cu definidas en los Andes centrales entre Perú, Chile y Argentina, de edades del Paleozoico tardío y Mesozoico temprano, y con sobreimposiciones de otra mineralización de cobre del Mesozoico medio y tardío (Sillitoe y Perello, 2005).

Se correlaciona con las épocas de mineralización del subcinturón oriental del Jurásico medio superior relacionado con el Batolito de Zamora. En Ecuador se le ha datado en 202 Ma por el método Ar/ Ar, pero no se descartan otras edades debido a que se encuentran intruyendo al metalotecto Oyotún del Jurásico medio superior (166-144 Ma).

La Formación Oyotún se la ha datado en base a superposición estratigráfica (Sánchez, 1995) y con evidencias de fragmentos de fósiles en los niveles sedimentarios superiores de esta unidad que alcanzan una edad Titoniana a Valanginiana.

APTIANO-ALBIANO-CENOMANIANO

Se ubica en la cuenca Lancones con mineralizaciones de Cu-(Pb-Zn-Au-Ag) y originó los principales depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos asociados al emplazamiento del volcánico Ereo. Este se compone de un complejo de lavas de flujo-domo dacíticas, que incluyen rocas máficas e intermedias que presentan afinidad toleítica e influencia mantélica y que son de edad Albiana sobre la base de dataciones isotópicas (Winter, 2008) y por fósiles guías de ammonites (Ríos, 2004), así como gimnospermas del género *Cycadeoidea sp.*, que indican también una edad del Albiano (Reyes y Caldas, 1987).

Se considera al yacimiento de sulfuros masivos de Cu-Zn-Au tipo Tambogrande, como un evento de mineralización dentro de esta época metalogenética. La edad de mineralización de Tambogrande está comprendida entre 100.2 ± 0.5 a 104 ± 2 Ma por el método U-Pb en zircones (Winter, 2008).

En el Cenomaniano se incluyen yacimientos de sulfuros masivos tipo Kuroko de Pb-Zn-Cu, hospedados en secuencias volcanosedimentarias de edad Albiana-Cenomaniana.

La edad de esta unidad ha sido determinada a partir de la presencia de fósiles en los niveles sedimentarios como gimnospermas del género *Cycadeoidea sp*, ammonites del género *Mortoniceras* cf. *Marrecacia Maury* (Reyes et al., 1987). La mineralización de Pb-Zn-Cu está relacionada a los niveles volcánicos bimodales con afinidad geoquímica toleítica a calcoalcalina de la Formación La Bocana.

CRETÁCICO SUPERIOR

Se relaciona con la franja metalogenètica de Cu-Mo (Au) de la cuenca Lancones y que originó depósitos de pórfidos cupríferos,

epitermales y skarn asociados con el Batolito de la Costa (emplazado en episodios de 101-37 Ma) que intruye a los sedimentos de la cuenca Lancones y en el que el segmento Piura está representado por el Complejo Plutónico Las Lomas (equivalente del Batolito de Tangula del Ecuador) expresado como una unidad plutónica. Este foco ígneo coincide con el origen de un cinturón magmático-hidrotermal asociado a sistemas de tipo pórfido cuprífero con epitermales de alta y baja sulfuración, skarns y vetas polimetálicas, con transiciones de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV).

Este evento magmático fue datado en Ecuador en 114 Ma (por el método K-Ar en biotita), y en el lado peruano tiene dataciones de Ar/Ar que dan una edad de 93 Ma en biotita a 122 Ma en hornblenda (Sánchez, 2005).

CRETÁCICO SUPERIOR-PALEÓGENO

Asociado con las mineralizaciones de Fe en rocas metamórficas del Complejo Olmos, el cual se relacionaría con el Intrusivo de Tabaconas, descrito como un cuerpo de tonalíta a granodioríta de edad probablemente Cenozoica inferior asociada con el Batolito de la Costa, y que estarían relacionados con los cuerpos de gabros, originarios de depósitos de anfibolita-magnetita-calcopirita de otras zonas del Perú (Vidal, 1985).

Estos gabros y dioritas se presentan en el segmento Piura, sin deformación y sin relación con las unidades volcánicas mesozoicas (Injoque, 2001).

MIOCENO

Se manifiesta hacia la Cordillera Occidental, originando mineralizaciones de Cu-Mo-(Ag-Pb) en rocas volcánicas miocénicas (Grupo Calipuy) del Dominio Olmos-Loja. Se caracteriza por sus pórfidos de Cu y asociado a stocks porfiríticos dentro del Grupo Calipuy.

Esta mineralización se correlaciona con el Subcinturón del Mioceno medio a Plioceno inferior (17-5 Ma), asociado con el Intrusivo de Portachuelo, en donde además se definió tentativamente a un Subcinturón de edad Miocena medio-temprano, con plutones de edad Oligocena inferior (Prodeminca, 2000)

El Intrusivo de Portachuelo fue datado en 20 Ma (Zamora y Litherland, 1993) en Ecuador, y en el Perú se le denomina Granodiorita de Río Blanco, en tanto que la actividad hidrotermal fue datada en sericita (11.2+/-0.5 Ma) y biotita (10.4+/-0.4 Ma), obteniéndose una edad Miocena superior (Andrew & Warren, 2005).

Por otro lado se correlacionan estas edades con las mineralizaciones del Mioceno al Plioceno inferior definidas en los

Andes centrales entre el Perú, Chile y Argentina (Sillitoe y Perello, 2005).

RELACIÓN ESPACIO-TIEMPO Y MAGMATISMO ASOCIADO CON LOS DEPÓSITOS MINERALES

La Figura 8.1 muestra una representación esquemática de la relación espacio-tiempo de los depósitos minerales del área de estudio así como el magmatismo al cual está asociada la mineralización.

En la Cordillera de la Costa (Paita, Talara y Tumbes) se han reconocido dos eventos magmáticos del Triásico-Jurásico datados en 229 Ma (Winter, 2008) y 219 Ma (Ulrich 2005). Estos eventos magmáticos cortan la secuencia metamórfica del Paleozoico correspondiente al bloque Amotape-Tahuin. No se ha reconocido ningún tipo de mineralización asociada a este magmatismo.

Hacia el flanco pacífico de la Cordillera Occidental se registra un vulcanismo submarino (Formación Ereo) del Cretácico inferior 115 a 104 Ma (Winter, 2008) (Figura 8.2). Este vulcanismo 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 (TG1, TG3 y B5). 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; estos arcos están asociados a un volcanismo fisural y a centros volcánicos submarinos de mares someros debido a la presencia de facies ignimbríticas (Injoque et al., 2000). Están asociados a este vulcanismo los depósitos de sulfuros masivos de Pb-Zn-Cu tipo Kuroko como La Bocana, La Saucha, El Papayo, Potrobayo, Tejedores, etc.

Asimismo, son posteriores a estos vulcanismos los eventos intrusivos de 70.84 Ma y 43 Ma (Winter, 2008), los cuales están controlados por fallas de dirección NE-SO y E-O y asociados a la mineralización de pórfidos de Cu-Mo como Chancadora, Cascajo Blanco y Curi-Lagartos; y a depósitos epitermales de Au y Ag como son Bolsa del Diablo, Alvarado, Servilleta, Pilares, Suyo, etc.

Hacia la Cordillera Occidental se encuentra un magmatismo más joven, con edades de 19 a 12 Ma (Litherland, 1994) y controlado por fallas de dirección N-S. Este magmatismo está asociado a la mineralización de depósitos tipo pórfidos de Cu-Mo-Au datados en 10.4 Ma (Birstow, 2005), como el caso del Proyecto Río Blanco.

En la Cordillera Oriental, a lo largo de la frontera Perú-Ecuador (en el sector de la Cordillera del Cóndor), hay tres eventos magmáticos controlados por sistemas de Fallas N-S. El primero con 180 Ma (Baldock, 1977) y el segundo de 153 Ma (Litherland, 1994), que corresponde al Batolito de Zamora; no se ha reconocido mineralización asociada a estos dos primeros eventos. El tercer evento magmático de 96 Ma de edad (Belik, 2008, Dorato Resources) corresponde a una reactivación de estas fallas N-S y está asociado a la mineralización de pórfidos de Cu-Mo-Au como el Tambo, y numerosas vetas epitermales de Au-Ag.

En la cuenca oriental hay un dominio de rocas calcáreas (calizas y dolomitas) correspondientes al Grupo Pucará del Triásico Jurásico. Estas rocas calcáreas se caracterizan por hospedar mineralizaciones de Pb-Zn del tipo Mississippi Valley (MVT) como, por ejemplo, los depósitos de Bongará y Florcita. Estos depósitos aun no han sido datados y tampoco están relacionados con eventos intrusivos, pero se le puede asignar como edad máxima de mineralización la edad de la roca hospedante que corresponde al Jurásico inferior.

Conclusiones

En el gráfico se observa claramente que el magmatismo se hace más joven hacia el continente, registrando edades desde el Triásico en la Cordillera de la Costa hasta el Mioceno en la Cordillera Occidental siendo el magmatismo del Mioceno el que alberga la mineralización más importante.

En la Cuenca Lancones ocurre un vulcanismo submarino de edad Albiana, asociado a depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu-Au. Luego de este vulcanismo submarino ocurre un vulcanismo de mares más someros relacionado a mineralización de depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) de Pb-Zn-Cu tipo Kuroko.

Las vetas epitermales y las vetas relacionadas a intrusivos y pórfidos de Cu-Mo ubicados en la cuenca Lancones están asociadas al magmatismo del Cretácico superior-Paleoceno datado entre 70 y 43 Ma, y corresponde al segmento Piura del Batolito de la Costa.



Figura 8.1: Relaciones entre el magmatismo en espacio-tiempo de los depósitos del noroeste del Perú.



Figura 8.2: Epocas metalogenéticas y tipos de yacimentos metálicos en la cuenca Lancones.
CAPÍTULO IX POTENCIAL MINERO-ECONÓMICO

En los yacimientos metálicos comprendidos en el presente estudio, destaca el potencial minero-económico de los yacimientos de sulfuros masivos, depósitos porfiríticos de cobre y principales prospectos de oro de origen epitermal, así como otros prospectos de oro relacionados a intrusivos.

DEPÓSITOS METÁLICOS Y SUS RESERVAS

Dentro del estudio de la Deflexión de Huancabamba existen depósitos metálicos que destacan por su enorme potencial, entre ellos:

DEPÓSITO DE SULFUROS MASIVOS Y METALES PRECIOSOS

Tambogrande (Fig. 9.1) es un depósito conocido desde fines del siglo XIX que fue considerdo inicialmente como una reserva de hierro. Posteriormente, en la década de 1970, BRGM e INGEMMET descubrieron por medio de estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos y por sondajes diamantinos, que debajo de la cubierta ferrífera existía un depósito de sulfuros masivos. Luego, a fines del siglo pasado y a comienzos del presente, la Compañía Manhattan Minerals llegó a un acuerdo con Centromin y descubrió el depósito Tambogrande conocido como TG1, que contenía oro además de

sulfuros. Asimismo, permitió identificar dos nuevos cuerpos de sulfuros denominados TG3 y B5 localizados a 500 m, y 11 km al sur del cuerpo TG1. El depósito B5 está cubierto en toda su extensión por una gruesa capa de material eólico y del Cenozoico, de 380 a 400 m. Este depósito fue descubierto empleando la geofísica.

Tambogrande es un depósito de categoría mundial debido al volumen de los metales básicos así como por sus leyes.

Cuadro 9.1 Tonelaje y leyes de los depósitos de Tambogrande (Manhattan Minerals Corporation 2004, citado en Winter y Tosdal, 2004)

Cuerpo	№ de Sondajes	TM en millones	Cu %	Zn %	Au g/t	Ag g/t
Tg1 Óxidos	357	7 964			3,6	62
TG1 Sulfuros	357	56 156	1,6	1	0,5	26
TG3 Sulfuros	53	82	10	1,4	0,8	25
B5 Sulfuros*	14	100				

(*) Un sondaje en B5 cortó 53 metros con 4.6 % Cu y 17 gramos de plata, mientras que otro cortó 86 metros con 2.7 % de cobre y 19 gramos de Ag (Manhattan Minerals Corp, información de prensa del 19 de julio del 2004).



Fotografia 9.1: Tambogrande visto desde el cerro La Cruz. El depósito TG1 se localiza en el subsuelo.



Figura 9.1: Sección longitudinal del depósito TG-1 de Tambogrande (Córdova, 2001).

DEPÓSITO PORFIRÍTICO DE COBRE

Río Blanco fue descubierto en 1994 a través de los trabajos de reconocimiento regional emprendidos por la Cía Newcrest Mining de Australia. Monterrico adquirió la propiedad en 2001, después de un programa de perforación diamantina. En el 2003 negoció la adquisición del 100 % del proyecto. Se reportan cálculos realizados por la

compañía Snowden Mining Industry Consultants de 1,303 millones de TM entre recursos indicados e inferidos. Actualmente el estudio se encuentra en factibilidad.

Las ventas brutas proyectadas por Río Blanco están estimadas en US\$ 500 millones por año y generará regalías de 10 a 15 millones de dólares por año (Web: Proyecto Río Blanco).



Fotografia 9.2: Los recursos que se encuentran principalmente en la colina de Henry se han estimado en 1,257 millones de toneladas con 0,57 % de cobre y 228 ppm de molibdeno.

Río Blanco	Millones de	Cu ∞	Mo	Río Blanco	Millones de	Cu %	Mo
Recuisos(I)	loneiduds	70	ppin	Reservas(2)	loneiduds	70	ppin
Medido	146	0,73	235	Demostrado	133	0,74	232
Indicó	670	0,56	234	Probable	365	0,59	210
Inferirse	441	0,52	216	-	-	-	-
Total de Recursos	1 257	0,57	228	Reserva Total	498	0,63	216

Cuadro 9.2 Tonelaje y leyes del Proyecto Rio Blanco

1) Snowden - marzo de 2006 (JORC conforme) @ un 0,4% de corte Cu. Basado en 53 mil metros de perforación diamantina (157 pozos de perforación) y dos socavones. (2) NCL Ingeniería y Construcción SA - Diciembre de 2006 @ a 0.38% Cu cutoff (2) NCL Ingeniería y Construcción SA - Diciembre de 2006 @ un 0,38% de corte Cu.

PROSPECTOS DE ORO

En él area de estudio se confirma la existencia de depósitos epitermales como los proyectos Bolsa del Diablo, Cuchicorral, Jambur, Roca Rajada, Servilleta, Alvarado, Algodonal, Chivatos, Guitarras, Pilares, Potreros, Suyo, entre otros.

En los tres últimos años han surgido actividades de minería artesanal de explotación de oro por vetas. Depósitos similares aparecen también en Chinguela y Ñangali en la provincia de Huancabamba.

PRODUCCIÓN AURIFERA

Desde inicios del siglo pasado se ha desarrollado una actividad minera aurífera artesanal en toda la región Piura, especialmente en la zona de estudio. Estas manifestaciones se presentan en los sectores Guitarras, Servilleta, Cuchicorral, Bolsa de Diablo, Cachaquitos, Las Lomas, Suyo y Paimas, intensificándose considerablemente en los últimos ocho años de una manera exponencial (Fig. 9.2).

Se calcula un centenar de pequeñas operaciones mineras artesanales, distribuidas en toda la cuenca Lancones. Esta pequeña minería artesanal es desarrollada por comuneros que realizan labores artesanales, provenientes de caseríos y comunidades que en los últimos años han cambiado la actividad agrícola por la minera.

Los mineros artesanales están organizados en asociaciones, y entre estas destacan: Asociación de Mineros Artesanales Porfirio Díaz Nestares y Asociación de Mineros Artesanales Virgen del Rosario. Como empresas destacan: Mineros Artesanales San Sebastián S.A. y Empresa Minera Chalcu S.R.L. El proceso de formalización ha sido asumido por el Gobierno Regional con el apoyo de entidades del Gobierno Nacional. No hay aún registros de estándares e indicadores productivos, sin embargo, las operaciones se realizan en pequeños grupos integrados desde 3 a 10 personas, catalogados como «socios».

Los yacimientos filonianos de oro están caracterizados por numerosas vetillas, que pueden o no guardar relación entre sí. En los afloramientos de vetas pequeñas predominantemente delgadas (3 a 5 cm), se detecta su mineralización visualmente, determinando in situ su contenido de oro. Esto permite discriminarlos de inmediato de las numerosas vetas de cuarzo estéril que también afloran en la zona. Finalmente, realizan pruebas de concentración de mineral de oro a través de la «puruña» o platito lavado.

ÁREAS POTENCIALMENTE FAVORABLES

Existen evidencias en toda el área de estudio de grandes depósitos metálicos con gran valor económico que podrían desarrollarse con proyectos de factibilidad y posteriormente convertirse en minas de gran escala.

Destacan numerosos depósitos de diferentes tipos y por índole de diferente génesis. Entre los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos, además de Tambogrande, se reconocieron otros prospectos de sulfuros masivos en los distritos de Las Lomas, el caserío La Bocana y los caseríos alrededor del distrito de Tambogrande. Asimismo, se suman numerosos prospectos de oro de origen epitermal y mineralización relacionada a intrusivos que se explotan de manera artesanal en los distritos de Suyo, Paimas y Lancones.

Existen grandes áreas metálicas que ocupan terrenos principalmente en la Cordillera Occidental de los Andes donde se concentran depósitos porfiríticos de gran volumen y depósitos diseminados de oro de alta sulfuración.

En Piura existen alrededor de 450 mil hectáreas reservadas para la exploración y explotación metálica y no metálica. En esta actividad intervienen un grupo de empresas mineras peruanas como Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. y Agregados Calcáreos, al lado de compañías extranjeras como Monterrico Metals PLC, CVRD Compañía Vale do Rio Doce, Newmont Perú, Compass Resource NL, AKD Limited, así como agrupaciones de mineros y otras.





A continuación se presentan los depósitos y las áreas prospectivas localizados en el presente estudio de la Deflexión de Huancabamba. (Rodríguez y Sánchez, 2007)(Cuadro 9.3).

Depósito	Área (m²)
Tejedores	250 000
El Recodo	45 000
El Papayo	90 000
Chancadora	80 000
Peña Viva	700 000
Lagartos	750 000
Pampas Quemadas	100 000
La Bocana	150 000
Orquetas	130 000
Potrobayo	580 000
El Noque	890 000
Overal	4 800 000
La Leona	2 800 000
Cascajo Blanco	3 700 000
Bolsa del Diablo	1 500 000
Chivatos	1 200 000
Alvarado	2 000 000
La Saucha	180 000

Cuadro 9.3.-Áreas prospectivas de los principales depósitos de la cuenca Lancones

DOMINIO DE CUENCAS CENOZOICAS: TALARA, PROGRESO Y SECHURA

El basamento de las secuencias eocénicas, miocénicas y pleistocénicas de las cuencas Talara y Progreso que afloran en

la plataforma costanera está conformado por el macizo de Amotapes-Tahuín, siendo los afloramientos de la cuenca Talara los que se exponen mejor.

Geológicamente los yacimientos de hidrocarburos comprendidos en el noroeste del Perú corresponden a la cuenca Talara, la misma que limita por el norte con la cuenca Progreso, en el denominado Arco Trigal-Rica Playa (Zorritos-Tumbes), y por el sur con la cuenca Sechura en el Levantamiento Paita-Sullana (río Chira). Al oeste limita con el océano Pacífico y por el este con la cadena montañosa de los Amotapes.

Existen empresas trabajando en los campos de petróleo del noroeste peruano; desarrollando todas las actividades de la industria del petróleo, desde la exploración y explotación, hasta la refinación y comercialización de los derivados, estas son: GMP S.A. (Lotes I y V), VEGSA (Lote II), Río Bravo (Lote IV), M.P.O.G. (Lote III), y la empresa PETROTECH (Lote Z-2B).

El mecanismo de producción predominante en estos reservorios es la impulsión por gas disuelto. No se ha detectado ningún caso de producción por impulsión de agua. Los reservorios del noroeste constituyen fundamentalmente yacimientos de petróleo con gas disuelto.

DOMINIO CUENCA LANCONES (SECTOR OCCIDENTAL SEDIMENTARIO)

Se ubica en la región noroccidental del Perú, sobreyaciendo y al oeste de la faja volcánica Lancones. Comprende un ambiente de cuenca submarina, donde se expresa una sedimentación cenozoica mayoritariamente silicoclástica, la cual da origen a cuencas petrolíferas asociadas con las principales fuentes de hidrocarburos del Perú (Fig. 9.3).



Fotografía 9.3: Formaciones sedimentarias favorables para albergar fuentes de hidrocarburos.

DOMINIO CUENCA LANCONES-CELICA (SECTOR FRONTERA)

Sector Shashahual

Se ubica en la comunidad de Chiqueros, provincia de Ayabaca, departamento de Piura; en la margen sur del río Macará y parte norte de la Cuenca Lancones-Celica.

Shashahual parece ser un sistema hidrotermal erosionado, al tope de intrusivos subvolcánicos, en los que se encuentran pequeñas vetas polimetálicas con contenido de oro y de poca extensión longitudinal.

En el Sector Shashahual se encuentran afloramientos discontinuos a manera de vetillas en *stockwork* y vetas intercruzadas de sulfuros con pirita, calcopirita, galena, esfalerita y cuarzo. Las vetas tiene una longitud de decenas de metros y grosor aproximado de 10 cm. Presentan alteración argílica. Estructuralmente tiene fallas y fracturas con orientaciones comprendidas entre 75° y 30° (Fig. 9.4).



Fotografía 9.4: Shashahual. Afloramientos discontinuos con vetillas en *stockwork* y vetas intercruzadas de sulfuro con pirita, calcopirita, galena y cuarzo con decenas de metros de longitud.

Zona Quebrada Pilar del Capa Rosa

Presenta zonas de interés económico, reconociéndose vetas alineadas de aproximadamente 1000 m. de longitud y con orientación de 30° alineados con la quebrada Pilar del Capa Rosa.

Estas se presentan en afloramientos discontinuos a manera de vetillas en *stockwork y* vetas de cuarzo intercruzadas con pirita y calcopirita. Se tiene conocimiento de muestras con valores de Cu > 500 ppm, Pb > 10000 ppm y Zn > 20000 ppm.

Zona Quebrada del Sauce

En la cabecera suroeste de la quebrada del Sauce en el cerro Tabanco, hay indicios de eventos hidrotermales con mineralización de vetillas con cuarzo y oro. Los afloramientos a manera de vetillas se intercruzan con pirita, calcopirita y galena.

Zona Quebrada del Agua

En la zona quebrada del Agua de Los Higueroncitos, en el sector Shashahual, se ha encontrado indicios de un pórfido con diseminación de pirita en contacto con una secuencia volcanoclástica con calizas y chert.

Se observa afloramientos en forma de crestón de 2 x 20 m, con diseminación y vetillas de galena, esfalerita, calcopirita y pirita. Además, la zona presenta evidencia de actividad exhalativa. Las coordenadas centrales de este sector son 9524000 N y 603 000 E.

Intrusiones subvolcánicas de pórfidos andesítico-dacíticos

Se presentan a manera de pequeños plutones de cientos de metros de diámetro, que conforman las líneas de cumbres de la zona. Son la roca más abundante y son sintectónicos, con abundante deformación y alineadas con fallas importantes de la zona.

Se observa también pórfidos diorítico-tonalíticos a lo largo del río Macará, conformando cuerpos de cientos de metros. Presentan diseminación de pirita y representan las raíces de un sistema hidrotermal erosionado. Probablemente se relacionan a las intrusiones subvolcánicas de pórfidos andesítico-dacíticos.

Sector Curi (Cu)

Este sector está ubicado entre la localidad de Lagartos y quebrada La Huanta, a 30 km al sur del distrito de Lancones, en las coordenadas centrales UTM 9479600 N y 566690 E.

La geología del Sector Curi se compone de intrusiones a manera de stock de composición dacítica, cortando a rocas de composición de andesitas porfídicas. Se encuentra colindante al área de Lagartos. Se evidencian alteraciones hidrotermales: débil alteración fílica y potásica con epidotización.

Óxidos de cobre secundario rellenan fracturas dentro del stock y en contactos de volcánicos. Aún en esta zona no se ha llevado programas de perforación, solo trincheras por lo que no se descarta la existencia de un depósito de cobre en profundidad (Fig. 9.5).

ZONA HUASIMO-LANCONES

Huásimo es un posible sulfuro masivo volcanogénico tipo kuroko, localizado en la quebrada Huasimo, en las coordenadas centrales 602000 E y 9504800 N. La geología local presenta roca volcánica silicifícada, probablemente de composición andesítica. El paquete andesítico está cortado por múltiples venillas con relleno limoníticos y con diseminación de pirita (Fig. 9.5).

La evidencia de una brecha suprayacente al *stringer ore* o fracturas con mineralización, (Fig. 9.7 y 9.8) contiene clastos de composición dacítica con alteración sericítica, probablemente provenientes del domo en profundidad. La brecha infrayace a unos sedimentos vulcanoclásticos que constituyen la evidencia de sulfuros masivos volcanogénicos cubiertos.



Fotografía 9.5: Sector Curi. Diques de andesita y vetas (1) que se emplazaron cuando el stock (2) ya estaba frío. Obsérvese el área mineralizada (3).



Fotografía 9.6: Roca volcánica silicificada cortada por múltiples vetillas con relleno limoníticos.



Fotografía 9.7: Brecha suprayacente al stringer ore, contiene clastos de composición dacítica con alteración sericítica



Fotografía 9.8: Coluvio local de gossan con contenidos jarositícos, hematíticos y de carbonatos de cobre (Cu) extraído del afloramiento del *stringer ore.*

SECTOR CANCHAQUE-HUANCABAMBA

El sector Canchaque se ubica en el distrito del mismo nombre, provincia de Huancabamba, en el cuadrángulo de Morropón, a

160 km al oeste de Piura. Se encuentra vecina a la mina Turmalina, y se observa indicios de mineralización de óxidos de cobre. Está situada a una altura de 2700 msnm (Fig. 9.9 y 9.10).



Fotografía 9.9: Sector Canchaque. Lavas andesíticas con fuertes fracturas rellenadas de pirita y calcopirita.



Fotografía 9.10: Sector Canchaque. Lavas andesíticas fracturadas y meteorizadas con fracturas rellenadas de pirita y calcopirita.

CONCLUSIONES

- La génesis de la cuenca Lancones del Cretácico y otros equivalentes de cuencas relacionadas al *rift* en el oeste de Sudamérica, incluyendo el oeste peruano, están tectónicamente relacionadas a estadíos tardíos de la apertura de Gondwana. El volcanismo inicial en la cuenca Lancones en tiempos del Albiano, coincide con la etapa inicial del *rift*.
- El estilo de deformación de la cuenca Lancones consiste en una tectónica de bloques similar a la cuenca cenozoica de Talara, y la mayoría están limitados por fallas dextrales de rumbo general NE-SO y NO-SE, este último, variando a E-O. Esto es compatible con un giro horario detectado con trabajos de paleomagnetismo entre el Cretáceo inferior y el Cretácico superior (Mourier et al., 1988), y también con el fallamiento dextral E-O en el Complejo Metamórfico de El Oro (Aspden et al., 1995) del Ecuador.
- En la Cordillera de la Costa (Paita, Talara y Tumbes) se han reconocido dos eventos magmáticos del Triásico-Jurásico datados en 229 Ma (Winter, 2008) y 219 Ma (Ulrich 2005). Estos eventos magmáticos se encuentran cortados por la secuencia metamórfica del Paleozoico correspondiente al bloque Amotape-Tahuín. No se ha reconocido algún tipo de mineralización asociada a este magmatismo.
- 4. Una secuencia aproximada de 10 km de espesor 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. Las secuencias volcánicas exponen diferentes características composicionales y facies deposicionales marcadas con dos ambientes principales de formación, de acuerdo con el desarrollo del arco y la cuenca marina.
- 5. Hacia el flanco pacífico de la Cordillera Occidental se registra un vulcanismo submarino de composición toleítica (Formación Ereo) del Cretácico inferior, de 115 a 104 Ma (Winter, 2008). Este vulcanismo sería controlado por un *riff* de dirección NE-SO, y permitió la mineralización de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) de Pb-Zn-Cu-Au de Tambogrande (TG1, TG3 y B5) de gran tonelaje. El volcanismo inicial conjuntamente con el *riff* pertenecen al primer ambiente de formación, dominado por lavas basálticas y rocas volcánicas

félsicas porfiríticas correspondientes 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, que se infiere que fueronformados en un relativa profundidad marina de 2500 m. Dataciones de zircón con el método U-Pb en rocas volcánicas, en el depósito de sulfuro masivo volcanogénico (SMV) tipo Tambogrande, indican edades desde 104.8±1.3 a 100.2±0.5 Ma. El tiempo de inicio relacionado al *rift* no está bien definido, pero puede estar relacionado a una edad Albiana (Cretáceo inferior).

- 6. Un segundo ambiente de formación volcánica, denominado Formación La Bocana y relacionado con los arcos volcánicos del Cretácico superior, está compuesto por sucesiones de rocas félsicas volcanoclásticas de composición calcoalcalina con orientaciones NNE-SSO y NO-SE comprendidas entre el Albiano superior al Turoriano, con dataciones con zircón por el método U-Pb, que indican edades de 99.3 ± 0.3 a 91.1 ± 1.0 Ma (Winter, 2008), intercaladas y superpuestas por secuencias sedimentarias silicoclásticas y carbonatadas en la sección oeste del antearco de la cuenca. Este episodio volcánico esta seguido por plutonismo granitoide de inicios del Batolito de la Costa en el Cretácico superior.
- Estos arcos del Cretáceo superior están asociados a un volcanismo fisural y a centros volcánicos submarinos de mares someros, debido a la presencia de facies ignimbríticas (Injoque et al., 2000). Los depósitos de sulfuros masivos de Pb-Zn-Cu tipo Kuroko como La Bocana, La Saucha, El Papayo, Potrobayo, Tejedores, etc. están asociados a este vulcanismo.
- 8. En el estudio estructural, los sistemas de fallas E-O representan a los lineamientos mayores que limitan la cuenca Lancones y posiblemente conforman el Dominio estructural Jubones-Huaypira de la Deflexión Huancabamba. En el Albiano-Cenomaniano, debido a la oblicuidad del esfuerzo compresional de la fase Mochica con las fallas E-O, se habrían generado movimientos sinestrales e inflexión de los granitoides del dominio Amotape-Tahuin.
- En el estudio metalogenético se ha determinado que los depósitos minerales del área comprendida dentro del estudio

de la Deflexión de Huancabamba, se distribuyen en siete franjas metalogenéticas comprendidas y definidas en el Mapa Metalogénico del Perú y relacionadas a características litológicas, estructurales y de contenido metálico.

- 10. Las siete franjas metalogenéticas corresponden a: (1) Pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior; (2) Franja de sulfuros masivos volcanogénicos (SMV) de Cu-Zn-Au del Albiano; (3) Pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior; (4) Franja de sulfuros volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno; (5) Epitermales de Au-Ag del Cretácico superior-Paleoceno; (6) Pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno; (7) Epitermales de Au-Ag del Mioceno.
- Se han definido seis épocas de mineralización, relacionadas con cada uno de los eventos magmáticos, y definidos en diferentes edades: i) Paleozoico ii) Jurásico Inferior; iii) Albiano-Aptiano; iv) Cretáceo superior; v) Cretáceo superior-Paleógeno; vi) Mioceno.
- 12. En el Cretáceo superior se emplazaron intrusiones múltiples plutónicas y subvolcánicas asociadas al Batolito de la Costa,

que dieron origen a un cinturón magmático-hidrotermal, en el cual se generaron depósitos del tipo pórfidos de cobre, skarns y vetas polimetálicas. Asimismo, luego de estos magmatismos se observan eventos intrusivos datados en 70.84 Ma y 43 Ma (Winter, 2008), los cuales están controlados por fallas de dirección NE-SO y E-O, y asociados a la mineralización de pórfidos de Cu-Mo como los depósitos Chancadora, Cascajo Blanco y Curi-Lagartos; y a depósitos epitermales de Au y Ag como son Bolsa del Diablo, Alvarado, Servilleta, Pilares, Suyo, etc.

- 13. En la cuenca Lancones no se descarta nuevos cuerpos de sulfuros masivos (SMV) dado que al comenzar la formación de la cuenca, el marco geológico, el marco estructural, el ambiente de formación y la presencia de arcos de islas son favorables para la mineralización. Hasta la fecha se ha descubierto Tambogrande y otros cuerpos menores.
- 14. Hacia la Cordillera Occidental existe un magmatismo más joven con edades de 19 a 12 Ma (Litherland, 1994) y controlado por fallas de dirección N-S. Este magmatismo está asociado a la mineralización de depósitos tipo pórfido de Cu-Mo-Au datados en 10.4 Ma (Birstow, 2005) como el proyecto Rio Blanco.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrew, B. & Warren, P. (2005) El proyecto de Cu-Mo Rio Blanco (PPT). En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 4, Lima, 2005. *Conferencias*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 57 p.
- Arce, J. (2005) Potencial geofísico exploratorio de los acuíferos terciarios regionales del Perú. En: Arce, J., ed. *Alberto Giesecke Matto*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Volumen Especial, 6, p. 167-180.
- Arculus, R.J.; Lapierre, H. & Jaillard, E. (1999) Geochemical window into subduction and accretion processes: Raspas metamorphic complex, Ecuador. *Geology*, 27(6): 547-550.
- Aspden, J.A.; Bonilla, W. & Duque, P. (1995) The El Oro metamorphic complex, Ecuador: geology and economic mineral deposits. Nottingham: British Geological Survey, Overseas Geology and Mineral Resources, 67, 63 p.
- Bayona, D. (2002) Geochemical analysis and favorability mapping of carbonate hosted deposits, Bongara - Peru. En: Congreso Peruano de Geología, 11, Lima, 2002. *Resúmenes Extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 76.
- Belik, G.D. (2008) Report on the Cordillera del Condor Property, departamento de Amazonas, Perú (en línea). Vancouver: Dorato Resources, 57 p. (consulta: mayo 2010). Disponible en: http://www.doratoresources.com/ i/pdf/cordillera-43101.pdf>
- Bellido, F.; Jaimes, F.; Carlotto, V. & Díaz, E. (2008) Los granitoides peralumínicos triásicos de los Cerros de Amotape y del Macizo de Illescas (noroeste de Perú): implicaciones para la evolución geodinámica del terreno Amotape (CD-ROM). En: Congreso Peruano de Geología, 14 & Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.
- Benavides, 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.

- Bengtson, P. & Jaillard, E. (1997) Stratigraphic revision of the Upper Cretaceous to the Peruvian-Ecuadorian border region: preliminary data. En: Regional European Meeting of Sedimentology, 18, Heidelberg, 1997. *Field trip guide book*. Heidelberg: Ruprecht Karls Universität, GAEA heidelbergensis, 4, p. 71-72.
- Bosch, D.; Gabriele, P.; Lapierre, H.; Malfere, J. & Jaillard, E. (2002) - Geodynamic significance of the Raspas metamorphic complex (SW Ecuador); geochemical and isotopic constraints. *Tectonophysics*, 345(1-4): 83-102.
- Braun, E.; Calvo, G. & Riofrío, C. (2000) Rio Blanco, a newly discovered porphyry copper deposit in northern Peru. 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. 197-204.
- Caldas, J; Palacios, O; Pecho, V. & Vela, Ch. (1980) Geología de los cuadrángulos de Bayóvar, Sechura, La Redonda, Pta. La Negra, Lobos de Tierra, Las Salinas y Morrope. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 32, 78 p.
- 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.
- Cardozo, M. & Cedillo, E. (1990) Geologic-metallogenetic evolution of the Peruvian Andes. En: Fontboté, L.; Amstutz, G.C.; Cardozo, M.; Cedillo, E. & Frutos, J., eds. *Stratabound ore deposits in the Andes*. Berlin: Springer-Verlag, p. 37-60.
- Chacón, N. (1988) Metalogenia del eugeosinclinal Albiano-Cenomaniano de la cuenca noroccidental del Perú.

Tesis Doctoral, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 158 p.

- Chacón, N.; Canchaya, S.; Morche, W. & Aranda, A. (1997) -Metalogenia como guía para la prospección minera en el Perú. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (87): 15-37.
- Chalco, A. (1955) Estudio geológico preliminar de la región Sullana-Lancones. *Boletín Técnico Empresa Petrolera Fiscal*, (3): 45-62.
- Chávez, A. & Núñez del Prado, H. (1991) Evolución vertical de facies de la serie turbidítica cretácea (Grupo Copa Sombrero) en el perfil tipo Huasimal-Encuentros (Cuenca Lancones en el noroeste del Perú). *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (82): 5-21.
- Chew, D.M.; Magna, T.; Kirkland, C.L.; Miskovic, A.; Cardona, A., et al. (2008). - Detrital zircon fingerprint of the Proto-Andes: Evidence for a Neoproterozoic active margin? *Precambrian Research*, 167(1-2): 186-200.
- Chiaradia, M.; Fontboté, L. & Paladines, A. (2004) Metal sources in mineral deposits and crustal rocks of Ecuador (1°N-4°S): a lead isotope synthesis. *Economic Geology*, 99(6): 1085-1106.
- Chiaradia, M.; Fontboté, L. & Beate, B. (2004) Cenozoic continental arc magmatism and associated mineralization in Ecuador. *Mineralium Deposita*, 39(2): 204–222.
- Cobbing, E.J., et al. (1981) Estudio geológico de la Cordillera Occidental del norte de Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie D: Esudios. Especiales*, 10, 252 p.
- Consorcio ATA-UNP-UNL (2005) *Cuenca binacional Catamayo-Chira: caracterización hídrica y adecuación entre la oferta y la demanda, caracterización territorial y documentación básica* (en línea). Loja, Piura: Proyecto Binacional Catamayo-Chira, 110 p. (consulta: mayo 2010). Disponible en: http://www.aeci.org.pe/documentos/store/doc.54.pdf >
- Córdova, A. (2009) Geología del yacimiento VSM Tambogrande de Piura. *Geología, Revista del Capítulo de Ingeniería Geológica - CD Lima*, 4(6): 5-9.
- De la Cruz, J. (1995) Geología de los cuadrángulos de Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 57, 147 p.
- Fischer, A.G. (1956) Desarrollo geológico del noroeste peruano durante el Mesozoico. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (30): 177-190.

- Franklin, J.M.; Kasarda, J. & Poulsen, K.H. (1975) Petrology and chemistry of the alteration zone of the Mattabi massive sulfide deposit. *Economic Geology*, 70(1): 63-79.
- Franklin, J.M.; Lydon, J.W. & Sangster, D.M. (1981) Volcanicassociated massive sulfide deposits. En: Skinner, B.J., ed. *Economic Geology seventy-fifth anniversary volume, 1905-1980.* El Paso, TX: Economic Geology Publishing Company, p. 485-627.
- 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.
- Gamarra, C. (1984) *Prospección geofísica del área de Tambogrande*, informe preliminar. Lima: INGEMMET, 13 p. (disponible A.T. Ingemmet, A4206).
- Gill, J.W. (1977) *The Takiyuak metavolcanic belt: geology, geochemistry and mineralization.* Ph.D. Thesis, Carleton University, Ottawa, Ontario, 210 p.
- Gill, J.B. (1981) *Orogenic andesites and plate tectonics*. Berlin: Springer-Verlag, 390 p.
- Guevara, J.; Ortlieb, L. & Macharé, J. (1991) Evolución geológica de la Depresión Salina Grande, Desierto de Sechura; estudio preliminar. En: Congreso Peruano de Geología, 7. Lima, 1991. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, t. 2., p. 499-504.
- Hughes, R.A. & Pilatasig, L.F. (2002) Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Andes of Ecuador. *Tectonophysics*, 345(1-4): 29-48.
- Iddings, A. & Olsson, A. A. (1928) Geology of the northwest Peru. AAPG Bulletin, 12(1): 1-39.
- Injoque, J. (1978) Estudio de la génesis del yacimiento de Tambogrande y determinación de las sustancias de interés económico. Tesis Ing. Geólogo, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 160 p.
- 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.; Martínez, J.; Serrano, M.; Ríos, Alberto; Torres, Julio & Vargas, Christian (2000) - Geología de los volcánicos del Cretáceo Medio, Cuenca Lancones, Tambogrande-

Las Lomas, Piura. En: Congreso Peruano de Geología, 10, Lima, 2000. *Trabajos Técnicos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, vol. 3, p. 1044-1059.

- 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. & 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.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1995) Geología del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 55, 177 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2001) *Proyectos de inversión minera y prospectos en estudio.* Lima: INGEMMET, Boletín Especial, 147 p.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8(5): 523–548.
- Ishikawa, Y.; Sawaguchi, T.; Iwaya, S. & Horiuchi, M. (1976) -Delineation of prospecting targets for Kuroko deposits based on modes of volcanism of underlying dacite and alteration haloes. *Mining Geology*, 26(136): 105-117.
- 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.; & 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.
- Jaillard, E.; Bulot, L.G.; Robert, E.; Dhondt, A.V.; Villagómez, R., et al. (1997) - La transgresión del Cretáceo inferior en el margen andino (Perú y Ecuador). En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima, 1997. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 331-335.
- Jaillard, E.; Laubacher, G.; Bengston, P.; Dhondt, A.V.; Philip, J., et al. (1998) - Revisión estratigráfica del Cretáceo Superior del noroeste peruano y suroeste ecuatoriano. Datos

preliminares, consecuencias tectónicas. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (88): 101-115.

- 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.
- Jaillard, E., Hérail, G., Monfret, T., Díaz-Martínez, E.; Baby, P., et al. (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.
- Jensen, L.S. (1976) A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. *Ontario Division of Mines, Miscellaneous Paper*, 66, 22 p.
- Kennan, L. & Pindell, J.L. (2009) Dextral shear, terrane accretion and basin formation in the Northern Andes: best explained by interaction with a Pacific-derived Caribbean Plate. En: James, K.H.; Lorente, M.A. & Pindell, J.L., eds. *The origin and evolution of the Caribbean plate*. London: Geological Society, Special Publication, 328, p. 487-532.
- Kennerley, J.B. (1973) *Geology of Loja Province Southern Ecuador*. London: Institute of Geological Sciences, Overseas Division, Report 23, 34 p.
- Large, R.R.; Gemmell, J.B.; Paulick, H. & Huston, D.L. (2001) -The alteration box plot: a simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and lithogeochemistry associated with volcanic-hosted massive sulphide deposits. *Economic Geology*, 96(5): 957-971.
- Le Bas, M.J.; Le Maitre, R.W.; Streckeisen, A. & Zanettin, B.A. (1986) - Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27(3): 745-750.
- Lebrat M., Mégard F., Dupuy c., Dostal J. (1987). Geochemistry and tectonic setting of pre-collision Cretaceous and Paleogene volcanic rocks of Ecuador. Geol. Soc. Amer. Bull..99, 569-578.
- Le Maître, R.W., ed. (1989) A classification of Igneous rocks and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommision on the Systematics of Igneous Rocks. Oxford: Blackwell, 193 p.

- Litherland, M.; Aspden, J.A. & Jemielita, R.A. (1994) *The metamorphic belts of Ecuador*. Nottingham: British Geological Survey, Overseas Memoir 11, 147 p.
- Luna, H. (2008) La actividad minera en la Región Piura (CD-ROM). PPS. En: Encuentro Nacional de Capítulos de Minas, 4, Piura, 2008. *Resúmenes extendidos*. Piura: Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental de Piura y Capítulo de Ingenieros de Minas, 99 p.
- Lydon, J.W. (1988) Volcanogenic massive sulphide deposits, part 2: genetic models. *Geoscience Canada*, 15: 43-65.
- Macharé, J.; Sebrier, M.; Huamán, D. & Mercier, J.-L. (1986) -Tectónica cenozoica de la margen continental peruana. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (76): 45-47.
- Martínez, J.N. & Cadenillas, R. (2004) Paleoambiente de la región de Talara-La Brea (Piura-Perú) hacia el fin del Pleistoceno: datos sugeridos por las paleocomunidades de mamíferos. En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004, *Resúmenes extendidos*, Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 481-484.
- Martínez, M. (1970) Geología del basamento paleozoico en las montañas de Amotape y posible origen del petróleo en rocas paleozoicas del noroeste del Perú. En: Congreso Latinoamericano de Geología, 1. Lima, 1970. Lima: [s.e.], t. 2, p. 105-138.
- Mégard, F. (1984) The Andean orogenic period and its major structures in central and northern Peru. *Journal of the Geological Society London*, 141 (5): 893-900.
- Mégard, F. (1987) Structure and evolution of the Peruvian Andes. En Schaer, J.P. & Rodgers, J., eds. *The anatomy of mountain ranges*. Princeton, NJ: Princeton University Press, p. 179-210.
- Mégard, F.; Roperch, P.; Lebrat, M.; Laj, C.; Mourier, T. & Noblet, C. (1987) - L'Occident Equatorien: un terrain océanique pacifique accolé au continent sud-américain. *Bulletin Institut français d'études Andines*, 16(1-2): 39-54.
- 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.
- Miyashiro, A. (1974) Volcanic rocks series in island arcs and active continental margins. *American Journal of Science*, 274(4): 321–355.

- Morche, W. (1997) Proyecto Totoral, cuenca Lancones, Piura, resultados de trabajo de campo, informe interno. Lima: North Compañía Minera.
- Morris, R.C. & Alemán, A. (1975) Sedimentation and tectonics of middle Cretaceous Copa Sombrero formation in northwest Peru. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (48): 49-64.
- Morton, R.L. & Franklin, J.M. (1987) Two-fold classification of Archean volcanic associated massive sulfide deposits. *Economic Geology*, 82(4): 1057-1063.
- Mourier, T. (1988) La transition entre Andes marginales et Andes cordilleraines a ophiolites: évolution sédimentaire, magmatique et structurale du relais de Huancabamba:
 3° à 8° Lat. S; Nord Pérou-Sud Equateur. Thèse Docteur, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, 301 p.
- Mullen, E.D. (1983) MnO/TiO2/P2O5: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 62(1): 53-62.
- Myers, J.S. (1974) Cretaceous stratigraphy and structure, Western Andes of Peru between latitudes 10°-10°30'. *AAPG Bulletin*, 58(3): 474-487.
- Nakamura, N. (1974) Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38(5): 757-775.
- Noble, S.R.; Aspden, J.A. & Jemielita, R.A. (1997) Northern andean crustal evolution: new U-Pb geochronological constraints from Ecuador. *Geological Society of America Bulletin*, 109(7): 789-798.
- Ochoa, A. (1983) *Evaluación geológica del Paleozoico noroeste. Tomo 1: Geología regional*, informe inédito. Lima: PETROPERU, 65 p.
- Olsson, A.A. (1944) Contributions to the paleontology of northern Peru; Part VII: The Cretaceous of the Paita region. *Bulletins of American Paleontology*, 28(111): 1-112.
- Padilla, R. & Rodríguez, I. (2001) Geochemical report: Lancones Basin, Department of Piura, Peru, informe interno. Lima: BHP Company.
- Palacios, O. (1994) Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada. Seca, Zorritos, Tumbes, Zarumilla. *INGEMMET, Boletín, Serie* A: Carta Geológica Nacional, 54, 190 p.

- Palacios, O.; Shaw, R.; Sánchez, J.; Pilatasig, L. & Gordon, D. (2005) - Transición de los Andes Centrales a los Andes del Norte: Nueva comprensión basada en el reconocimiento de campo análisis geoquímicos. En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 237-240.
- Pearce, T.H.; Gorman, B.E. & Birkett, T.C. (1977) The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 36(1): 121-132.
- Pearce, J.A. & Norry, M.J. (1979) Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69(1): 33-47.
- Pearce, J.A.; Harris, N.B.W. & Tindle, A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25(4): 956–983.
- Perales, F. (1994) *Glosario y tabla de correlación de las unidades* estratigráficas del Perú. Lima: Gráfica Bellido, 177 p.
- Petersen, E.U. (1984) Guías para exploración de yacimientos de sulfuros masivos en terrenos metamórficos. En: Sociedad Geológica del Perú. Volumen Jubilar LX Aniversario, homenaje al Dr. Georg Petersen G. Lima: Sociedad Geológica del Perú, fasc. 7, 10 p.
- Pirajno, F. (2009) *Hydrothermal processes and mineral systems*. Berlin: Springer, 1250 p.
- Pitcher, W.S. (1978) The anatomy of a batholith. *Journal of the Geological Society London*, 135(2): 157-182.
- 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.
- 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.
- Reyes, L. & Caldas, J. (1987) Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 39, 83 p.

- Reyes, L. & Vergara J., (1987) *Evaluación geológica y potencial petrolífero de la Cuenca Lancones*, informe inédito. Lima: PETROPERU, 57 p.
- 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.
- Ríos, A.; Castroviejo, R.; Casaverde, J. & Leon, J. (2006) Los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) de la Cuenca Lancones Piura – Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 13, Lima, 2006. *Resúmenes Extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p 780-783.
- Rodríguez, I.; Quispe, J.; Sánchez, V.; Villarreal, E. & Jaimes, F.
 (2008) Metalogenia de la Cuenca Lancones: noroeste del Perú – sur del Ecuador (CD-ROM). 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. & Huanacuni, D. (2009) Geología de la Cuenca Lancones – Piura, Perú. En: Congreso Geológico Chileno, 12, Santiago, 2009. *Actas*. Santiago: Universidad de Chile, Fac. de Ciencias Físicasy Matemáticas, 4 p.
- Rodríguez, I. (2010) Geología de yacimientos auríferos del distrito de Suyo – Piura – Perú (CD-ROM). En: Congreso Peruano de Geología, 15, Cusco, 2010. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 619-622.
- Romero, L.; Aldana, M.; Rangel, C.; Villavicencio, E. & Ramírez, J. (1995) - Fauna y flora fósil del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie D: Estudios Especiales*, 17, 332 p.
- Samamé, M. (1980) *El Perú Minero. Tomo IV: Yacimientos.* Lima: Editora Perú, 3 vols.
- 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: INGEMMET, 29 p. (disponible A.T. Ingemmet, A3380).
- Sánchez, A. (1995) Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 56, 287 p.

- Sánchez, J.; Palacios, O.; Quispesivana, L.; Carlotto, V. & Aguilar,
 L. (2005) El Paleozoico en el bloque Amotapes-Tahuín,
 Perú-Ecuador (CD-ROM). En: Congreso
 Latinoamericano de Geología, 12, Quito, 2005.
 Memorias. Quito: Colegio de Ingenieros Geólogos, de
 Minas, Petróleos y Ambiental, 5 p.
- Scotese, C.R. (1991) Jurassic and Cretaceous plate tectonic reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 87(1-4): 493-501.
- Sempere, T.; Carlier, G.; Soler, P.; Fornari, M.; Carlotto, V., et al. (2002) - Late Permian-middle Jurassic lithospheric thinning in Peru and Bolivia, and its bearing on Andeanage tectonics. *Tectonophysics*, 345(2): 153-181.
- Serrano, M. (2003) *Estudio geológico-minero de la hoja de Río Seco (10 C-II) (escala 1:50,000).* Tesis Ing. Geólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 82 p.
- Shaw, D.M. (1970) Trace element fractionation during anatexis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 34(2): 237-243.
- Shoemaker, R.E. (1982) Fossil leaves from the Lower Cretaceous Ciana Formation southwestern Ecuador. *Palaeontographica Abt. B*, 180(4-6): 120-132.
- 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.
- 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.
- Spikings, R.A.; Winkler, W.; Hughes, R.A. & Handler, R. (2005) -Thermochronology of allochthonous terranes in Ecuador: Unraveling the accretionary and postaccretionary history of the Northern Andes. *Tectonophysics*, 399(1-4): 195-220.
- 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.
- Sun, S. & McDonough, W.F. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanics basalts: implications for mantle composition and processes. En: Saunders, A.D. & Norry,

M.J., eds. *Magmatism in the ocean basins*. London: Geological Society, Special Paper 42, p. 313-345.

- Tanabe, H. (2005) Potencial de recursos mineros en la región fronteriza Perú-Ecuador - Condiciones para su aprovechamiento económico (CD-ROM). PPS. En: Foro Binacional de Minería Ecuador–Perú, I, Zamora, 2005. Zamora: Capítulo Ecuador del Plan Binacional, Municipio y Consejo Provincial de Zamora, 25 p.
- Taylor, S.R. & McLennan S.M. (1985) *The continental crust: its composition and evolution*. Oxford: Blackwell, 312 p.
- 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.
- 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.
- Tumialán, P. (2003) Compendio de yacimientos minerales del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica*, 10, 620 p.
- Vachon, A.; Gariépy, L.; Trottier, J. & Jenkins, C.L. (1998) The Las Huaquillas, Au-Cu property, Northern Peru. En: Simposio Internacional del Oro, 3, Lima, 1998. *Conferencias*. Lima: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, p. 136-141.
- Valdivia, J. & Torres, A. (1995) Evolución estratigráfico-estructural en relación con la ocurrencia de mineralización volcanogénica en la cuenca de Lancones- Piura. En: Sociedad Geológica del Perú, *Volumen Jubilar Alberto Benavides*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 327-335.
- Valencia, M. (2006) Principales rasgos metalogénicos de la Deflexión de Huancabamba al noroeste del territorio peruano, informe inédito. Lima: INGEMMET, 34 p. (disponible A.T. Ingemmet A5724).
- Vidal, C. (1985) Metallogenesis associated with the Coastal Batholith of Peru: Areview. 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. 243-249.

- Vidal, C. (1987) Kuroko type deposits in the middle Cretaceous marginal basin of Central Peru. *Economic Geology*, 82(6): 1409-1430.
- Vidal, C. (2005) Potencial geológico minero en el desierto de Sechura (CD-ROM). PPS. En: Simposium Nacional de Minería, 13, Piura, 2005. Piura: Universidad Nacional de Piura, 21 p.
- 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.
- 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 (2008) The genesis of 'giant' copper-zinc-gold-silver volcanogenic massive sulphide deposits at Tambogrande, Perú: age, tectonic setting, paleomorphology, lithogeochemistry and radiogenic isotopes. PhD Thesis, University of British Columbia, Vancouver, 274 p.

PÁGINAS DE SITIOS INTERNET CONSULTADAS

Web: Cía Dana Reosurces < http://www.danaresources.com> Web: Cía de Minas Buenaventura < http://www.buenaventura.com/> Web: Ministerio de Energía y Minas (MINEM) < http://www.minem.gob.pe> Web: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) < http://www.inei.gob.pe/> Web: Plexmar Resource < http://www.plexmar.com/> Web: Portal Oficial Gobierno Regional de Piura <http://www.regionpiura.gob.pe/> Web: Portal Agrario <http://www.portalagrario.com.pe/> Web: Portal Minero < http://www.portalminero.com/> Web: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo <http://www.pnud.org.pe/frmPubDetail.aspx?id=42> Web: Quippu Exploraciones http://www.guippuexploraciones.com/ Web: Cía Minera Rio Blanco < http://www.rioblanco.com.pe> Web: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía < http://www.snmpe.org.pe/> Web: Manhattan, http://www.manhattan-min.com/ ENLACES / LINKS CONSULTADOS

<http://www.plexmar.com/bolsadeldiable.html>

- <http://www.plexmar.com/gallery-bolsadeldiable.html>
- <http://www.danaresources.com/properties/las_horquetas/>
- <http://www.portalagrario.gob.pe/hidro_cuenca_princ.shtml>

<http://enlacenacional.com/2008/06/13/minera-rio-blanco-ofrece-invertir-1440-millones-de-dolares-en-yacimientos-de-piura/>

http://www.andina.com.pe/Espanol/Noticia.aspx?id=6/LsIJ8Z1R4=">http://www.andina.com.pe/Espanol/Noticia.aspx?id=6/LsIJ8Z1R4= en Piura si primero obtiene aceptación social de su proyecto

REVISTAS MINERAS

- Revista Minería (2009). Órgano Informativo del Instityto de Ingenieros de Minas del Perú, Nº 380 año LVI, Edición mayo del 2009, pp 38-40
- Revista Colegio de Ingenieros del Perú-Departamental de Lima. Sección Geología y Exploraciones, Año IV. N.º 6, Dic. 2009, pp. 5-9.
- Revista Minerandina < http://www.minerandina.com/>

158

ANEXOS

ANEXO 1.	Base dedatos de depósitos metálicos
ANEXO 2.	Base de datos de geoquímica de elementos mayores
ANEXO 3.	Base de datos de geoquímica de elementos traza
ANEXO 4.	Base de datos de dataciones radiométricas
ANEXO 5.	Dase de Datos de Muestras
ANEXO 6.	Descripciones Petrográficas
ANEXO 7.	Descripciones Mineragráficas

ld	Depósito	Este	Norte	Zona	Datum	Clase	Ноја	Tipo	Elemento Principal
01	Agua Escondida	597 000	9 501 000	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
02	Algodonal	574 890	9 492 103	17	WGS84	Ocurrencia	10c	VMS	Cu, Au, Bar
03	Alumbre	575 502	9 500 250	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Epitermal	Au
04	Alvarado	595 691	9 507 968	17	WGS84	Ocurrencia	9с	Epitermal	Au
05	Atoye	696 062	9 353 528	17	WGS84	Prospecto	12e		
06	Balcones	593 478	9 468 768	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
07	Bolsa del Diablo	593 103	9 505 889	17	WGS84	Deposito	9с	Epitermal	Au
08	Bongará	797 613	9 353 003	17	WGS84	Prospecto	12g	MVT	Zn. Pb
09	Cabuyal	591 440	9 498 470	17	WGS84	Ocurrencia	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
10	Calabazas	592 584	9 505 114	17	WGS84	Ocurrencia	9с	Epitermal	Au, Ag
11	Cascajo Blanco	590 828	9 499 850	17	WGS84	Depósito	10c	Pórfido	Cu, Mo
12	Cerro Colorado	590 751	9 460 625	17	WGS84	Ocurrencia	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
13	Cerro Catoya	701 971	9 424 629	17	WGS84	Prospecto	11e	Epitermal	Au
14	Cerro Tablón	690 471	9 366 601	17	WGS84	Prospecto	12e	Epitermal	Au
15	Chancadora	556 655	9 474 148	17	WGS84	Deposito	10c	Pórfido	Cu
16	Chinchipe	749 355	9 410 034	17	WGS84	Proyecto	11f		
17	Chivatos	595 861	9 506 078	17	WGS84	Ocurrencia	9с	Epitermal	Au
18	Coripacha	652 300	9 469 506	17	WGS84	Proyecto	10d	Pórfido	Cu, Mo
19	Culqui	611 000	9 448 500	17	WGS84	Prospecto	10d	VMS	Zn, Pb, Cu
20	El Noque	581 546	9 494 946	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Skarn	Fe
21	El Papayo	593 109	9 467 610	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Cu, Zn
22	El Portillo	586 879	9 501 066	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Epitermal	Au
23	El Recodo	591 670	9 467 493	17	WGS84	Ocurrencia	10c	VMS	Cu, Zn
24	EL Vejuco	592 000	9 498 000	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
25	Gigante	590 708	9 462 200	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
26	Hambur	618 240	9 492 160	17	WGS84	Ocurrencia	10d	Pórfido	Cu, Mo
27	Higueron	606 751	9 492 125	17	WGS84	Ocurrencia	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
28	Hualatán	721 644	9 375 350	17	WGS84	Proyecto	12f		
29	La Bocana	573 011	9 487 754	17	WGS84	Prospecto	10c	Pórfido	Cu,Zn
30	La Coipa	732 544	9 402 719	17	WGS84	Prospecto	11f	Pórfido	Cu-Au
31	La Copa	607 751	9 494 625	17	WGS84	Ocurrencia	10c	VMS	
32	La Leona	589 616	9 501 545	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Skarn	Fe
33	La Saucha	599 347	9 485 718	17	WGS84	Ocurrencia	10c	VMS	Cu, Zn
34	Lagartos	566 712	9 479 604	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Pórfido	Cu, Mo
35	Las Huaquillas	716 471	9 442 559	17	WGS84	Prospecto	11e		
36	Limon Bajo	613 756	9 495 734	17	WGS84	Ocurrencia	10d	Pórfido	Cu, Mo
37	Los Haraganes	612 689	9 511 793	17	WGS84	Ocurrencia	9d	Pórfido	Cu, Mo
38	Los Loros	689 491	9 347 650	17	WGS84	Prospecto	12e		
39	Malingas	580 751	9 449 626	17	WGS84	Ocurrencia	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
40	Malvas	591 026	9 502 642	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Epitermal	Au
41	Molybdenita	642 100	9 364 271	17	WGS84	Prospecto	12d		
42	Morocho 3	610 018	9 506 304	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Epitermal	Au
43	Norte	725 574	9 427 568	17	WGS84	Prospecto	11f		
44	Orquetas	579 087	9 485 906	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Porfido	Cu, Mo
45	Overal	588 208	9 500 047	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Epitermal	Au
46	Pampas Quemadas	571 558	9 487 027	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Skarn	Fe
47	Pampas Redondas	613 066	9 515 382	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Epitermal	Au
48	Pandachi	702 352	9 329 883	17	WGS84	Prospecto	13e		
49	Peña Viva	561 193	9 475 503	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Porfido	Cu, Mo
50	Pilares	567 961	9 490 582	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Epitermal	Au
51	Pomahuaca	697 046	9 343 848	17	WGS84	Prospecto	12e		
52	Potrerillo	807 812	9 273 295	17	WGS84	Ocurrencia	14g		
53	Potrero	589 862	9 501 305	17	WGS84	Ocurrencia	10c	Epitermal	Au

Anexo N° 1: Base de Datos de Depósitos Minerales

ld	Depósito	Este	Norte	Zona	Datum	Clase	Ноја	Tipo	Elemento Principal
54	Potrobayo	575 360	9 493 777	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Cu, Zn
55	Pueblo Nuevo	614 200	9 509 600	17	WGS84	Prospecto	9d	Epitermal	Au
56	Quebrada Corral	616 000	9 488 000	17	WGS84	Prospecto	10d	VMS	Zn, Pb, Cu
57	Quismache	695 297	9 354 729	17	WGS84	Prospecto	12e		
58	Revolcadero	590 853	9 462 711	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
59	Rinconada	633 530	9 483 545	17	WGS84	Prospecto	10d	Pórfido	Cu, Mo
60	San Felipe	686 339	9 363 204	17	WGS84	Prospecto	12e		
61	San Ignacio II	728 524	9 354 186	17	WGS84	Prospecto	12f		
62	San Ignacio III	734 095	9 452 183	17	WGS84	Prospecto	10f		
63	Santa Cecilia	690 082	9 359 845	17	WGS84	Mina	12e		
64	Saucillo	595 141	9 508 778	17	WGS84	Ocurrencia	9c	VMS	Cu, Mo
65	Servilleta	604 000	9 508 000	17	WGS84	Prospecto	9c	Epitermal	Au
66	Soloco	832 383	9 378 317	17	WGS84	Prospecto	12h		
67	Somate	562 751	9 470 625	17	WGS84	Ocurrencia	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
68	Suyo	607 252	9 506 915	17	WGS84	Ocurrencia	9c	Epitermal	Au
69	Tambogrande	573 042	9 454 722	17	WGS84	Proyecto	11c	VMS	Cu, Zn, Au
70	Tejedores	586 605	9 464 649	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Cu, Zn
71	Tingorbamba	845 028	9 325 512	17	WGS84	Prospecto	13h		
72	Tomapampa	604 613	9 491 670	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Cu, Zn
73	Totoral	589 850	9 461 500	17	WGS84	Prospecto	10c	VMS	Zn, Pb, Cu
74	Turmalina	658 449	9 407 603	17	WGS84	Mina	11d	Pórfido	Cu, Mo
75	Ursula	887 275	9 501 679	17	WGS84	Prospecto	10h		
76	Zona de Brecha	735 940	9 404 858	17	WGS84	Prospecto	11f		Au

Código de Muestra	SiO ₂	AI_2O_3	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na₂O	K ₂ O	TiO ₂	$P_{2}O_{5}$	MnO	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	LOI
ER9004	87,7	6,02	1,34	0,05	0,3	1,5	2,16	0,11	0,06	0,02	0,03	< 0,01	1,69
ER9014	55,8	15,2	10,6	4,67	2,73	3,95	1,69	1,35	0,15	0,19	0,02	0,06	3,46
ER9017	64,7	16,7	4,23	1,65	5,18	3,87	1,01	0,44	0,12	0,12	< 0,01	0,01	1,97
ER9029	64,5	16,2	5,93	1,82	3,9	4,23	0,89	0,43	0,17	0,21	< 0,01	0,02	2,7
ER9052	48,2	16,6	12,1	5,47	5,08	5,26	0,13	1,2	0,27	0,19	< 0,01	0,07	4,81
PAP-171007-003	57,6	17,1	5,44	1,67	6,07	3,49	1,6	0,5	0,24	0,16	< 0,01	0,01	5,35
REC-171007-001	66,9	14,3	3,04	1,23	0,84	5	1,43	0,3	0,1	0,06	< 0,01	< 0,01	3,2
BOC-181007-007	68,5	13,8	6,26	1,13	3,02	4,45	0,19	0,51	0,11	0,09	0,01	0,02	1,72
SAU-191007-006	60,3	15,6	6,96	2,57	3	3,16	2,3	0,82	0,27	0,17	< 0,01	0,02	4,49
SAU-191007-010	49,7	170	13	4,48	8,43	2,51	1,68	1,27	0,35	0,22	< 0,01	0,05	1,96
ALG-201007-004	74,8	11,7	3,27	1,25	0,9	5,28	0,16	0,38	0,07	0,16	< 0,01	< 0,01	1,92
NOQ-231007-002	61,7	16,2	6,96	1,98	4,56	6,67	0,22	0,68	0,14	0,2	0,01	0,02	1,17
NOQ-231007-004	61,6	16,1	5,61	1,94	3,98	3,48	0,67	0,42	0,12	0,21	< 0,01	< 0,01	5,82
NOQ-231007-007	50,2	18	10,3	5,17	9,35	2,52	0,22	0,86	0,18	0,24	0,02	0,06	3,44
NOQ-231007-010	77,6	10,8	3,14	0,56	1,15	4,75	0,11	0,18	0,03	0,11	0,01	< 0,01	1,26
PAQ-241007-002	59,1	16,7	7,98	2,67	5,13	3,67	0,22	0,75	0,14	0,21	< 0,01	0,01	3,02
PAQ-241007-003	47,6	14,2	12,2	10,1	10,6	1,37	0,12	0,61	0,1	0,46	0,01	0,05	3,13
PAQ-241007-004	70,6	13,7	4,43	1,05	4,66	3,71	0,23	0,42	0,12	0,06	0,01	0,01	1,11
LAG-251007-001	47,4	12,5	9,24	11,5	15,1	0,81	0,29	0,47	0,03	0,19	0,13	0,05	1,48
LAG-251007-004	58,9	18,5	5,41	2,53	7,77	3,81	0,3	0,53	0,17	0,23	0,01	0,02	1,14
POT-271007-003	57	15	0,42	0,29	0,31	0,96	2,96	0,44	0,2	0,01	< 0,01	< 0,01	19,9
POT-271007-004	44,9	19,4	0,44	0,13	0,08	0,86	4,35	0,51	0,11	0,01	< 0,01	0,03	25
POT-271007-006	64,3	14,2	6,81	2,41	5,02	3,64	0,12	0,53	0,13	0,13	0,01	0,02	2,63
OVE-291007-003	59,7	14,6	9,54	2,17	4,6	5,11	0,08	1,16	0,45	0,22	< 0,01	0,01	2,86
ALV-301007-002	54,2	17	9,56	3,9	7,6	3,76	0,27	0,74	0,07	0,21	0,01	0,05	2,61
PEV-011107-001	53	11,1	9,75	10,5	11,8	1,03	0,47	0,47	0,08	0,24	0,08	0,04	1,68
PEV-011107-006	51,2	16,9	9,88	5,4	12,4	2,04	0,3	0,62	0,06	0,19	0,03	0,05	1,41
PEV-011107-004	71,9	14,1	1,47	0,75	2,23	3,83	1,96	0,25	0,08	0,04	0,01	0,01	2,4
*DUP POT-271007-004	59,6	18,7	5,46	2,55	7,82	3,78	0,29	0,53	0,18	0,23	0,01	0,02	1,15

Anexo N° 2 : Resultados de Análisis Químicos de Elementos Mayores

Codigo de Muestra	Au	Ag	AI	As	Ва	Ве	Bi	Са	Cd	Ce	Со	Cr	Cs	Cu	Dy	Er
ER9001	10	<1	4,79	<30	714,00	<5	3,20	0,3900	0,30	6,60	1,30	77	1,20	433	0,31	0,17
ER9003	15	<1	4,28	<30	664,70	<5	0,60	0,4100	0,50	6,30	2,20	49	1,00	1 241	0,57	0,26
ER9005	25	<1	3,82	<30	899,50	<5	1,70	0,3200	0,40	4,70	1,20	59	1,10	61	0,17	0,13
ER9007	11	<1	0,90	<30	275,70	<5	2,80	0,3900	1,00	3,30	3,10	58	0,40	42	0,88	0,57
ER9008	64	1	0,79	55	526,00	<5	5,60	0,5000	4,60	5,90	6,20	45	0,40	65	1,06	0,53
ER9013	7	<1	3,92	<30	1 382,40	<5	0,90	0,3400	0,60	18,10	1,50	18	0,60	51	3,81	3,16
ER9022	<5	<1	0,17	<30	39,20	<5	<0,10	0,3000	0,20	0,70	1,60	102	0,40	51	0,14	0,06
ER9023	223	<1	5,71	<30	922,60	<5	14,20	0,3500	1,00	11,80	2,70	33	2,10	1 827	0,62	0,45
ER9028	6	3	5,50	<30	712,50	<5	4,00	0,4100	0,20	9,80	1,20	43	0,80	183	0,79	0,56
ER9036	<5	<1	4,55	<30	56,10	<5	1,30	3,0100	0,90	4,80	11,80	54	0,60	662	1,24	0,84
ER9037	<5	<1	0,37	<30	160,70	<5	0,80	0,4000	1,00	4,80	1,50	111	0,30	38	0,33	0,34
ER9038	8	2	0,37	<30	178,70	<5	0,50	0,3500	0,60	2,90	5,80	81	0,70	87	0,28	0,13
ER9039	<5	<1	8,16	<30	687,30	<5	<0,10	0,2800	0,60	22,60	1,70	29	0,60	8	3,29	2,90
ER9041	34	1	1,74	50	175,90	<5	15,70	0,2800	1,50	11,60	27,60	13	0,30	85	4,59	3,05
ER9043	47	3	0,57	1 061	163,90	<5	1,90	0,1400	1,50	5,30	3,40	13	0,30	282	0,86	0,70
ER9044	<5	1	0,43	864	2 910,90	<5	1,00	0,3500	2,10	8,20	2,20	42	0,30	230	1,36	1,54
ER9049	70	8	1,18	296	135,10	<5	<0,10	0,5300	0,60	3,90	3,50	71	1,10	26	1,73	1,14
ER9050	1 269	1	1,35	684	84,20	<5	<0,10	0,2000	0,30	2,10	4,20	58	0,70	31	0,77	0,78
ER9053	8	<1	2,68	<30	470,70	<5	5,50	0,2400	0,80	8,10	2,00	54	0,40	785	1,76	1,47
ER9055	1 087	>1 000	0,76	686	>10 000,00	<5	0,60	0,0600	757,80	7,20	1,40	<10	0,50	>10 000	0,71	0,48
ER9056	>5 000	2	1,01	<30	613,60	<5	3,00	0,4000	3,10	3,10	10,60	98	0,70	321	0,44	0,34
ER9057	2 038	6	0,63	170	1 355,50	<5	<0,10	0,3300	6,40	1,00	3,00	105	0,70	381	0,16	0,14
ER9061	145	3	2,82	672	288,80	<5	0,20	0,3600	3,40	5,60	1,60	41	1,60	63	1,53	1,40
ER9063	8	<1	5,79	<30	483,80	<5	0,40	0,5300	0,70	7,00	8,60	33	0,70	44	1,69	1,15
ER9004		<1	2,55	<30	628,90	<5	0,80	0,4200	1,10	5,00	1,40	85	0,90	106	0,14	0,10
ER9014		<1	6,67	<30	1 215,50	<5	0,10	1,5900	1,60	12,50	26,80	34	0,90	92	3,49	2,48
ER9017		<1	6,76	<30	1 746,40	<5	0,50	2,8600	0,80	15,10	4,90	29	1,20	42	1,15	0,85
ER9029		<1	6,80	<30	927,40	<5	0,40	2,0900	2,80	15,80	7,10	22	1,80	37	2,04	1,06
ER9052		<1	6,72	<30	198,60	<5	0,10	2,5100	1,60	21,90	29,30	21	0,70	81	3,29	1,96
PAP-171007-003		<1	7,17	<30	950,10	<5	<0,10	3,0200	0,90	18,90	7,10	<10	1,60	27	3,07	2,11
REC-171007-001		<1	6,15	<30	2 328,00	<5	<0,10	0,5200	1,60	16,30	5,30	13	1,10	764	1,38	1,05
BOC-181007-007		<1	5,98	<30	303,70	<5	<0,10	1,7300	0,40	12,90	5,90	19	0,40	550	5,35	3,52
SAU-191007-006		<1	6,92	<30	1 316,40	<5	<0,10	1,5300	0,30	35,00	11,00	24	1,20	34	4,32	3,09
SAU-191007-010		<1	7,63	<30	1 111,50	<5	0,50	4,4800	0,90	29,20	27,10	12	2,10	247	3,99	2,47
ALG-201007-004		<1	5,09	<30	446,30	<5	<0,10	0,6600	0,70	18,40	4,00	27	0,30	15	3,97	2,85
NOQ-231007-002		<1	6,94	<30	202,80	<5	<0,10	2,4700	0,70	9,30	11,30	15	0,70	21	3,79	2,65
NOQ-231007-004		<1	6,64	<30	337,70	<5	<0,10	2,1900	5,30	16,50	7,50	<10	0,80	5	1,61	1,24
NOQ-231007-007		<1	7,57	<30	257,60	<5	<0,10	4,5000	0,60	16,80	21,40	36	1,70	77	2,08	1,30
NOQ-231007-010		<1	4,77	<30	117,10	<5	<0,10	0,7800	0,30	10,00	3,60	34	0,40	147	4,95	3,63

Codigo de Muestra	Au	Ag	AI	As	Ва	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Со	Cr	Cs	Cu	Dy	Er
PAQ-241007-002		<1	7,57	<30	229,70	<5	0,50	2,6500	0,30	13,90	9,60	<10	0,80	263	4,42	2,97
PAQ-241007-003		<1	6,41	<30	178,20	<5	0,20	5,5100	1,00	12,80	45,20	89	1,40	20	1,81	1,35
PAQ-241007-004		<1	6,12	<30	228,90	<5	0,30	2,6600	0,50	22,70	6,90	35	0,40	12	5,33	3,90
LAG-251007-001		<1	5,61	<30	111,20	<5	<0,10	7,7000	0,60	2,90	36,90	569	0,60	32	1,55	1,13
LAG-251007-004		<1	8,45	<30	313,80	<5	<0,10	4,1400	0,30	15,00	6,30	30	0,50	216	1,78	1,22
POT-271007-003		<1	6,79	<30	4 276,20	<5	<0,10	0,3200	0,70	13,40	2,10	49	0,40	24	0,92	0,53
POT-271007-004		<1	8,79	<30	1 213,60	<5	<0,10	0,1400	0,80	11,00	1,70	65	0,20	9	0,37	0,24
POT-271007-006		<1	6,14	<30	176,90	<5	<0,10	2,8700	0,60	16,10	9,60	32	0,20	23	3,11	1,93
OVE-291007-003		<1	6,35	<30	147,20	<5	<0,10	2,5800	0,50	27,60	14,00	12	0,20	25	5,30	3,63
ALV-301007-002		9	7,40	<30	101,80	<5	<0,10	4,2800	4,00	7,90	15,70	34	0,50	282	2,57	1,69
PEV-011107-001		<1	4,86	<30	214,40	<5	<0,10	6,4300	0,60	6,90	37,50	459	1,00	78	1,98	1,49
PEV-011107-006		<1	7,38	<30	552,60	<5	<0,10	6,6200	2,60	9,60	18,40	109	1,30	109	3,40	2,37
PAP-171007-001	455	10	0,33	231	>10 000,00	<5	<0,10	0,1400	1,80	5,60	1,10	<10	0,40	387	0,29	0,18
PAP-171007-002	425	7	2,55	210	>10 000,00	<5	<0,10	0,5500	1,10	19,10	1,30	18	1,80	748	1,97	1,30
REC-171007-002	1 145	27	1,37	3 604	>10 000,00	<5	0,40	0,1700	8,60	14,30	8,30	<10	0,40	>10 000	7,53	3,35
REC-171007-003	1 047	21	1,91	4 318	>10 000,00	<5	<0,10	0,1600	7,20	22,80	10,00	<10	0,50	6 262	8,32	2,88
BOC-181007-001	582	2	0,27	488	2 548,80	<5	1,60	0,3100	0,50	7,10	9,30	57	0,10	760	2,21	1,48
BOC-181007-005	>5 000	4	2,55	118	2 264,40	<5	18,90	0,6400	8,00	5,20	10,40	36	1,60	1 796	2,62	2,18
BOC-181007-008	113	2	1,16	224	451,80	<5	26,00	0,3300	0,40	5,30	31,90	<10	0,40	208	1,69	1,31
SAU-191007-003	192	3	5,59	178	6 920,40	<5	1,50	0,6900	5,40	26,50	6,80	35	0,70	278	2,08	1,37
SAU-191007-007	2 972	9	6,12	1 178	922,20	<5	4,60	1,1500	1,50	9,90	726,10	13	1,00	>10 000	4,12	3,69
BOC-201007-010	280	51	3,77	<30	573,60	<5	2,60	1,3100	12,10	18,20	94,60	43	1,20	>10 000	2,24	1,78
ALG-201007-001	633	<1	1,20	<30	246,20	<5	69,60	0,5400	17,10	1,60	12,50	63	0,40	1 719	1,08	0,91
ALG-201007-003	1 263	3	3,38	<30	802,80	<5	22,80	0,3800	4,70	10,00	36,10	60	0,50	>10 000	2,35	1,51
CHA-221007-003	20	<1	4,85	<30	636,90	<5	0,80	0,6400	0,60	7,40	2,70	48	0,70	2 385	0,24	0,17
CHA-221007-006	20	<1	2,90	<30	452,00	<5	0,30	0,4600	0,20	2,30	2,90	68	0,80	1 001	0,12	0,18
NOQ-231007-001	<5	<1	5,67	<30	79,10	<5	<0,10	1,9100	0,30	23,60	4,80	41	<0,10	80	6,64	4,60
NOQ-231007-003	16	2	4,25	95	60,70	<5	3,40	4,6900	1,10	5,90	100,00	35	0,30	135	1,67	1,41
NOQ-231007-005	17	4	0,86	39	337,90	<5	82,40	0,3100	1,10	2,70	211,70	54	0,20	917	1,29	1,03
NOQ-231007-006	<5	<1	8,19	<30	269,60	<5	2,20	2,8100	0,40	9,90	22,00	12	0,50	65	3,08	1,97
NOQ-231007-008	9	1	1,83	60	108,30	<5	4,00	0,4600	0,40	2,90	14,70	19	0,50	428	1,23	0,81
NOQ-231007-009	<5	<1	6,15	<30	70,60	<5	0,80	2,3900	0,40	13,00	7,70	28	0,20	29	4,45	3,08
PAQ-241007-001	5	<1	0,18	<30	39,10	<5	<0,10	30,3900	<0,20	0,90	1,90	<10	0,20	13	0,27	0,19
LAG-251007-002	15	<1	1,26	<30	155,70	<5	0,70	0,3400	4,50	1,80	2,80	219	0,30	142	0,26	0,18
CAB-261007-001	<5	<1	5,23	<30	1 024,90	<5	<0,10	0,5900	<0,20	10,90	2,00	38	1,00	42	0,88	0,66
CAB-261007-002	<5	<1	6,53	<30	759,10	<5	<0,10	0,8100	0,40	21,40	6,20	34	1,70	156	1,32	0,87
CAB-261007-005	15	<1	6,14	<30	78,90	<5	0,30	1,2600	0,70	20,70	4,90	34	0,80	126	5,22	3,66
POT-271007-001	82	3	5,19	224	3 678,40	<5	0,30	0,4000	1,20	11,50	7,50	52	0,50	91	0,82	0,66
POT-271007-002	23	<1	7,75	287	1 847,50	<5	<0,10	0,2900	0,40	13,80	3,70	20	0,30	98	2,60	1,64

Codigo de Muestra	Au	Ag	AI	As	Ba	Be	Bi	Са	Cd	Ce	Со	Cr	Cs	Cu	Dy	Er
POT-271007-005	<5	<1	0,68	<30	68,90	<5	2,40	0,3300	0,40	4,00	17,50	37	0,20	47	0,57	0,51
OVE-291007-001	<5	<1	7,97	<30	94,80	<5	0,20	5,8300	0,70	11,40	5,70	21	1,00	30	2,47	1,62
OVE-291007-002	8	<1	7,86	<30	77,80	<5	<0,10	4,6000	0,40	5,20	35,30	32	0,40	70	1,97	1,34
OVE-291007-004	269	1	4,05	218	68,80	<5	6,90	1,0200	0,40	8,20	4,70	21	1,80	298	1,28	0,83
OVE-291007-006	1 608	3	1,60	4 882	82,10	<5	29,40	0,7300	2,00	5,20	11,50	12	0,70	450	1,07	0,84
OVE-291007-007	273	3	1,72	1 279	68,70	<5	12,50	0,3500	5,60	16,60	107,10	17	0,70	574	5,68	3,80
LEO-291007-006	149	2	4,46	<30	33,30	<5	2,00	2,9200	2,90	21,60	24,00	125	0,30	791	3,13	2,62
LEO-291007-008	1 249	224	2,10	90	171,20	<5	5,10	0,5800	3,60	8,30	7,10	65	0,60	>10 000	1,26	0,79
ALV-301007-001	1 210	3	2,55	340	364,40	<5	0,50	0,3600	3,10	9,30	9,50	34	1,00	795	1,19	0,80
BDD-301007-001	1 082	2	1,48	814	5 220,80	<5	<0,10	0,1800	0,70	1,90	5,50	12	0,80	295	0,61	0,49
BDD-301007-003	873	26	1,18	2 193	368,70	<5	<0,10	0,3600	5,20	0,90	1,90	98	0,80	141	0,11	0,13
BDD-301007-004	>5 000	13	1,58	2 152	7 277,70	<5	0,80	0,3800	1,10	0,80	2,00	47	1,70	162	0,19	0,20
BDD-301007-005	>5 000	4	0,92	972	62,30	<5	0,50	0,1800	1,50	1,50	58,10	23	0,30	4 057	1,02	0,84
MAL-301007-001	>5 000	105	3,17	29 379	698,40	<5	<0,10	0,5000	9,70	14,00	2,90	44	0,60	399	3,54	2,04
PEV-011107-002	180	<1	5,82	157	1 243,60	<5	<0,10	0,4700	0,40	9,20	1,80	60	1,10	114	0,95	0,73
PEV-011107-004	34	<1	6,57	<30	643,80	<5	<0,10	1,5400	0,90	12,40	3,60	49	2,20	683	1,62	0,95
PEV-011107-005	32	<1	0,41	<30	230,50	<5	<0,10	0,3900	3,60	0,90	4,00	114	0,60	52	<0,05	<0,05
CEC-011107-001	46	<1	0,38	97	114,70	<5	13,80	0,2800	0,50	5,80	10,70	108	0,30	54	0,81	0,38
CEC-011107-002	74	2	0,07	224	28,00	<5	5,40	0,5600	2,70	0,50	442,20	67	0,20	2 736	0,07	<0,05
TAM-011107-001	175	5	6,60	219	907,00	<5	3,00	0,3000	1,50	29,30	12,20	66	1,40	164	3,42	2,47
PAP-011107-005	98	14	3,64	138	2 098,30	<5	0,80	0,3100	139,70	4,60	16,30	39	2,20	6 521	1,39	0,74
OVE-011107-010	>5 000	31	0,35	16 992	21,00	<5	2,20	0,1100	5,00	0,70	90,10	70	0,30	4 431	0,18	0,09
*DUP ER9001	11	<1	4,69	<30	763,20	<5	3,20	0,3700	0,30	6,00	1,60	70	1,20	424	0,36	0,22
*DUP ER9037	<5	<1	0,39	<30	164,40	<5	0,80	0,3900	1,00	5,00	1,60	104	0,40	38	0,30	0,36
*DUP ER9056	>5 000	2	1,01	<30	576,00	<5	2,80	0,3900	3,00	3,10	11,40	92	0,60	302	0,40	0,27
*DUP REC-171007-001		1	6,56	<30	2 283,10	<5	<0,10	0,5300	1,60	16,00	5,90	11	1,00	746	1,36	1,00
*DUP PAQ-241007-003		<1	6,63	<30	174,00	<5	0,30	6,0200	1,00	12,00	50,00	86	1,50	21	1,80	1,50
*DUP PEV-011107-001		<1	5,02	<30	215,00	<5	<0,10	7,0500	0,60	7,00	41,30	445	1,00	81	2,00	1,50
*DUP SAU-191007-007	3 043	10	6,45	1 192	952,00	<5	5,00	1,2300	1,50	10,00	754,20	13	0,90	>10 000	3,77	3,50
*DUP NOQ-231007-008	12	1	1,89	61	107,30	<5	4,00	0,4300	0,40	3,00	16,30	19	0,50	437	1,20	0,82
*DUP OVE-291007-001	<5	<1	8,73	<30	95,20	<5	0,20	5,9800	0,70	11,00	5,50	14	1,10	28	2,50	1,50
*DUP BDD-301007-004	>5 000	12	1,71	2 011	6 962,90	<5	0,90	0,3500	1,30	0,70	1,70	46	1,70	143	0,16	0,17
*DUP OVE-011107-010	>5 000	35	0,35	16 204	22,90	<5	2,30	0,1200	4,60	0,70	88,30	80	0,30	4 162	0,15	0,07

Codigo de Muestra	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Но	In	К	La	Li	Lu	Mg	Mn	Мо	Nb
ER9001	0,23	1,42	15	0,46	2	<1	0,08	<0,20	1,87	4,60	<10	<0,05	0,06	65	8	3
ER9003	0,27	1,20	13	0,62	2	<1	0,11	<0,20	1,46	5,30	<10	0,05	0,03	65	13	3
ER9005	0,12	0,53	12	0,25	2	<1	<0,05	0,30	2,09	4,20	<10	<0,05	0,07	51	16	3
ER9007	0,18	9,75	4	0,83	1	<1	0,23	<0,20	0,23	2,30	<10	0,07	0,05	263	13	3
ER9008	0,23	17,85	5	1,15	<1	<1	0,24	<0,20	0,19	3,50	<10	0,07	0,08	391	23	2
ER9013	0,39	2,91	13	4,38	<1	3	1,04	<0,20	1,53	7,70	<10	0,52	0,14	95	13	5
ER9022	<0,05	0,37	<1	0,13	<1	<1	<0,05	<0,20	0,10	3,10	<10	<0,05	<0,01	111	23	2
ER9023	0,19	8,24	13	0,94	1	<1	0,14	0,50	2,19	6,90	<10	0,06	0,19	231	199	3
ER9028	0,26	4,69	14	0,80	<1	<1	0,22	<0,20	1,97	6,90	<10	0,13	0,07	50	39	4
ER9036	0,43	5,59	10	1,48	3	<1	0,32	0,80	0,10	4,90	<10	0,14	0,81	1 676	6	6
ER9037	0,19	1,81	3	0,39	2	1	0,07	<0,20	0,11	3,70	<10	0,08	0,01	90	4	2
ER9038	0,12	25,46	3	0,37	3	<1	0,07	<0,20	0,11	2,10	<10	<0,05	0,04	362	2	2
ER9039	1,07	2,35	16	4,24	2	1	0,93	<0,20	0,21	10,80	<10	0,51	<0,01	51	5	3
ER9041	0,58	29,92	12	5,19	1	<1	1,33	0,70	0,26	6,20	<10	0,51	0,06	445	227	2
ER9043	0,17	>30,00	12	0,77	4	<1	0,26	<0,20	0,11	3,10	<10	0,17	0,03	318	17	3
ER9044	0,49	>30,00	17	1,03	3	4	0,40	0,50	0,14	5,20	<10	0,41	0,02	140	8	3
ER9049	0,28	2,84	2	1,56	2	<1	0,47	<0,20	0,16	2,50	<10	0,16	0,03	328	5	1
ER9050	0,10	0,84	2	0,65	1	<1	0,22	<0,20	0,25	3,20	10	0,09	0,02	114	2	2
ER9053	0,54	7,36	9	2,08	<1	<1	0,53	0,30	0,66	4,80	<10	0,27	0,07	274	8	3
ER9055	9,48	1,40	12	0,90	17	<1	0,15	0,30	0,14	5,90	<10	0,07	0,03	34	32	3
ER9056	0,18	3,93	4	0,69	<1	<1	0,10	<0,20	0,48	4,10	<10	0,07	0,07	172	8	2
ER9057	0,06	1,12	1	0,21	3	<1	<0,05	<0,20	0,14	2,80	11	<0,05	0,04	119	4	2
ER9061	0,37	2,44	7	1,70	2	2	0,45	<0,20	1,02	4,10	<10	0,23	0,10	187	10	3
ER9063	0,34	6,07	12	1,53	1	2	0,49	<0,20	0,72	3,50	<10	0,22	0,19	284	8	71
ER9004	0,20	0,70	8	0,37	2	<1	<0,05	<0,20	1,33	3,80	<10	<0,05	0,03	64	14	3
ER9014	0,70	5,78	17	3,59	<1	2	0,85	<0,20	1,05	6,70	<10	0,39	2,15	1 370	<2	3
ER9017	0,40	2,17	15	1,94	1	<1	0,28	<0,20	0,62	9,30	<10	0,14	0,62	746	<2	3
ER9029	0,71	3,12	15	2,66	2	<1	0,42	<0,20	0,57	11,80	<10	0,18	0,72	1 281	5	3
ER9052	0,74	6,34	16	4,02	2	<1	0,81	<0,20	0,15	13,40	10	0,35	2,41	1 206	6	3
PAP-171007-003	0,60	2,86	15	3,26	2	2	0,91	<0,20	0,98	10,30	11	0,40	0,67	1 008	<2	4
REC-171007-001	0,50	1,71	12	2,08	2	2	0,40	<0,20	0,88	10,00	11	0,19	0,47	417	<2	2
BOC-181007-007	0,80	2,28	13	6,04	2	<1	1,17	<0,20	0,19	9,90	<10	0,51	0,48	617	<2	5
SAU-191007-006	1,00	3,99	18	5,77	2	2	1,10	<0,20	1,18	23,20	<10	0,47	1,09	1 096	2	4
SAU-191007-010	1,34	6,46	18	5,70	2	1	1,09	<0,20	1,02	18,80	<10	0,33	2,15	1 523	6	4
ALG-201007-004	0,52	1,79	10	4,33	1	5	1,03	<0,20	0,16	11,20	<10	0,48	0,51	1 048	15	12
NOQ-231007-002	0,61	3,81	15	3,75	1	<1	1,03	<0,20	0,25	7,20	<10	0,45	0,83	1 438	15	253
NOQ-231007-004	0,71	3,05	11	2,54	1	1	0,46	<0,20	0,43	9,70	11	0,26	0,80	1 259	19	5
NOQ-231007-007	0,77	5,06	16	2,70	2	1	0,51	<0,20	0,17	8,90	<10	0,21	2,33	1 651	7	3
NOQ-231007-010	0,70	1,76	11	5,61	2	4	1,36	<0,20	0,12	6,60	<10	0,63	0,23	689	3	3

Codigo de Muestra	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Но	In	К	La	Li	Lu	Mg	Mn	Мо	Nb
PAQ-241007-002	1,09	4,67	17	4,98	2	1	1,18	<0,20	0,17	6,20	<10	0,51	1,21	1 514	7	3
PAQ-241007-003	0,53	6,98	14	2,26	2	<1	0,52	<0,20	0,12	9,30	<10	0,22	4,87	3 285	5	2
PAQ-241007-004	0,91	2,54	14	5,44	2	3	1,45	<0,20	0,20	11,60	<10	0,74	0,44	481	<2	3
LAG-251007-001	0,36	5,28	10	1,43	2	2	0,42	<0,20	0,25	2,00	<10	0,18	5,47	1 375	5	342
LAG-251007-004	0,67	2,53	18	2,52	2	1	0,46	<0,20	0,25	7,70	<10	0,22	1,12	1 579	<2	14
POT-271007-003	0,85	0,23	10	1,70	1	<1	0,21	<0,20	1,86	7,00	<10	0,13	0,06	103	18	4
POT-271007-004	0,19	0,26	13	0,52	<1	2	0,08	<0,20	2,64	6,60	<10	0,07	<0,01	72	14	4
POT-271007-006	0,59	3,84	15	3,17	2	<1	0,79	<0,20	0,14	7,80	<10	0,38	1,02	976	4	3
OVE-291007-003	1,07	5,26	16	6,22	2	2	1,40	<0,20	0,12	12,90	<10	0,53	0,96	1 512	<2	5
ALV-301007-002	0,69	5,34	16	3,05	2	<1	0,74	<0,20	0,23	3,90	<10	0,37	1,85	1 500	20	3
PEV-011107-001	0,40	5,51	11	1,90	2	<1	0,54	<0,20	0,36	3,70	<10	0,23	4,95	1 683	30	3
PEV-011107-006	2,15	5,67	15	3,71	2	<1	0,88	0,20	0,27	5,40	<10	0,33	2,57	1 445	7	3
PAP-171007-001	9,22	1,08	5	0,40	<1	<1	0,06	<0,20	0,10	6,50	<10	<0,05	0,02	40	22	1
PAP-171007-002	19,83	2,70	18	2,45	4	<1	0,61	<0,20	0,91	12,20	<10	0,32	0,11	160	18	4
REC-171007-002	16,82	0,42	5	13,31	20	<1	1,49	<0,20	0,09	7,90	<10	0,34	0,02	281	15	2
REC-171007-003	21,14	0,99	5	16,97	24	<1	1,53	0,20	0,10	12,60	<10	0,26	0,02	358	12	1
BOC-181007-001	0,41	17,03	4	2,04	2	<1	0,68	<0,20	0,11	4,50	<10	0,22	<0,01	256	20	4
BOC-181007-005	0,61	14,56	9	2,16	2	<1	0,80	0,80	0,48	4,20	<10	0,37	0,12	863	67	4
BOC-181007-008	0,42	>30,00	26	1,40	2	<1	0,40	<0,20	0,28	5,20	<10	0,21	0,05	175	57	4
SAU-191007-003	1,05	4,37	12	2,53	<1	1	0,51	<0,20	4,96	12,90	<10	0,30	0,10	138	5	5
SAU-191007-007	0,88	11,45	23	4,06	2	<1	1,21	1,40	1,17	5,60	<10	0,75	0,95	1 572	35	6
BOC-201007-010	0,50	13,12	10	2,31	1	<1	0,70	1,70	0,85	10,20	<10	0,39	0,17	439	15	5
ALG-201007-001	0,21	7,27	5	1,24	2	<1	0,36	1,40	0,13	2,50	<10	0,15	0,08	308	63	2
ALG-201007-003	0,85	6,82	9	2,39	2	<1	0,61	0,50	0,37	5,70	<10	0,26	0,91	1 572	24	3
CHA-221007-003	0,34	1,31	17	0,57	2	<1	0,10	<0,20	1,13	4,80	<10	<0,05	0,05	82	9	3
CHA-221007-006	0,10	4,05	13	0,17	3	4	<0,05	<0,20	1,63	2,20	<10	<0,05	0,10	167	34	5
NOQ-231007-001	0,93	1,77	14	7,41	2	4	1,99	<0,20	0,12	10,50	<10	0,63	0,30	907	<2	3
NOQ-231007-003	0,26	19,43	17	2,10	3	1	0,53	0,50	0,22	5,10	<10	0,28	0,15	1 907	16	8
NOQ-231007-005	0,30	12,64	3	1,32	1	<1	0,40	<0,20	0,08	3,20	11	0,15	0,05	2 162	9	2
NOQ-231007-006	0,80	6,92	18	3,54	2	1	0,83	<0,20	0,45	5,00	10	0,35	1,57	3 076	6	2
NOQ-231007-008	0,51	14,07	10	0,95	1	2	0,29	<0,20	0,13	2,70	<10	0,20	0,10	446	26	2
NOQ-231007-009	0,72	4,62	13	4,24	2	3	1,21	0,20	0,14	5,60	<10	0,62	1,37	1 993	<2	2
PAQ-241007-001	0,07	0,38	<1	0,23	<1	<1	0,06	<0,20	0,10	1,50	<10	<0,05	0,03	448	2	1
LAG-251007-002	1,54	23,31	5	0,43	3	<1	<0,05	<0,20	0,34	2,40	<10	<0,05	0,06	94	28	2
CAB-261007-001	0,38	0,51	13	1,48	3	<1	0,22	<0,20	2,95	7,40	<10	0,10	0,19	162	<2	3
CAB-261007-002	0,48	0,52	14	1,78	3	<1	0,32	<0,20	2,65	8,00	<10	0,14	0,18	245	41	31
CAB-261007-005	1,22	3,06	17	6,29	2	3	1,48	<0,20	0,30	9,60	<10	0,64	0,52	769	<2	3
POT-271007-001	0,63	2,19	8	0,93	<1	2	0,22	<0,20	4,32	6,20	<10	0,15	0,06	117	3	2
POT-271007-002	1,01	1,69	12	3,08	<1	2	0,67	<0,20	5,53	7,10	<10	0,27	0,10	148	<2	2

Codigo de Muestra	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Но	In	К	La	Li	Lu	Mg	Mn	Мо	Nb
POT-271007-005	0,18	>30,00	4	0,91	2	<1	0,11	0,20	0,12	2,90	<10	0,09	0,13	334	12	2
OVE-291007-001	0,55	2,71	18	2,89	3	1	0,58	<0,20	0,43	6,00	<10	0,25	0,51	898	<2	2
OVE-291007-002	0,41	7,18	14	2,20	2	1	0,57	<0,20	0,21	3,70	29	0,25	1,92	1 585	<2	2
OVE-291007-004	0,29	9,27	14	1,38	5	<1	0,34	<0,20	0,47	5,00	<10	0,19	0,26	140	124	2
OVE-291007-006	0,32	25,83	15	1,23	2	4	0,26	0,20	0,33	3,10	<10	0,13	0,14	446	<2	3
OVE-291007-007	2,38	>30,00	6	6,57	1	1	1,46	0,30	0,18	10,90	<10	0,61	0,12	1 438	<2	3
LEO-291007-006	0,70	16,26	17	4,28	10	2	0,91	2,40	0,14	15,10	<10	0,40	0,71	1 374	103	4
LEO-291007-008	0,54	8,61	7	1,57	2	1	0,30	3,70	0,67	5,50	<10	0,20	0,35	390	4	2
ALV-301007-001	0,44	26,22	10	1,40	2	<1	0,27	<0,20	0,73	7,80	<10	0,10	0,12	582	12	2
BDD-301007-001	0,75	>30,00	6	0,78	1	<1	0,17	<0,20	0,24	2,60	<10	0,07	0,07	233	38	2
BDD-301007-003	0,06	1,54	3	0,19	1	<1	<0,05	<0,20	0,36	1,60	10	<0,05	0,03	78	<2	4
BDD-301007-004	0,48	9,78	6	0,22	2	<1	<0,05	<0,20	0,44	1,60	<10	<0,05	0,08	95	31	2
BDD-301007-005	0,25	>30,00	7	1,18	2	<1	0,23	0,40	0,16	1,90	<10	0,10	0,10	116	4	3
MAL-301007-001	0,59	10,62	9	4,67	1	1	0,99	0,20	1,02	7,80	<10	0,33	0,13	309	15	2
PEV-011107-002	0,28	1,68	15	1,21	2	1	0,24	<0,20	1,68	9,60	<10	0,17	0,13	73	75	4
PEV-011107-004	0,51	0,84	13	1,97	2	<1	0,38	<0,20	1,37	11,50	<10	0,19	0,36	263	29	62
PEV-011107-005	0,08	0,49	<1	0,14	1	<1	<0,05	<0,20	0,24	2,40	<10	<0,05	0,02	59	2 661	3
CEC-011107-001	0,22	>30,00	1	1,15	<1	<1	0,15	<0,20	0,25	4,60	<10	<0,05	0,17	211	55	4
CEC-011107-002	0,12	>30,00	<1	0,11	<1	<1	<0,05	<0,20	0,11	3,40	<10	<0,05	0,01	124	17	2
TAM-011107-001	0,88	10,25	22	3,97	<1	<1	0,89	<0,20	1,56	17,00	<10	0,45	1,69	500	15	10
PAP-011107-005	0,91	14,17	19	1,56	1	<1	0,31	0,30	1,18	3,20	<10	0,15	0,28	232	24	3
OVE-011107-010	0,49	28,51	<1	0,26	2	<1	<0,05	<0,20	0,11	1,70	<10	<0,05	0,08	262	7	3
*DUP ER9001	0,30	1,43	17	0,50	2	<1	0,08	<0,20	1,85	5,00	<10	0,06	0,06	65	8	3
*DUP ER9037	0,20	1,86	3	0,40	2	<1	0,07	<0,20	0,11	3,70	<10	0,07	0,01	87	3	3
*DUP ER9056	0,12	4,01	4	0,60	<1	<1	0,11	<0,20	0,50	4,50	<10	<0,05	0,08	155	8	2
*DUP REC-171007-001	0,54	1,85	14	2,00	2	1	0,38	<0,20	0,89	10,00	11	0,22	0,46	461	<2	2
*DUP PAQ-241007-003	0,57	7,59	14	2,49	2	<1	0,52	<0,20	0,12	9,30	<10	0,17	5,31	3 324	5	3
*DUP PEV-011107-001	0,44	6,02	12	2,00	2	<1	0,50	<0,20	0,36	3,50	<10	0,22	5,02	1 654	30	3
*DUP SAU-191007-007	0,83	12,17	23	4,00	2	<1	1,19	1,20	1,22	5,30	<10	0,80	1,01	1 530	35	5
*DUP NOQ-231007-008	0,52	15,41	9	1,00	1	1	0,25	<0,20	0,15	2,40	<10	0,15	0,12	425	23	3
*DUP OVE-291007-001	0,46	2,88	19	2,80	2	<1	0,49	<0,20	0,46	6,00	<10	0,23	0,52	898	2	2
*DUP BDD-301007-004	0,53	10,51	6	0,16	1	<1	<0,05	<0,20	0,40	1,50	<10	<0,05	0,08	85	31	2
*DUP OVE-011107-010	0,50	26,71	<1	0,22	1	<1	<0,05	<0,20	0,12	1,70	<10	<0,05	0,09	259	8	2

Codigo de Muestra	Nd	Ni	Р	Pb	Pr	Rb	Sc	Sm	Sn	Sr	Та	Tb	Th	Ti	TI	Tm
ER9001	2,80	8	0,02	7	0,93	38,30	41,00	0,70	<1	172,20	1,70	0,07	0,40	0,07	<0,50	<0,05
ER9003	4,70	<5	0,03	<5	1,00	31,60	45,70	0,90	<1	147,50	1,30	0,10	0,90	0,06	<0,50	<0,05
ER9005	2,10	<5	0,04	<5	0,60	48,60	33,60	0,20	<1	129,60	1,70	<0,05	0,30	0,05	<0,50	<0,05
ER9007	2,00	<5	0,04	30	0,44	5,40	53,80	0,60	2	61,70	2,60	0,16	0,50	0,10	<0,50	0,07
ER9008	3,20	5	0,08	230	0,77	5,40	46,40	0,80	2	92,20	4,70	0,19	0,60	0,08	<0,50	0,08
ER9013	12,30	<5	0,04	9	2,42	39,40	51,20	3,70	2	72,30	1,30	0,82	1,30	0,12	<0,50	0,53
ER9022	<0,10	<5	0,01	6	0,06	2,60	57,60	<0,10	<1	16,00	1,40	<0,05	0,20	<0,01	<0,50	<0,05
ER9023	5,60	<5	0,05	<5	1,43	98,60	39,50	1,10	4	159,00	2,20	0,09	1,30	0,16	1,20	<0,05
ER9028	5,20	<5	0,03	7	1,36	78,20	52,90	1,00	3	134,50	1,90	0,16	1,20	0,22	1,00	0,12
ER9036	3,40	16	0,02	<5	0,76	2,10	65,30	1,10	5	192,20	2,50	0,23	0,70	0,23	<0,50	0,15
ER9037	2,10	<5	0,03	<5	0,57	2,40	43,10	0,40	2	68,60	2,00	0,07	0,80	0,26	<0,50	<0,05
ER9038	0,80	5	0,04	16	0,28	4,20	35,80	0,30	3	50,70	1,70	0,05	0,70	0,20	<0,50	<0,05
ER9039	18,90	<5	0,06	7	3,28	5,60	58,80	5,00	3	182,50	1,00	0,65	3,30	0,31	<0,50	0,45
ER9041	11,10	<5	0,04	30	1,92	6,00	33,20	3,40	3	40,40	1,30	1,02	1,60	0,12	<0,50	0,56
ER9043	2,20	7	0,08	92	0,61	3,00	17,70	0,60	5	37,30	1,60	0,18	1,80	0,19	<0,50	0,11
ER9044	4,50	7	0,10	637	1,03	2,80	33,80	1,00	2	103,40	1,10	0,23	3,70	0,13	<0,50	0,28
ER9049	2,70	<5	<0,01	29	0,49	3,90	57,60	1,00	<1	29,40	1,20	0,29	0,30	0,03	<0,50	0,18
ER9050	1,20	<5	<0,01	25	0,37	6,40	28,20	0,50	<1	34,60	0,70	0,11	0,20	0,04	<0,50	0,10
ER9053	6,90	<5	0,04	18	1,28	15,50	36,20	1,60	2	125,70	0,70	0,28	0,80	0,11	<0,50	0,24
ER9055	1,90	<5	0,01	>10 000	0,67	4,50	11,90	0,70	3	1 135,90	2,10	0,16	2,20	0,02	4,20	0,10
ER9056	2,30	9	0,03	688	0,55	17,10	46,80	0,60	1	40,90	1,30	0,10	1,20	0,05	<0,50	0,05
ER9057	<0,10	6	<0,01	1674	0,12	3,40	57,80	<0,10	<1	27,50	1,10	<0,05	0,50	0,02	<0,50	<0,05
ER9061	4,40	7	0,02	681	0,95	35,30	40,50	1,30	1	53,60	1,40	0,28	1,30	0,10	0,50	0,26
ER9063	3,30	10	0,04	49	0,73	20,80	48,90	1,20	2	52,60	135,80	0,34	1,30	0,23	<0,50	0,22
ER9004	1,40	<5	0,02	35	0,64	30,60	44,40	0,40	<1	108,40	1,40	0,05	0,50	0,04	<0,50	<0,05
ER9014	10,50	13	0,04	66	2,00	29,80	61,20	3,20	12	111,30	3,20	0,66	1,10	0,63	0,50	0,43
ER9017	10,00	6	0,03	27	2,37	32,80	46,60	2,00	3	500,30	0,90	0,28	1,20	0,18	<0,50	0,11
ER9029	13,40	<5	0,05	23	2,67	13,20	43,60	2,40	5	461,70	1,00	0,39	1,30	0,20	<0,50	0,19
ER9052	15,30	12	0,09	42	3,49	3,30	57,50	3,90	18	120,40	1,30	0,68	2,90	0,51	<0,50	0,30
PAP-171007-003	16,40	<5	0,08	9	3,21	27,60	39,40	3,50	6	249,80	1,00	0,66	1,20	0,22	4,00	0,36
REC-171007-001	8,70	19	0,03	11	2,24	31,20	24,70	1,60	2	202,50	0,60	0,34	1,40	0,13	3,30	0,21
BOC-181007-007	14,50	<5	0,04	9	3,01	3,80	45,10	4,50	4	177,40	11,40	0,95	1,70	0,23	<0,50	0,53
SAU-191007-006	31,20	10	0,07	17	5,77	45,20	51,40	5,40	9	113,00	0,70	1,16	4,70	0,38	0,80	0,54
SAU-191007-010	22,40	7	0,09	15	6,34	63,90	69,00	5,30	13	331,20	1,00	0,86	2,90	0,55	<0,50	0,43
ALG-201007-004	14,30	<5	0,02	26	2,82	3,60	55,90	4,00	2	91,60	68,50	0,77	2,80	0,17	<0,50	0,51
NOQ-231007-002	8,80	<5	0,05	10	1,48	4,70	67,50	2,60	6	233,40	227,40	0,66	0,90	0,30	<0,50	0,43
NOQ-231007-004	11,60	<5	0,03	<5	2,54	14,70	48,50	2,30	4	260,40	1,60	0,38	1,20	0,19	<0,50	0,19
NOQ-231007-007	12,20	24	0,04	<5	2,34	3,80	61,50	2,50	12	340,90	0,80	0,49	1,20	0,33	<0,50	0,18
NOQ-231007-010	10,30	<5	<0,01	16	1,86	2,30	52,70	3,40	4	109,70	0,70	0,95	2,10	0,09	<0,50	0,65

Codigo de Muestra	Nd	Ni	Р	Pb	Pr	Rb	Sc	Sm	Sn	Sr	Та	Tb	Th	Ti	TI	Tm
PAQ-241007-002	12,60	<5	0,03	37	2,27	5,20	63,00	3,40	5	275,20	1,40	0,93	1,20	0,36	<0,50	0,59
PAQ-241007-003	8,30	60	0,02	77	1,81	2,00	67,30	2,10	29	253,60	1,10	0,41	1,00	0,30	<0,50	0,21
PAQ-241007-004	18,30	<5	0,03	27	3,83	3,70	58,80	4,20	5	183,10	1,40	1,03	2,50	0,20	<0,50	0,71
LAG-251007-001	2,10	113	<0,01	20	0,51	4,20	75,20	1,30	32	112,90	831,50	0,24	2,80	0,21	<0,50	0,16
LAG-251007-004	9,00	7	0,06	10	1,94	6,00	49,90	2,10	7	587,70	50,40	0,39	1,40	0,24	<0,50	0,22
POT-271007-003	7,50	6	0,05	15	1,53	4,20	49,40	1,80	4	310,80	1,00	0,19	2,10	0,21	<0,50	0,12
POT-271007-004	3,70	<5	0,03	8	1,22	1,80	37,60	0,40	2	467,40	0,80	0,08	2,10	0,25	<0,50	0,06
POT-271007-006	10,60	<5	0,03	7	2,11	2,00	54,90	2,50	4	160,40	1,30	0,54	2,10	0,25	<0,50	0,34
OVE-291007-003	20,90	<5	0,13	11	4,01	1,60	63,10	4,90	8	178,40	1,50	0,92	3,10	0,55	<0,50	0,56
ALV-301007-002	7,20	12	0,02	<5	1,28	8,40	64,90	2,50	9	250,50	1,40	0,54	1,10	0,35	<0,50	0,34
PEV-011107-001	4,80	66	0,02	<5	0,93	17,20	76,30	1,40	29	108,00	1,40	0,39	0,70	0,23	<0,50	0,22
PEV-011107-006	8,90	21	0,02	9	1,58	11,80	72,90	2,50	11	185,90	1,00	0,71	0,60	0,29	<0,50	0,37
PAP-171007-001	1,00	<5	0,02	1 987	0,51	2,40	<5,00	0,50	<1	2 267,40	1,00	0,05	0,20	0,01	2,30	<0,05
PAP-171007-002	6,30	<5	0,02	4 100	1,91	26,40	38,40	2,40	2	1 222,00	0,80	0,41	0,90	0,21	13,10	0,26
REC-171007-002	24,50	12	0,08	>10 000	2,96	1,70	<5,00	11,70	<1	1 484,50	0,70	2,01	0,30	<0,01	2,20	0,51
REC-171007-003	36,90	6	0,07	>10 000	5,20	2,00	<5,00	15,20	<1	1 793,90	0,70	2,40	0,30	0,01	2,30	0,44
BOC-181007-001	3,50	<5	<0,01	154	0,96	1,50	43,50	1,10	1	44,90	0,90	0,34	0,90	0,04	<0,50	0,21
BOC-181007-005	5,50	<5	0,04	563	1,04	15,70	42,80	1,70	3	89,40	0,60	0,45	1,40	0,09	<0,50	0,37
BOC-181007-008	4,30	7	0,05	24	0,90	6,20	20,10	1,20	4	87,80	0,80	0,35	1,40	0,12	<0,50	0,21
SAU-191007-003	12,30	5	0,04	81	3,16	140,40	56,70	2,90	4	116,30	1,10	0,41	3,60	0,35	5,70	0,29
SAU-191007-007	8,00	34	0,07	128	1,53	37,10	122,60	2,70	21	104,10	1,30	0,70	1,40	0,20	<0,50	0,66
BOC-201007-010	11,60	<5	0,01	209	2,54	28,60	38,90	2,20	10	71,40	1,20	0,38	1,30	0,13	<0,50	0,38
ALG-201007-001	1,50	<5	0,01	574	0,41	3,00	57,00	0,60	2	42,00	1,00	0,21	0,60	0,06	<0,50	0,14
ALG-201007-003	6,50	<5	<0,01	502	1,45	9,90	51,50	1,90	5	51,90	1,20	0,44	0,60	0,15	<0,50	0,27
CHA-221007-003	2,80	<5	0,01	11	0,79	27,90	52,00	0,70	<1	156,80	0,60	0,09	0,70	0,07	<0,50	<0,05
CHA-221007-006	0,30	5	<0,01	19	0,28	61,80	43,40	0,20	2	47,00	2,00	<0,05	4,20	0,05	0,60	<0,05
NOQ-231007-001	22,80	<5	0,02	7	4,11	1,40	61,20	5,80	2	138,90	1,30	1,37	3,30	0,18	<0,50	0,74
NOQ-231007-003	3,70	<5	0,05	68	0,90	2,10	49,00	1,50	10	290,70	36,40	0,38	2,00	0,28	<0,50	0,22
NOQ-231007-005	3,20	9	0,02	47	0,62	0,70	45,40	1,00	<1	37,60	1,30	0,24	1,00	0,02	<0,50	0,13
NOQ-231007-006	8,00	<5	0,05	<5	1,53	9,40	75,30	2,20	8	131,00	1,00	0,61	0,80	0,44	<0,50	0,37
NOQ-231007-008	2,10	<5	0,04	7	0,48	1,80	54,20	0,70	2	51,00	1,60	0,17	1,00	0,22	<0,50	0,17
NOQ-231007-009	11,40	8	0,04	<5	2,14	2,50	65,40	3,00	7	145,30	1,10	0,86	1,80	0,28	<0,50	0,59
PAQ-241007-001	0,30	<5	<0,01	5	0,17	1,00	<5,00	0,30	3	160,10	0,50	0,05	0,30	0,04	<0,50	<0,05
LAG-251007-002	0,70	8	0,03	<5	0,30	7,00	35,00	0,30	<1	259,60	0,60	0,05	0,60	0,05	<0,50	<0,05
CAB-261007-001	5,60	<5	0,02	<5	1,59	68,10	47,20	1,20	<1	147,60	0,50	0,21	0,90	0,06	0,50	0,10
CAB-261007-002	2,10	<5	0,01	6	1,60	64,40	50,70	1,50	1	176,00	84,40	0,27	0,90	0,10	<0,50	0,13
CAB-261007-005	14,70	5	0,05	5	2,94	10,10	63,40	4,00	4	143,20	2,90	0,89	2,00	0,25	<0,50	0,65
POT-271007-001	5,00	<5	0,01	30	1,27	81,50	64,20	0,90	3	69,20	1,10	0,16	1,80	0,26	2,30	0,12
POT-271007-002	6,90	<5	0,02	20	1,58	93,70	69,40	2,20	1	77,60	0,90	0,57	2,30	0,34	3,30	0,30

Codigo de Muestra	Nd	Ni	Р	Pb	Pr	Rb	Sc	Sm	Sn	Sr	Та	Tb	Th	Ti	TI	Tm
POT-271007-005	2,40	<5	0,03	9	0,62	1,50	33,10	0,60	1	38,40	0,90	0,13	1,40	0,08	<0,50	0,06
OVE-291007-001	8,30	9	0,06	<5	1,57	14,60	43,30	2,20	4	49,60	0,60	0,44	1,10	0,22	<0,50	0,22
OVE-291007-002	4,30	18	0,02	<5	0,88	4,20	72,90	1,40	9	82,70	<0,50	0,40	0,90	0,32	<0,50	0,20
OVE-291007-004	5,60	<5	0,03	6	1,31	18,90	64,30	1,20	6	216,20	0,80	0,24	0,90	0,41	<0,50	0,17
OVE-291007-006	3,30	<5	0,04	55	0,66	8,00	46,00	1,20	3	39,70	1,70	0,25	5,00	0,26	<0,50	0,13
OVE-291007-007	16,40	7	0,04	11	3,10	3,70	41,50	4,70	1	38,70	1,50	1,12	1,50	0,08	<0,50	0,62
LEO-291007-006	16,00	81	0,08	13	3,52	2,00	52,40	3,30	10	98,50	1,00	0,72	2,80	0,26	<0,50	0,42
LEO-291007-008	5,40	14	0,04	240	1,12	26,70	51,00	1,40	4	46,00	0,80	0,24	1,20	0,06	<0,50	0,19
ALV-301007-001	5,70	5	0,07	190	1,32	20,50	31,90	1,10	1	84,40	1,00	0,18	1,00	0,10	<0,50	0,11
BDD-301007-001	1,50	<5	0,02	44	0,46	6,90	24,00	0,50	2	66,30	0,80	0,11	0,50	0,13	0,90	0,08
BDD-301007-003	<0,10	9	<0,01	196	0,15	11,20	62,80	0,10	1	46,00	1,30	<0,05	0,10	0,04	<0,50	<0,05
BDD-301007-004	<0,10	<5	0,01	3 290	0,11	13,80	58,40	0,20	2	110,90	1,00	<0,05	0,30	0,10	1,40	<0,05
BDD-301007-005	2,00	9	0,01	275	0,47	3,50	29,20	0,80	2	32,10	0,70	0,21	0,40	0,05	<0,50	0,11
MAL-301007-001	12,50	<5	0,05	7 016	2,27	35,80	49,70	3,70	2	110,80	0,90	0,72	1,10	0,11	0,80	0,37
PEV-011107-002	10,20	<5	0,01	34	1,96	69,30	55,60	1,50	3	93,90	0,90	0,21	1,10	0,07	<0,50	0,13
PEV-011107-004	10,00	<5	0,04	11	2,39	49,00	47,70	1,80	1	288,00	83,80	0,31	0,80	0,11	<0,50	0,17
PEV-011107-005	<0,10	5	<0,01	19	0,10	7,00	57,70	<0,10	<1	38,90	0,70	<0,05	0,20	0,01	<0,50	<0,05
CEC-011107-001	2,80	9	0,01	9	0,66	4,40	<5,00	0,80	<1	32,30	0,70	0,18	0,80	0,02	<0,50	0,05
CEC-011107-002	<0,10	7	<0,01	20	0,09	1,20	<5,00	<0,10	<1	33,40	0,60	<0,05	0,30	0,01	<0,50	<0,05
TAM-011107-001	19,90	14	0,03	49	4,21	45,60	38,10	4,10	9	65,60	1,60	0,63	4,00	0,20	6,30	0,44
PAP-011107-005	3,90	18	0,02	67	0,76	28,50	31,00	1,40	2	295,20	1,20	0,28	0,80	0,20	26,00	0,15
OVE-011107-010	<0,10	<5	<0,01	450	0,08	1,10	24,40	0,20	2	53,80	<0,50	<0,05	0,30	0,02	<0,50	<0,05
*DUP ER9001	3,00	6	0,03	6	1,07	39,50	42,00	0,60	<1	158,90	2,00	0,06	0,40	0,08	<0,50	<0,05
*DUP ER9037	2,00	<5	0,03	<5	0,48	2,00	43,00	0,30	2	70,00	2,00	0,05	0,70	0,25	<0,50	<0,05
*DUP ER9056	2,00	10	0,02	626	0,50	15,50	55,00	0,60	1	40,00	0,80	0,10	1,00	0,06	<0,50	<0,05
*DUP REC-171007-001	9,00	20	0,03	9	2,00	30,60	25,00	1,60	3	195,00	0,90	0,29	1,50	0,13	3,50	0,21
*DUP PAQ-241007-003	9,00	59	0,03	74	2,00	2,00	78,40	2,00	31	243,20	0,60	0,33	1,00	0,30	<0,50	0,22
*DUP PEV-011107-001	5,00	68	0,03	<5	1,00	16,30	84,10	1,20	30	108,20	0,80	0,31	0,60	0,23	<0,50	0,21
*DUP SAU-191007-007	8,00	34	0,08	125	1,50	35,00	119,60	2,70	23	104,00	1,00	0,59	1,50	0,22	<0,50	0,63
*DUP NOQ-231007-008	2,00	<5	0,04	6	0,50	2,00	51,00	0,60	2	49,60	1,00	0,13	1,00	0,23	<0,50	0,14
*DUP OVE-291007-001	9,00	7	0,06	<5	1,60	14,50	39,80	2,00	4	50,00	0,70	0,40	1,00	0,20	<0,50	0,18
*DUP BDD-301007-004	<0,10	<5	0,01	3 059	0,07	14,80	55,00	0,10	2	105,00	1,00	<0,05	0,40	0,11	1,50	<0,05
*DUP OVE-011107-010	<0,10	<5	<0,01	475	0,11	1,30	20,00	0,10	2	50,00	0,60	<0,05	0,30	0,02	<0,50	<0,05

Codigo de Muestra	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
ER9001	0,33	45	21	2,60	0,20	11	171,80
ER9003	0,36	41	22	3,40	0,50	<5	151,50
ER9005	0,26	28	16	1,10	<0,10	<5	146,60
ER9007	0,88	135	98	5,80	0,40	39	68,70
ER9008	0,96	114	3	6,60	0,70	95	84,00
ER9013	1,79	47	391	27,20	3,50	20	97,30
ER9022	<0,05	7	278	0,60	<0,10	9	5,60
ER9023	2,41	105	261	3,30	0,50	37	185,10
ER9028	1,18	84	30	5,60	0,80	<5	160,70
ER9036	1,12	215	29	8,10	1,00	42	180,00
ER9037	0,48	71	147	2,20	0,50	9	54,30
ER9038	0,27	458	15	2,10	0,10	35	34,40
ER9039	1,31	88	232	22,20	3,40	7	291,30
ER9041	1,47	135	159	32,80	3,30	81	19,70
ER9043	2,07	138	305	5,90	1,20	107	27,10
ER9044	2,54	216	<1	10,90	2,80	69	118,80
ER9049	0,32	27	10	11,90	1,20	87	15,70
ER9050	0,17	38	11	4,80	0,50	24	19,60
ER9053	1,22	50	5 300	12,30	1,90	10	112,00
ER9055	2,63	52	69	3,60	0,50	6 437	215,40
ER9056	0,44	114	37	3,50	0,40	59	19,20
ER9057	0,06	26	19	0,90	0,20	66	20,10
ER9061	1,65	107	10	12,40	1,50	271	44,20
ER9063	1,18	126	<1	11,60	1,50	122	43,70
ER9004	0,25	34	271	1,10	0,20	13	95,50
ER9014	0,51	270	<1	20,20	2,90	96	100,50
ER9017	0,82	57	959	7,10	0,80	69	514,60
ER9029	0,85	58	247	10,70	1,30	317	480,60
ER9052	1,82	258	303	19,90	2,40	101	108,30
PAP-171007-003	0,42	36	<1	20,20	2,80	77	259,00
REC-171007-001	0,96	31	<1	11,00	1,60	>10 000	197,20
BOC-181007-007	0,73	38	<1	32,10	3,80	71	150,30
SAU-191007-006	3,38	65	158	26,30	3,20	228	113,30
SAU-191007-010	1,21	161	<1	24,00	2,70	91	303,90
ALG-201007-004	2,47	24	<1	25,50	3,50	168	95,40
NOQ-231007-002	0,36	73	4	23,90	2,80	34	243,30
NOQ-231007-004	0,49	35	<1	12,00	1,50	84	264,00
NOQ-231007-007	0,48	182	<1	13,30	1,40	115	330,20
NOQ-231007-010	0,98	11	<1	34,10	4,30	42	105,90

Codigo de Muestra	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
PAQ-241007-002	0,46	67	65	28,70	3,70	70	261,40
PAQ-241007-003	0,34	190	62	11,50	1,40	132	243,40
PAQ-241007-004	1,86	37	8	36,00	4,70	36	174,40
LAG-251007-001	0,24	172	<1	9,40	1,30	79	100,40
LAG-251007-004	0,28	72	<1	10,70	1,30	69	644,00
POT-271007-003	0,63	38	312	7,10	0,90	33	221,90
POT-271007-004	1,77	117	18	2,30	0,50	19	332,80
POT-271007-006	0,83	95	245	19,00	2,50	38	143,40
OVE-291007-003	1,43	62	238	33,30	3,90	93	155,70
ALV-301007-002	0,3	217	311	18,30	2,30	63	224,30
PEV-011107-001	0,26	155	85	12,70	1,60	78	88,90
PEV-011107-006	0,67	209	73	21,10	2,20	195	150,60
PAP-171007-001	0,53	56	53	2,50	0,10	602	585,30
PAP-171007-002	2,14	140	1 701	16,70	1,90	289	564,30
REC-171007-002	8,1	41	97	29,60	2,80	8 557	369,40
REC-171007-003	7,88	65	74	24,50	2,30	2 863	326,10
BOC-181007-001	0,6	46	11	14,90	1,40	155	26,20
BOC-181007-005	1,99	123	338	19,40	2,80	219	71,90
BOC-181007-008	1,51	140	155	10,00	1,70	49	70,80
SAU-191007-003	2,49	33	33	12,50	2,00	69	62,00
SAU-191007-007	16,7	305	41	33,70	5,00	67	65,40
BOC-201007-010	1,11	18	65	20,20	2,60	2 251	52,40
ALG-201007-001	0,46	67	119	9,00	0,90	31	27,80
ALG-201007-003	1,7	88	198	15,40	1,50	192	21,20
CHA-221007-003	0,5	24	6	2,20	0,20	<5	181,00
CHA-221007-006	0,23	61	7	1,00	0,20	12	32,80
NOQ-231007-001	1,26	27	<1	47,40	5,30	74	117,40
NOQ-231007-003	1,09	76	4	14,50	1,60	83	273,00
NOQ-231007-005	0,63	97	11	13,00	1,20	53	19,50
NOQ-231007-006	0,38	160	16	20,50	2,10	124	105,30
NOQ-231007-008	1,8	88	<1	7,80	1,10	23	37,90
NOQ-231007-009	2,08	90	<1	29,30	3,90	85	131,80
PAQ-241007-001	<0,05	<5	11	1,90	0,20	<5	138,10
LAG-251007-002	0,33	151	5	2,00	0,20	25	38,80
CAB-261007-001	0,75	15	<1	6,40	0,90	20	136,90
CAB-261007-002	1,00	15	<1	9,10	1,00	34	186,50
CAB-261007-005	1,29	7	9	34,70	4,50	114	129,70
POT-271007-001	1,86	74	6	5,70	1,00	14	60,10
POT-271007-002	1,35	132	<1	17,30	2,00	14	49,20

Anexo N° 3: Resultados de Análisis Químicos ICM-90A
Codigo de Muestra	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
POT-271007-005	1,86	50	106	3,80	0,50	35	31,80
OVE-291007-001	0,67	70	<1	15,50	1,70	31	25,50
OVE-291007-002	0,38	161	<1	14,40	1,40	102	53,10
OVE-291007-004	1,31	221	21	8,00	1,10	19	199,70
OVE-291007-006	0,64	226	26	7,70	0,90	156	25,50
OVE-291007-007	0,64	209	<1	43,90	4,40	202	24,60
LEO-291007-006	8,84	1 172	7	27,90	2,60	534	81,00
LEO-291007-008	1,89	41	19	9,60	1,40	1 296	27,80
ALV-301007-001	0,71	184	30	8,20	0,70	282	73,60
BDD-301007-001	0,44	261	95	5,10	0,50	74	65,90
BDD-301007-003	<0,05	18	75	1,30	<0,10	173	49,40
BDD-301007-004	0,24	56	67	1,30	0,20	267	181,00
BDD-301007-005	0,49	376	48	9,10	0,60	117	15,70
MAL-301007-001	2,29	60	24	22,30	2,20	1 042	131,10
PEV-011107-002	1,11	16	34	7,10	0,90	7	111,60
PEV-011107-004	0,69	21	43	11,30	1,30	40	287,40
PEV-011107-005	0,14	8	72	0,50	<0,10	8	16,30
CEC-011107-001	0,35	50	2 934	4,10	0,40	53	6,80
CEC-011107-002	0,06	48	27	0,50	<0,10	629	3,60
TAM-011107-001	2,95	34	4 089	22,10	2,80	254	58,00
PAP-011107-005	0,81	71	89	9,00	1,00	>10 000	56,70
OVE-011107-010	0,07	18	89	1,10	<0,10	331	2,10
*DUP ER9001	0,28	45	21	2,70	0,30	10	190,00
*DUP ER9037	0,41	71	150	1,90	0,50	8	53,90
*DUP ER9056	0,40	99	38	3,10	0,50	57	18,10
*DUP REC-171007-001	1,04	31	<1	10,10	1,40	>10 000	195,90
*DUP PAQ-241007-003	0,33	178	60	11,30	1,30	135	229,80
*DUP PEV-011107-001	0,23	142	82	12,10	1,40	75	87,80
*DUP SAU-191007-007	16,66	310	41	30,10	4,50	67	70,80
*DUP NOQ-231007-008	1,67	75	62	7,00	1,00	25	38,30
*DUP OVE-291007-001	0,60	63	<1	13,60	1,60	29	25,60
*DUP BDD-301007-004	0,18	65	68	1,50	0,20	262	169,40
*DUP OVE-011107-010	0,06	16	88	1,20	<0,10	354	2,20

Anexo N° 3: Resultados de Análisis Químicos ICM-90A

Muestra	Este	Norte	Edad (Ma)	Error (Ma)	Metodo	Material	Tipo de Roca	Unidad	Referencia
Be-84-7	-78,641670	-5,6188900	8,60	1,10	F-T	zircón	ignimbrita	Bellavista	Naeser et al. (1991)
Be-84-7	-78,641670	-5,6188900	8,60	1,10	Trazas de Fisión	zircón	Toba	Formación Bellavista-cerca al tope	Naeser et al. (1991)
	-78,474981	-6,5287110	11,36	0,09	Ar-Ar	plagioclasa	domo dacitico	Secuencia volcanica Yanacocha superior	Longo (2005)
CCR_87_27A	-79,401350	-4,7722950	12,00	1,00	K-Ar	biotita	granodiorita	Portachue	Litherland et al. (1994)
Be-84-6	-78,641670	-5,5925000	12,40	1,60	F-T	zircón	ignimbrita	El Milagro	Naeser et al. (1991)
Be-84-6	-78,641670	-5,5925000	12,40	1,60	Trazas de Fisión	zircón	Toba	Formación El Milagro-Tope del miembro Superior	Naeser et al. (1991)
	-79,127777	-6,3502810	13,80	0,40	K-Ar	muscovita	porfido monzonita	Stock La Granja Alteracion Filica	Diaz et al. (1997)
Yo 92010	-79,028994	-5,5360380	16,40	0,80	K-Ar	roca total	granodiorita		Hama (1990)
GA-019	-79,426992	-4,7300850	18,00	0,50	Ar-Ar	hornblenda	granodiorita	Batolito de Portachue	Ulrich (2005)
CCR/87/27F	-79,417619	-4,7533410	19,00	1,00	K-Ar	biotita	granodiorita	Portachue	Litherland et al. (1994)
CCR/87/27C	-79,417619	-4,7533410	20,00	1,00	K-Ar	hornblenda	granodiorita	Portachue	Litherland et al. (1994)
BMC-4A	-78,505000	-6,6883300	23,20	1,50	K-Ar	plagioclasa	ignimbrita	Formacion Huambo	Noble et al. (1990)
Si-84-5	-78,544440	-5,5194400	28,70	3,70	F-T	zircón	ignimbrita	El Milagro	Naeser et al. (1991)
Si-84-5	-78,544440	-5,5194400	28,70	3,70	Trazas de Fisión	zircón	Toba	Formación El Milagro-Base miembro Superior	Naeser et al. (1991)
LW-07	-80,452182	-4,6735970	30,29	7,66	Ar-Ar	hornblenda	riolita		Winter (2008)
Be-84-11	-78,558330	-5,7083300	31,00	3,10	F-T	zircón	ignimbrita	El Milagro	Naeser et al. (1991)
Be-84-11	-78,558330	-5,7083300	31,00	3,10	Trazas de Fisión	zircón	Toba	Formación El Milagro-Tope del miembro Inferior	Naeser et al. (1991)
UHM-2	-79,006667	-6,4466670	35,40	1,20	K-Ar	plagioclasa	tufo dacitico	Huambo flujo de Ceniza	Noble et al. (1990)
HMB-4	-79,061670	-6,5116700	36,40	1,00	K-Ar	sanidina	tufo dacitico	Formacion Huambo-Flujo de ceniza	Noble et al. (1990)
E60204	-79,269093	-4,8269350	37,00	0,30	Ar-Ar	biotita	gneis	Sabanilla	Ulrich (2005)
HMB-1	-79,078330	-6,5283300	39,30	1,00	Ar-Ar	sanidina	tufo dacitico	Formacion Huambo-(Base) Flujo de ceniza	Noble et al. (1990)
48231103u	-79,887081	-4,4070210	43,00	2,80	Ar-Ar	hornblenda	gabro	Dique	Ulrich (2005)
BMC-1	-78,530560	-6,6766700	43,60	1,30	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formacion Chota (Base)	Noble et al. (1990)
YML-4	-78,910000	-6,4983300	44,20	1,20	K-Ar	sanidina	tufo riolitico	Formacion Llama-Material volcanoclastico	Noble et al. (1990)
BMC-2	-78,530560	-6,6766700	44,30	1,30	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formacion Chota (Base)	Noble et al. (1990)
LW-36	-80,388175	-4,7074850	45,60	5,34	Ar-Ar	hornblenda	diorita		Winter (2008)
M20603	-78,950000	-5,7527800	47,60	2,40	K-Ar	roca total	adamelita		Hama (1990)
LW-06	-80,464375	-4,6934360	48,06	5,81	Ar-Ar	hornblenda	granodiorita		Winter (2008)
LAJAS-3	-78,738330	-6,5516700	49,10	1,50	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Chota (Base) tufo retrabajado	Noble et al. (1990)
LAJAS-6	-78,738330	-6,5516700	50,20	1,50	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Chota (Base) tufo retrabajado	Noble et al. (1990)
Be 84-11	-78,559170	-5,7088900	53,60	3,10	K-Ar	plagioclasa	toba	Bagua	Mourier et al. (1988)

Anexo N° 04. Base de Datos de dataciones Radiométricas

Muestra	Este	Norte	Edad (Ma)	Error (Ma)	Metodo	Material	Tipo de Roca	Unidad	Referencia
Be 84-11	-78,559170	-5,7088900	53,60	3,10	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Bagua - miembro Sambinera	Mourier et al. (1988)
T-Bag 1	-78,454170	-5,7416700	54,20	6,40	F-T	zircón	ignimbrita	Chota	Naeser et al. (1991)
T-Bag 1	-78,454170	-5,7416700	54,20	6,40	Trazas de Fisión	zircón	Toba	Formación Chota	Naeser et al. (1991)
POR-1	-79,121670	-6,5233300	54,80	1,80	K-Ar	plagioclasa	tufo riolitico	Formación Llama	Noble et al. (1990)
Si 84-4	-78,558330	-5,7083300	56,00	3,00	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Bagua - miembro Sambinera	Mourier et al. (1988)
LW-88	-80,199326	-4,6058530	56,86	2,77	Ar-Ar	hornblenda	intrusivo	Dique	Winter (2008)
Be 84-11	-78,559170	-5,7088900	57,30	3,90	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Bagua - miembro Sambinera	Mourier et al. (1988)
Si 84-4	-78,558330	-5,7083300	58,30	4,40	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Bagua - miembro Sambinera	Mourier et al. (1988)
Yo 72504	-79,042744	-5,7411610	64,00	3,20	K-Ar	roca total	granodiorita		Hama (1990)
Si 84-4	-78,558330	-5,7083300	65,00	4,00	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Bagua - miembro Sambinera	Mourier et al. (1988)
Si 84-4	-78,558330	-5,7083300	66,00	2,10	K-Ar	plagioclasa	toba	Bagua	Mourier et al. (1988)
Si 84-4	-78,558330	-5,7083300	66,00	2,10	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Bagua - miembro Sambinera	Mourier et al. (1988)
LAJAS-4	-78,738890	-6,5516700	66,20	2,00	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Chota (Base) tufo retrabajado	Noble et al. (1990)
Si 84-4	-78,558330	-5,7083300	66,80	8,10	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Bagua - miembro Sambinera	Mourier et al. (1988)
Si 84-4	-78,558330	-5,7083300	68,10	4,60	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Bagua - miembro Sambinera	Mourier et al. (1988)
Si 84-4	-78,558330	-5,7083300	68,10	4,60	K-Ar	plagioclasa	tufo	Formación Bagua - miembro Sambinera	Mourier et al. (1988)
LW-85	-80,265229	-4,6542570	70,84	1,91	Ar-Ar	hornblenda	granito		Winter (2008)
LW-61	-80,236123	-4,8223620	70,84	1,91	Ar-Ar	hornblenda	intrusivo	Dique	Winter (2008)
H02503	-79,282658	-5,6534750	78,00	3,90	K-Ar	roca total	monzonita		Hama (1990)
3763w	-80,486277	-4,7535290	78,60	1,90	U-Pb	zircón	granodiorita	Chancadora	Winter (2008)
H11005	-79,266906	-5,7049690	82,50	4,10	K-Ar	roca total	granodiorita		Hama (1990)
1601w	-80,088283	-4,2686250	87,50	1,60	U-Pb	zircón	granodiorita	Linderos	Winter (2008)
LW-077	-80,274788	-4,5090150	90,30	5,00	U-Pb	zircón	dacita	Bocana	Winter (2008)
LW-043	-80,394651	-4,6839520	91,10	1,00	U-Pb	zircón	riolita	Bocana	Winter (2008)
LW-010	-80,208440	-4,6222270	97,00	0,40	U-Pb	zircón	dacita	Bocana	Winter (2008)
41201103u	-79,929183	-4,6342880	97,40	0,60	Ar-Ar	zircón	granito	Batolito de la Costa	Ulrich (2005)
LW-078	-80,207635	-4,6082510	98,80	1,00	U-Pb	zircón	andesita	Bocana	Winter (2008)
LW-013	-80,204264	-4,6800710	99,10	1,40	U-Pb	zircón	riolita	Bocana	Winter (2008)
LW-086	-80,137712	-4,5524570	99,30	0,30	U-Pb	zircón	riolita	Bocana	Winter (2008)
TG1-111	-80,335280	-4,9345650	100,20	0,50	U-Pb	zircón	riolita	San Lorenzo	Winter (2008)
Yo 92220	-78,992679	-5,4678370	102,00	5,00	K-Ar	roca total	diorita		Hama (1990)
RM1	-79,066468	-4,9405100	104,00	3,00	K-Ar	biotita	granodiorita	Zamora	Litherland et al. (1994)
LW-016	-80,201827	-4,6992180	104,70	1,40	U-Pb	zircón	riolita	San Lorenzo	Winter (2008)

Anexo N°05. Base de datos de Muestras

Musstra	Droopoete	Coordena	das (WGS84)	Muestree	Decarinción		
Muestra	Prospecto	Este	Norte	muestreo	Descripcion		
ER9001	Chancadora	556 705	9 474 108	Chips panel 1m ²	Venillas < 1 cm de cuarzo++, hematita+, arcillas+, Limonitas-		
ER9002	Chancadora	556 708	9 474 136	Chips panel 1m ²	fragmento de cuarzo+, hematita++, Limonitas+		
ER9003	Chancadora	556 806	9 474 176	Chips panel 1m ²	Pórfido con cuarzo++ oqueroso, arcillas+, pátinas de sulfuros, sulfuros de Cu-, hematita-		
ER9005	Chancadora	556 686	9 474 176	Chips panel 1m ²	Venillas de cuarzo++ < 1 cm y fragmento de cuarzo-, hematita++, Limonitas-, arcillas+		
ER9006	Tejedores	586 651	9 464 940	Chips panel 1m ²	hematita++ masivo, arcillas+, Limonitas-, psilomelano-, cuarzo-		
ER9007	Tejedores	586 626	9 464 908	Chips panel 1m ²	hematita++ masivo, Venillas de cuarzo+ < 1 cm de aspecto brechoide, psilomelano+, Limonitas-		
ER9008	Tejedores	586 588	9 464 884	Chips panel 1m ²	hematita++ masivo, cuarzo++ masivo tipo boxwork, pirita diseminado, Limonitas-, psilomelano+		
ER9009	Tejedores	586 596	9 464 634	Chips panel 1m ²	hematita++ masivo, cuarzo++ masivo tipo boxwork, Limonitas-, psilomelano+, arcillas-		
ER9010	Tejedores	586 649	9 464 720	Chips panel 1m ²	hematita++ masivo, Limonitas+, psilomelano-, fragmento de cuarzo+ tipo boxwork, arcillas-		
ER9011	Tejedores	586 671	9 464 782	Chips panel 1m ²	hematita++ masivo, cuarzo++ en fragmento tipo boxwork, Limonitas+, arcillas-		
ER9012	Tejedores	586 694	9 464 864	Chips panel 1m ²	Pórfido alterado a arcillas++, cuarzo++ tipo boxwork, hematita++, Limonitas-		
ER9004	Chancadora	556 835	9 474 096	Chips panel 1m ²	Pórfido con cuarzo++, feldespato potásico, hematita+, Limonitas-		
ER9014	Tejedores	587 552	9 464 786	Chips panel 1m ²	Andesita con pátinas de Oxidos Fe-		
ER9017	Orquetas	578 715	9 486 486	Chips panel 1m ²	Traquiandesita con diseminado de pirita		
ER9029	Lagartos	567 310	9 480 422	Chips panel 1m ²	Granodiorita		
ER9052	Quebrada Suyo	604 498	9 501 794	Chips panel 1m ²	Andesita albitizada		
ER910	Tejedores	586 596	9 464 634	Grab	hematita++ masivo, Limonitas+, psilomelano+		
ER915	El Papayo	587 485	9 464 744	Grab caído	hematita++ masivo, Limonitas-, psilomelano+		
ER924	Noque	581 014	9 495 288	Grab	hematita++ masivo, Limonitas-, psilomelano+, fragmento de cuarzo-		
ER926	Tambogrande	573 126	9 455 088	Grab	hematita++, sulfuros de Cu, Limonitas-		
ER927	Alvarado	595 785	9 507 644	Grab	cuarzo++ masivo, esfalerita-, calcopirita-, pirita-, hematita-, Limonitas-		
ER929	Pampas Redondas	613 066	9 515 382	Grab	Brecha hidrotermal polimíctica, hematita+, Limonitas-, sericita-, psilomelano+, fragmento de roca-		
ER933	Overal	587 341	9 499 454	Grab	cuarzo++ masivo, hematita+, Limonitas-		
ER938	Noque	580 959	9 495 416	Grab	magnetita++ masivo, hematita+, Limonitas-		
ER904	Chancadora	556 835	9 474 096	Grab	Pórfido con Venillas de cuarzo++ en stockwork < 1cm		
ER906	Chilaco	559 534	9 481 320	Grab	Graniodiorita		
ER914	Tejedores	587 552	9 464 786	Grab	Andesita con pátinas de Oxs-Fe		
ER916	Orquetas	578 715	9 486 486	Grab	Traquidacita		
ER919	Lagartos	565 955	9 478 972	Grab	Andesita		

Musstra	Droopooto	Coordena	das (WGS84)	Muestreo	Descrinción	
Muestra	Prospecio	Este	Norte	wuestreo	Descripcion	
ER920	Lagartos	567 310	9 480 422	Grab	Diorita	
ER922	Pampas Quemadas	571 672	9 487 096	Grab	Andesita porfirítica	
ER928	Quebrada Suyo	604 498	9 501 794	Grab	Andesita (lavas en almohadilla de la formación Ereo)	
ER9013	Tejedores	586 760	9 464 902	Chips panel 1m ²	Arcillas++, Venillas de Oxidos Fe++, hematita++, psilomelano+, Limonitas-	
ER9015	El Papayo	587 485	9 464 744	Chips panel 1m ²	hematita++ masivo (especularita), Limonitas-	
ER9018	Orquetas	578 732	9 486 292	Chips panel 1m ²	Pórfido diorítico alterado, Oxidos Fe+	
ER9019	Orquetas	578 770	9 486 252	Chips panel 1m ²	Pórfido diorítico alterado, Oxidos Fe+	
ER9020	Orquetas	578 950	9 486 066	Chips panel 1m ²	Limonitas++, fragmento de roca+, hematita+	
ER9021	Orquetas	578 919	9 485 948	Chips panel 1m ²	fragmento de roca+, hematita++, Limonitas+, arcillas-	
ER9022	Orquetas	579 228	9 485 746	Chips panel 1m ²	cuarzo++ masivo, hematita++, Limonitas+, arcillas-	
ER9023	Lagartos	565 817	9 477 902	Chips panel 1m ²	hematita++ masivo, cuarzo++ tipo boxwork, Limonitas-, arcillas-	
ER9024	Lagartos	566 977	9 479 208	Chips panel 1m ²	cuarzo++ masivo, hematita++, Limonitas-, psilomelano-	
ER9025	Lagartos	567 009	9 479 312	Chips panel 1m ²	hematita++, arcillas+, cuarzo+, Limonitas-	
ER9026	Lagartos	567 150	9 479 348	Chips panel 1m ²	cuarzo++ masivo, hematita+, Limonitas-, arcillas+	
ER9027	Lagartos	567 157	9 479 900	Chips panel 1m ²	hematita++ (ocre), Limonitas-, arcillas-	
ER9028	Lagartos	567 277	9 479 790	Chips panel 1m ²	cuarzo++ masivo tipo boxwork, hematita+, Limonitas-, arcillas-	
ER9030	Lagartos	567 218	9 480 464	Chips panel 1m ²	cuarzo++ masivo, arcillas+, hematita+, Limonitas+	
ER9031	Lagartos	567 176	9 480 432	Chips panel 1m ²	cuarzo++ en fragmento y masivo, hematita++, Limonitas-	
ER9032	Curi	571 320	9 476 880	Chips panel 1m ²	Andesita porfirítica, pátinas de Oxidos Fe	
ER9033	La Bocana	570 174	9 486 092	Chips panel 1m ³	hematita+, Limonitas-, arcillas-	
ER9034	Pampas Quemadas	571 656	9 487 046	Chips panel 1m ³	Roca alterada con hematita+, Limonitas-, Venillas de cuarzo-	
ER9035	Pampas Quemadas	571 275	9 487 240	Chips panel 1m ³	Caliza alterada, hematita++, Limonitas-	
ER9036	Pampas Quemadas	571 057	9 487 412	Chips panel 1m ³	Caliza glauconítica alterada con hematita++, Limonitas-	
ER9037	Potrobayo	574 957	9 493 544	Chips panel 1m ³	hematita++ masivo, Limonitas+, arcillas-, cuarzo-	
ER9038	Potrobayo	575 495	9 493 800	Chips panel 1m ³	hematita++ masivo, psilomelano+, Limonitas-	
ER9039	Potrobayo	575 784	9 493 966	Chips panel 1m ³	hematita++ masivo y especularita, Limonitas-	
ER9040	Noque	580 712	9 494 902	Chips panel 1m ³	Pórfido alterado con cuarzo++ granular, hematita++, Limonitas-	
ER9041	Noque	581 014	9 495 288	Chips panel 1m ³	Pórfido alterado con cuarzo++ granular, especularita++, Limonitas-	
ER9042	Noque	582 110	9 495 594	Chips panel 1m ³	Pórfido con alto contenido de cuarzo++ masivo, hematita+, Limonitas-, arcillas-	
ER905	Chancadora	556 686	9 474 176	Grab	Pórfido monzonítico con Venillas de cuarzo+	

Musstra	Dreeneste	Coordenad	as (WGS84)	Musstras	Descrinción		
Muestra	Prospecto	Este	Norte	muestreo	Descripcion		
ER908	Tejedores	586 626	9 464 908	Grab	Brecha hidrotermal, hematita++, Limonitas+, cuarzo++ masivo y tipo boxwork, fragmentom de roca+		
ER921	La Bocana	570 043	9 485 978	Grab	Lava félsica con finas bandas de calcopirita+, pirolusita- en pátinas		
ER923	Potrobayo	575 495	9 493 800	Grab	Brecha hidrotermal con silice++, hematita+, Limonitas-, fragmento de roca+		
ER925	Noque	582 110	9 495 594	Grab	Pórfido silicificado con boxwork, hematita++, Limonitas-		
ER930	Tomapampa	604 535	9 491 380	Grab	Pórfido silicatado, hematita+, sulfuros de Cu, baritina++		
ER931	Morocho 3	610 018	9 506 304	Grab	Andesita con cloritas+, pirofilita		
ER932	Morocho 3	610 018	9 506 304	Grab	Brecha craquelada con fragmento de andesita y cemento de sílice		
ER934	Overal	589 348	9 499 988	Grab	Andesita con pátinas de pirolusita y Oxidos Fe		
ER936	La Leona	589 731	9 502 294	Grab	Caliza margosa con Venillas de calcita < 1cm, materia orgánica-		
ER937	Cascajo Blanco	591 808	9 499 526	Grab	Andesita porfirítica, cloritas++		
ER9043	Tambogrande	573 030	9 454 372	Grab	hematita++ masivo, Limonitas-, psilomelano-, cuarzo en fragmento < 1cm		
ER9044	Tambogrande	573 126	9 455 088	Grab	hematita++ masivo, Limonitas-, psilomelano-		
ER9045	Alvarado	595 858	9 508 750	Canal	Roca alterada con presencia de feldespatos alterados a arcillas, Venillas de cuarzo+, hematita+, Limonitas++,		
					psilomelano-		
ER9046	Alvarado	595 696	9 507 128	Canal	Jaspilita compuesta por hematita++, Limonitas-, sílice+, fragmento de roca+, druza milimétrica con cristales de		
					cuarzo		
ER9047	Chivatos	595 861	9 506 078	Canal	Toba dacítica silicificada, alterada a arcillas++, hematita++, Limonitas-		
ER9048	Bolsa del Diablo	592 707	9 505 646	Canal	hematita++, Limonitas+, fragmento de roca- de aspecto brechoide		
ER9049	Bolsa del Diablo	592 733	9 505 726	Canal	Veta de cuarzo++ masivo, Limonitas++, hematita+		
ER9050	Bolsa del Diablo	592 724	9 505 760	Canal	Veta de cuarzo++ masivo lechoso, Limonitas++, hematita+, Oxidos Manganeso		
ER9051	Santa Ana de Quiroz	603 111	9 497 878	Chips panel 1m ²	Gossan con hematita++, Limonitas+, psilomelano+		
ER9053	Pampas Redondas	613 066	9 515 382	Chips panel 1m ²	Brecha polimictica con fragmentomde roca alterada a arcillas++, hematita++, psilomelano+, Limonitas-, cuarzo+		
					cristalizado		
ER9054	Tomapampa	604 535	9 491 380	Chips panel 1m ²	Andesita con pátinas de Oxidos Manganeso		
ER9055	Tomapampa	604 264	9 490 652	Cancha	sulfuros de Cu++, cuprita, cuarzo++, jarosita+, Limonitas-		
ER9056	Morocho 3	610 018	9 506 304	Canal	Veta cuarzo++ masivo, hematita++, Limonitas-, Oxidos Manganeso		
ER9057	Overal	587 341	9 499 454	Canal	Veta cuarzo++ masivo gris - lechoso drusi, hematita++, Limonitas-, psilomelano		
ER9058	Overal	587 685	9 499 978	Canal	Gossan con Limonitas++, hematita+, arcillas-		
ER9059	Overal	589 116	9 499 822	Chips panel 1m ²	Roca alterada a arcillas++, Venillas de cuarzo-, jaspe+, hematita+, Limonitas+, Oxs-Mn-		
ER9060	Overal	589 348	9 499 988	Canal	Andesita con pátinas de Oxs-Fe-, ligeramente silicificada		
ER9061	La Leona	589 731	9 502 294	Chips panel 1m ²	Veta de cuarzo++ masivo y cristalizado, hematita++, Limonitas, Oxidos Manganeso-, fragmento de roca		
					(andesita)-		
ER9062	El Portillo	586 879	9 501 066	Chips panel 1m ²	Corneana con vetillas de cuarzo++ drusa, hematita+, Limonitas+		

Muostra	Prospecto	Coordenadas (WGS84)		Muestree	Doscrinción		
wuestra	Prospecto	Este	Norte	muestreo	Descripcion		
ER9063	Noque	580 532	9 495 650	Chips panel 1m ²	Pórfido alterado, arcillas++, hematita++, cuarzo+, Limonitas-, Oxs-Mn-		
ER9064	Noque	580 146	9 495 886	Chips panel 1m ²	Pórfido alterado, arcillas++, hematita++, Limonitas-, Oxidos Manganeso-		
PAP-171007-001	El Papayo	593 073	9 467 658	Canal	Veta de 30 cm de baritina masivo+++ con impregnaciones de hematita++, Limonitas++, psilomelano-		
PAP-171007-002	El Papayo	593 079	9 467 654	Chips panel 1m ²	Brecha hidrotermales con fragmento de roca alt a arcillas+++, baritina+ con diseminado de calcopirita, calcosita, hematita++ y Limonitas- en fract, sílice- con cuprita diseminado y pátinas.		
PAP-171007-003	El Papayo	593 121	9 467 482	Chips panel 1m ²	Lava basáltica con alteración moderada a cloritas.		
PAP-171007-004	El Papayo	593 138	9 467 548	Chips panel 1m ²	Jaspilita compuesta por gohetita++, cuprita+++, sílice lechosa, malaquita		
REC-171007-001	El Recodo	591 720	9 467 522	Chips panel 1m ²	Diorita con alteración argílica y cloritización		
REC-171007-002	El Recodo	591 718	9 467 518	Canal	Veta de 20 cm de baritina masivo+++ con impregnaciones de malaquita++, calcosita- en Venillas y microvenillas, cuprita-, hematita++, Limonitas-		
REC-171007-003	El Recodo	591 718	9 467 518	Canal	Veta de 20 cm de baritina masivo+++ con impregnaciones de malaquita++, calcosita- en Venillas y microvenillas, cuprita-, hematita++, Limonitas-		
BOC-181007-001	La Bocana	573 121	9 487 668	Canal	Veta de 0.4m de ancho compuesta por cuarzo masivo++ y granular+++, hematita++, psilomelano++, Limonitas+, sulfuros de Cu		
BOC-181007-002	La Bocana	573 121	9 487 668	Grab	Diorita argilizada (roca encajonante) con Venillas de hematita++, Limonitas+, cuarzo++, psilomelano+		
BOC-181007-003	La Bocana	573 159	9 487 666	Grab	Veta de 0.4m de ancho con cuarzo+++, hematita++, cuprita-, calcosita++, Limonitas+, fragmento de roca alterada a arcillas-		
BOC-181007-004	La Bocana	573 101	9 487 692	Grab	Diorita alterada por cloritas.		
BOC-181007-005	La Bocana	572 878	9 487 716	Canal	Veta de 0.2 m compuesta por cuarzo masivo++ y granular++, hematita++, psilomelano+, fragmento de roca argilizada++, Limonitas+		
BOC-181007-006	La Bocana	572 878	9 487 716	Chips panel 1m ²	Roca completamente argilizada (0.35 m de pot, contigua a la estructurara anterior) con pátinas de pirolusita, Oxidos Fe como hematita, Limonitas++		
BOC-181007-007	La Bocana	572 878	9 487 716	Chips panel 1m ²	Diorita alterada, feldespatos alterados a arcilla		
BOC-181007-008	La Bocana	572 074	9 486 764	Chips panel 1m ²	Jaspilita brechada compuesta por hematita (especularita)++, Limonitas+, Oxidos Cu, calcopirita, fragmento de roca (pórfido basáltico alterado), arcillas		
BOC-181007-009	La Bocana	572 074	9 486 764	Grab	Pórfodo basáltico alterado a arcillas		
SAU-191007-001	La Saucha	599 420	9 485 654	Chips panel 1m ²	Brecha de origen hidrotermal, clastos heterométricos de riolitas argilizadas, pátinas de hematita++, núcleos de cuprita-, pirita fina diseminado y microvenillas++		
SAU-191007-002	La Saucha	599 420	9 485 654	Grab	Brecha con clastos heterométricos de riolitas argilizadas, pátinas de hematita+++, núcleos de cuprita-, pirita fina diseminado y microvenillas++, arcillas+++		
SAU-191007-003	La Saucha	599 420	9 485 654	Chips panel 1m ²	Brecha con clastos heterométricos de riolitas argilizadas, pátinas de hematita+++, núcleos de cuprita-, pirita fina diseminado y microvenillas++, arcillas+++		

Muestre		Coordenadas (WGS84)		Muestree	Doscrinción		
wuestra	Prospecio	Este	Norte	wuestreo	Descripcion		
SAU-191007-004	La Saucha	599 439	9 485 650	Grab	Brecha hidrotermal con clastos heterométricos de rocas subangulosas argilizadas con diseminado de pirita ++ en		
CALL 101007 005	La Causta	500.050	0.405.710	Crah	la filatile. Veninas ne pinta + y diseminado de sundos.		
SAU-191007-005	La Saucha	599 259	9 485 610	Grad			
SAU-191007-006	La Saucha	599 117	9 485 688	Chips panel 1m ²	Deposito de flujo de bloques y cenizas de la Formación La Bocana (?)		
SAU-191007-007	La Saucha	598 791	9 484 640	Canal	Veta de 0.1 m compuesta por cuprita masivo++, malaquita+, Venillas de cuarzo lechoso++, calcopirita-, calcosita		
SAU-191007-008	La Saucha	598 791	9 484 640	Grab	Veta de 0.1 m compuesta por cuprita masivo++, malaquita+, Venillas de cuarzo lechoso++, calcopirita-, calcosita		
SAU-191007-009	La Saucha	598 791	9 484 640	Grab	Roca completamente argilizada con diseminado de Oxidos Cu (cuprita, neotosita)+, biotita-sericita+		
SAU-191007-010	La Saucha	598 791	9 484 640	Grab	Roca encajonante conformada por granodiorita con alteración a biotitas		
SAU-191007-012	La Saucha	598 791	9 484 640	Canal	Estructura compuesta por Oxidos Fe como Limonitas++, hematita+, Oxido Cu como cuprita- y boxwork de sílice lechosa.		
SAU-191007-013	La Saucha	598 791	9 484 640	Grab	Estructura compuesta por Oxidos Fe como Limonitas++, hematita+, Oxidos Cu como cuprita- y boxwork de sílice lechosa.		
BOC-201007-010	La Bocana	572 887	9 487 782	Canal	Vetilla tipo B compuesta por calcopirita+++, calcosita++, cuarzo masivo en los bordes de la vetilla++ y pirita cristalizada de grano fino a medio++		
BOC-201007-011	La Bocana	572 887	9 487 782	Grab	Monzodiorita		
BOC-201007-012	La Bocana	572 887	9 487 782	Grab	Vetillas tipo EB y M		
ALG-201007-001	Algodonal	574 723	9 492 076	Canal	Estructura de 0.3 m de ancho compuesta por cuprita++, neotisita+, cuarzo granular++, malaquita-, calcopirita-, hematita+++, Limonitas-, baritina masivo-		
ALG-201007-002	Algodonal	574 723	9 492 076	Grab	Estructura de 0.3 m de ancho compuesta por cuprita++, neotisita+, cuarzo granular++, malaquita-, calcopirita-, hematita+++, Limonitas-, baritina masivo-		
ALG-201007-003	Algodonal	574 723	9 492 076	Cancha	Material en cancha de estructura de 0.3 m de ancho compuesta por cuprita++, neotisita+, cuarzo granular++, malaquita-, calcopirita-, hematita+++, limonitas-, baritina masivo-		
ALG-201007-004	Algodonal	575 026	9 492 096	Chips panel 1m ²	Dacita porfirítica con flow banding (domo)		
CHA-221007-001	Chancadora	556 587	9 474 016	Grab	Pórfido con intensa alteración potásica y venilla de cuarzo tipo A		
CHA-221007-002	Chancadora	556 757	9 474 034	Grab	Porfido con alteración potasica, venillas tipo A, muscovita y sericita secundaria		
CHA-221007-003	Chancadora	556 823	9 474 150	Chips panel 1m ²	Venillas tipo B con cuarzo y diseminación de sulfuros		
CHA-221007-004	Chancadora	556 812	9 474 160	Grab	Pórfido con alteración potásica, y presencia de venillas tipo A		
CHA-221007-005	Chancadora	556 797	9 474 200	Grab	Dique andesítico porfirítico		
CHA-221007-006	Chancadora	556 650	9 474 160	Grab	Vetillas tipo B, con diseminación de pirita++, calcopirita- y cuarzo masivo+++		
NOQ-231007-001	Noque	580 961	9 495 210	Chips panel 1m ²	Pórfido granítico con alteración propilítica moderada		
NOQ-231007-010	Noque	581 254	9 495 190	Chips panel 1m ²	Intrusivo granitoide que irrumpe al exoskarn		

Muostra	Dreeneste	Coordena	das (WGS84)	Muostroo	Descrinción		
wuestra	Prospecio	Este	Norte	wuestreo	Descripcion		
NOQ-231007-002	Noque	581 490	9 495 276	Chips panel 1m ²	Intrusivo dioritico alterado dentro del exoskarn, se encuentra cloriticado, epidotizado y ligeramente argilizado (O flujo de bloques y ceniza)		
NOQ-231007-003	Noque	581 488	9 495 298	Chips panel 1m ²	Vetilla de 0.1 m compuesta por magnetita+++, po+, hematita+++		
NOQ-231007-004	Noque	581 675	9 495 174	Chips panel 1m ²	Intrusivo no determinado, con presencia de cristales de cuarzo y feldespatos alterados equigranulares, además de alteración clorítica		
NOQ-231007-005	Noque	581 681	9 495 164	Chips panel 1m ²	Veta de cuarzo masivo lechoso de 1.8 m de ancho con presencia de hematita++, psilomelano-, Limonitas+, asociado a un cuerpo de brecha de 20 m de ancho		
NOQ-231007-006	Noque	581 935	9 494 800	Chips panel 1m ²	Brecha polimíctica con matriz de polvo de roca, fragmentos alterados subredondeados.		
NOQ-231007-007	Noque	581 935	9 494 800	Chips panel 1m ²	Lava andesítica intensamente fracturada		
NOQ-231007-008	Noque	581 692	9 495 243	Chips panel 1m ²	Exoskarn compuesto por hematita+++, Limonitas++, fragmento de roca+, psilomelano+, fragmento de cuarzo lechoso+		
NOQ-231007-009	Noque	581 360	9 495 162	Chips panel 1m ²	Endoskarn cloritizado, con presencia de epidota y pátinas de Oxs-Fe como hematita y limonitas		
NOQ-231007-011	Noque	581 250	9 495 185	Grab	Caliza margosa moderadamente fracturada		
PAQ-241007-001	Pampas Quemadas	568 222	9 487 524	Chips panel 1m ²	Veta de 0.4 m de ancho compuesta por baritina, calcita, microvenilas de Oxidos Fe++++ y malaquita-		
PAQ-241007-002	Pampas Quemadas	571 614	9 486 962	Chips panel 1m ²	Andesita porfirítica		
PAQ-241007-003	Pampas Quemadas	571 617	948 676	Chips panel 1m ²	Intrusivo diorítico con alteración propilítica (clorita-epídota)		
PAQ-241007-004	Pampas Quemadas	571 405	9 486 894	Chips panel 1m ²	Granodiorita con meteorización esferoidal, y presencia de enclaves		
LAG-251007-001	Lagartos	566 387	9 479 980	Chips panel 1m ²	Diorita ligeramente alterada a cloritas		
LAG-251007-002	Lagartos	566 375	9 480 002	Chips panel 1m ²	Veta de cuarzo masivo de 0.40 m con presencia de hematita+++ en microvenillas, Limonitas++, psilomelano+, sericita++		
LAG-251007-003	Lagartos	566 375	9 480 002	Grab	Roca caja intensamente argilizada		
LAG-251007-004	Lagartos	566 609	9 479 334	Chips panel 1m ²	Granitoide con alteración argílica moderada		
CAB-261007-001	Cascajo Blanco	590 928	9 499 952	Chips panel 1m ²	Pórfido con alteración potásica, presenta fragmento de cuarzo y venillas tipo A		
CAB-261007-002	Cascajo Blanco	590 175	9 500 228	Chips panel 1m ²	Pórfido con alteración fílica (cuarzo-sericita) con venilleo tipo A (tres familias)		
CAB-261007-003	Cascajo Blanco	590 204	9 500 404	Chips panel 1m ²	Pórfido con intenso contenido de Oxidos Fe+ (hematita+++, limonitas++), Venillas de sílice lechosa a modo de stockwork, alteración fililca, vetillas tipo B alteradas a óxidos		
CAB-261007-004	Cascajo Blanco	590 854	9 499 992	Grab	Pórfido con intensa alteracion potásica y eventuales venillas tipo A		
CAB-261007-005	Cascajo Blanco	591 396	9 499 756	Chips panel 1m ²	Roca volcánica silicificada en contacto con el pórfido, se evidencian plagioclasas y diseminado de pirita <1%		
POT-271007-001	Potrobayo	575 506	9 493 646	Chips panel 1m ²	Brecha heterométrica con cemento silíceo gris oscuro, microvenillas de pirita <3%, Venillas de Oxs-Fe, jarosita-, fragmentos subangulosos de roca argilizada		
POT-271007-002	Potrobayo	575 540	9 493 680	Chips panel 1m ²	Brecha heterométrica con fragmentos subredondeados <5cm, argilizados y silicificados, diseminado de pirita <2%, jarosita en pátinas y microvenillas <5%, hematita++ en pátinas		

Muostro	Dreenaate	Coordena	das (WGS84)	Muestree	Descrinción		
muestra	Prospecio	Este	Norte	wuestreo	Descripcion		
POT-271007-003	Potrobayo	575 465	9 493 644	Chips panel 1m ²	Cuarzolitas con pátinas de Oxidos Fe+, limita con una brecha heterométrica con fragmentos subredondeados <5cm		
POT-271007-004	Potrobayo	575 602	9 493 764	Chips panel 1m ²	Probable felsita (riolita silicificada)		
POT-271007-005	Potrobayo	576 362	9 494 660	Chips panel 1m ²	Especularita masivo+++, magnetita		
POT-271007-006	Potrobayo	576 441	9 494 726	Chips panel 1m ²	Toba de lapilli alterada a clorita-epidota con pátinas de hematita++		
OVE-291007-001	Overal	587 480	9 499 182	Canal	Falla con abundante panizo argilizado en su totalidad		
OVE-291007-002	Overal	587 480	9 499 182	Chips panel 1m ²	Toba de lapilli con alteración agílica moderada		
OVE-291007-003	Overal	587 480	9 499 182	Chips panel 1m ²	Dique andesítico emplazado entre la veta y la falla antes descritas		
OVE-291007-004	Overal	588 305	9 500 440	Canal	Veta de 0.8 m compuesta por cuarzo masivo lechosos oqueroso, Oxidos Fe(hematita+++,limonitas+), psilomelano, fragmento de roca+		
OVE-291007-005	Overal	588 265	9 501 150	Grab	Roca caja argilizada con fracturas rellenas con Oxidos Fe (Limonitas++)		
OVE-291007-006	Overal	588 265	9 501 150	Canal	Veta de 0.5 m de ancho compuesta por cuarzo+++, hematita+++, limonitas+, psilomelano+		
OVE-291007-007	Overal	588 387	9 501 090	Canal	Veta de 0.3 m de ancho compuesta por cuarzo++ oqueroso gris, hematita+++, limonitas+, psilomelano-		
OVE-291007-008	Overal	588 365	9 500 374	Grab	Cuerpo de sílice masiva o leach caping (sinter) con hematita++ en pátinas y diseminado de pirita <1%		
OVE-291007-009	Overal	588 390	9 500 330	Canal	Veta de 0.3 m de ancho compuesta por hematita++ masivo, sílice residual		
LEO-291007-001	La Leona	588 766	9 500 872	Canal	Veta de 0.4 m de ancho compuesta por cuarzo masivo+++, hematita+++, limonitas++		
LEO-291007-002	La Leona	588 636	9 501 060	Grab	Roca caja alterada a arcillas		
LEO-291007-003	La Leona	588 636	9 501 060	Canal	Veta de 0.4 m compuesta por hematita+++ masivo,limonitas++, cuarzo++, psilomelano-, fragmento de roca alterada a arcillas		
LEO-291007-004	La Leona	590 101	9 502 160	Canal	Veta de 0.2 m de ancho compuesta por mineralización de reemplazamiento como cuarzo+++ masivo, hematita++, limonitas+++ y fragmento de caliza silicificada-		
LEO-291007-005	La Leona	590 101	9 502 160	Grab	Roca caja intensamente alterada a arcillas, pátinas de Oxidos Fe-, epidota		
LEO-291007-006	La Leona	590 430	9 501 862	Canal	Veta de 0.5 m de ancho compuesta por pirita diseminado y en microvenillas++, azufre nativo, fragmento de roca silicificada		
LEO-291007-007	La Leona	590 430	9 501 862	Grab	Veta de 0.5 m de ancho compuesta por pirita diseminado y en microvenillas++, azufre nativo, fragmento de roca silicificada		
LEO-291007-008	La Leona	590 474	9 501 872	Canal	Veta de 0.3 m de ancho compuesta por Oxidos Cu (cuprita, neotosita)+++, malaquita+, fragmento argilizados, hematita++, limonitas+, cuarzo++		
LEO-291007-009	La Leona	589 478	9 501 574	Grab	Veta de 0.3 m de ancho compuesta por cuarzo masivo++, pirita diseminado+, hematita+, limonitas-		
ALV-301007-001	Alvarado	595 584	9 508 640	Chips panel 1m ²	Sistema de vetillas de cuarzo masivo++, hematita++, limonitas+, fragmento de roca+++		
ALV-301007-002	Alvarado	595 377	9 508 676	Chips panel 1m ²	Roca caja, volcánico andesítico con ligera alteración a cloritas		
BDD-301007-001	Bolsa del Diablo	592 683	9 505 552	Canal	Veta de 0.4 m de ancho compuesta por cuarzo masivo++, limonitas++, hematita+++, fragmento de roca argilizada+		

Muostro	Prospecto	Coordena	das (WGS84)	Muestree	Decerinción
wuestia	Prospecio	Este	Norte	wuestreo	Descripcion
BDD-301007-002	Bolsa del Diablo	592 643	9 505 614	Grab	Roca caja argilizada contigua a brecha mineralizada
BDD-301007-003	Bolsa del Diablo	592 643	9 505 614	Chips panel 1m ²	Brecha contigua a veta. Su espesor es mayor a 3 m y está compuesta por fragmento de roca subangulosa, heterométrica, cemento silíceo y diseminado de pirita 1%
BDD-301007-004	Bolsa del Diablo	592 643	9 505 614	Canal	Veta de 0.3 m de ancho compuesta por cuarzo masivo gris-,hematita+++, Limonitas++, fragmento de roca argilizada-, diseminado de pirita, calcita+
BDD-301007-005	Bolsa del Diablo	593 488	9 506 188	Canal	Veta de 0.2 m compuesta por cuarzo masivo++, hematita+++, limonitas-, roca caja argilizada-
MAL-301007-001	Malvas	591 026	9 502 642	Canal	Veta de 0.3 m de ancho compuesta por cuarzo masivo++, hematita++, limonitas+++, fragmento de roca+
PEV-011107-001	Peña Viva	561 370	9 475 158	Canal	Gabro cloritizado
PEV-011107-002	Peña Viva	561 344	9 475 276	Chips panel 1m ²	Pórfido con alteración fílica y potásica pervasiva con presencia de Oxs-Fe (hematita+++,limonitas+), Oxidos Cu (neotocita+)
PEV-011107-003	Peña Viva	561 318	9 475 386	Canal	Veta tipo A con fina diseminado de molibdenita <1%
PEV-011107-004	Peña Viva	561 318	9 475 386	Chips panel 1m ²	Pórfido con alteración potásica con diseminado de calcopirita- y neotocita-
PEV-011107-005	Peña Viva	561 578	9 475 352	Canal	Veta tipo B compuesta por cuarzo gris masivo+++, molibdenita diseminado++ y venillas de sericita-
PEV-011107-006	Peña Viva	560 482	9 476 014	Chips panel 1m ²	Lava andesítica intensamente fracturada
CEC-011107-001	Cerro colorado	590 240	9 461 500	Sondeo	sulfuros masivos compuestos por pirita+++, calcopirita+, feldespatos alterados a arcillas
CEC-011107-002	Cerro colorado	590 240	9 461 500	Sondeo	Toba de lapilli con diseminado de pirita++, calcopirita
TAM-011107-001	Tambogrande	573 042	9 454 722	Sondeo	sulfuros masivos compuestos por pirita+++, calcopirita
PAP-011107-005	El Papayo	593 109	9 467 610	Sondeo	Toba reemplazada parcialmente por sulfuros masivos compuestos por pirita++, calcopirita, cuarzo++ y calcita-
OVE-011107-010	Overal	587 735	9 501 004	Sondeo	Veta de pirita masiva cristlizada+++, cuarzo masivo en cavidades++,limonitas.

Muestra	Este	Norte	Edad (Ma)	Error (Ma)	Metodo	Material	Tipo de Roca	Unidad	Referencia
H12418	-79,093900	-5,7055410	106,00	5,00	K-Ar	roca total	monzonita	Dique	Hama (1990)
K12309	-79,090896	-5,6804050	119,00	6,00	K-Ar	roca total	diorita		Hama (1990)
Yo 92311	-79,093696	-5,4781120	122,00	6,00	K-Ar	roca total	granodiorita		Hama (1990)
RM1	-79,066468	-4,9405100	132,00	5,00	K-Ar	hornblenda	granodiorita	Zamora	Litherland et al. (1994)
DC 5-6-21	-78,377716	-5,9071670	145,50	0,00	U-Pb	zircón	arenisca	Goyllarisquizca	Chew et al. (2008)
CCR/87/21A	-78,604305	-4,0405350	153,00	4,00	K-Ar	biotita	granodiorita	Zamora	Litherland et al. (1994)
CCR/87/21G	-78,604305	-4,0405350	153,00	12,00	K-Ar	hornblenda	granodiorita	Zamora	Litherland et al. (1994)
sd	-78,650000	-4,6500000	180,00	5,00	K-Ar	hornblenda	tonalita	Plutón Palanda	Baldock (1977)
26151103u	-79,149643	-5,0176040	203,00	1,40	Ar-Ar	hornblenda	granito	Batolito de Zamora	Ulrich (2005)
1180603u	-80,405698	-3,7435770	219,50	1,20	Ar-Ar	muscovita	granito		Ulrich (2005)
120204u	-81,147355	-5,1953500	222,00	1,20	Ar-Ar	muscovita	granito		Ulrich (2005)
CRSH/89/8A	-77,832543	-3,7199170	224,00	34,00	K-Ar	hornblenda	anfibolita	Piedras	Litherland et al. (1994)
LW-030	-80,959469	-5,1537160	229,80	2,90	U-Pb	zircon	granodiorita		Winter (2008)
LW-31	-81,141615	-5,1904850	230,00	0,00	Ar-Ar	hornblenda	granito		Winter (2008)
DC 5-6-28	-79,251322	-5,2488330	230,00	3,00	U-Pb	zircón	migmatita	Sabanilla	Chew et al. (2008)
NAM-22	-77,929536	-6,7056390	309,00	4,00	U-Pb	zircón	granodiorita		Miskovik et al. (2009)
99 RS 65	-79,076100	-4,8833710	368,00	14,00	U-Pb	zircón	filita	Isimanchi	Chew et al. (2008)
DC 5-6-29	-79,766975	-5,2913870	507,00	24,00	U-Pb	zircón	metawacke	Complejo Olmos	Chew et al. (2008)
LW-033	-80,371656	-4,7178730	542,00	0,00	U-Pb	zircón	riolita	Bocana	Winter (2008)
LW-066	-80,205667	-4,6195830	542,00	0,00	U-Pb	zircón	riolita	Bocana	Winter (2008)

ANEXO 6 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Muestra:	CHA-221007-002
Procedencia:	Chancadora – Cuenca Lancones
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

Descripción macroscópica: Pórfi
 Descripción microscópica: Vetill

Pórfido con alteración potásica, venillas tipo A. moscovita y sericita secundaria. Vetillas de cuarzo anhedral. La caja compuesta de cristales subhedrales de feldespato K, los mismos que se encuentran.

3. Mineralogía :

4. 5.

	-	
3.1	Esenciales	Qz: 30%; Fd: 40%;
3.2	Accesorios	Plg: 10%
3.3	Secundarios	Opacos: 20%
Texturas:		Mirmequitica
Alteración:		Cuarzo – sericita.



Figuras 1&2: Se observa un cristal de biotita alterado a sericita. En nicoles paralelos y cruzados respectivamente.



Figuras 3&4: Cristales anhedrales y alterados de ortosa, cortados por vetillas de cuarzo.

Mues	stra:		CHA-221007-004
Proc	edencia:		Chancadora – Cuenca Lancones
Refe	rencia:		Proyecto GR9
CLA	SIFICAC	ción de Roca:	
1.	Descr	ipción macroscópica:	Pórfido con alteración potásica, venillas tipo A.
2.	Descr	ipción microscópica:	Cristales subhedrales de feldespato (ortosa) en una matriz silícea. Los feldepatos se encuentran alterados a epidota y sericita.
3.	Miner	alogía:	
	3.1	Esenciales	Matriz: 40%;
	3.2	Accesorios	Qz: 3%; Feld: 20%; Plg: 5%;
	3.3 Se	ecundarios	Ep: 10%; Opacos: 2%

- 4. Texturas:
- 5. Alteración:

Porfirítica.



Figura 1: Se observa un cristal de ortosa aparentemente secundaria (alterada) y silice



Figura. 3: Se observa fenocristales de feldespato envueltos en sílice con pequeños cristales de minerales ferromagnesianos



Figura 2: C ristales de ortosa alterados a sericita y cuarzo subhedrales anhedrales



Se observa textura porfirítica con cristales de feldespato Figura. 4: (ortosa), plagioclasas, cuarzo y minerales ferromagnesianos

Muestra:	ER – 905
Procedencia:	Chancadora – Cuenca Lancones
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

- 1. Descripción macroscópica: Pórfido monzonitico con vetillas cuarzo. 2. Descripción microscópica: Fenocristales de feldespato ligeramente argilizados y alterados a sericita. Se observan diferentes eventos de sílice. Las vetillas son cuarzo anhedral.
- 3. Mineralogía: 3.1

- Esenciales Matriz: 70%; Fd: 15%; Plg: 5% 3.2 Accesorios 3.3 Secundarios Opacos: 5% Porfiritica
- 4. Texturas: Ligera argilización.
- 5. Alteración:



Figuras 1&2: En la foto se observa un cristal de feldespato alterado a sericita. En nicoles paralelos a la izquierda y nicoles cruzados a la derecha.



Figuras 3&4: Se observan feldespatos argilizados y alterados a sericita, tanto en nicoles paralelos como en cruzados.

Muestra:	ER – 9017
Procedencia:	Cuenca Lancones – Orquetas
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

Descripción macroscópica: Traquiandesitas con diseminación de pirita

- 2. Descripción microscópica: Cristales subhedrales de feldespato y plagioclasa. La matriz se compone de feldespato. Se observan algunos cristales anhedrales de cuarzo; y biotitas alteradas a epidota.
- 3. Mineralogía :

1.

3.1	Esenciales	Matriz: 30%; Fd: 25%;
3.2	Accesorios	Plg: 5%; Qz: 5%
3.3	Secundarios	Clt: 20%; Ep: 13%
Toytu	raci	

Texturas:
 Alteración:

Clorita-Epidota.



Figuras 1&2: Cristales de feldespatos subherales y biotitas alteradas a epidota. Nicoles paralelos y cruzados.



Figuras 3&4: Cristal de biotita alterado a cloritas y epidota. Nicoles paralelos y cruzados.

Muestra:	ER – 9029
Procedencia:	Cuenca Lancones – Lagartos
Referencia:	Proyecto GR9
CLASIFICACIÓN DE ROCA:	

 Descripción macroscópica:
 Descripción microscópica:
 Granodiorita
 Fenocristales de plagioclasas, de anfíboles y moldes de fenos alterados por cloritas y carbonatos en matriz de plagioclasas, cuarzo y anfíboles y es cortada por roca granítica.

3.	Minera	alogía :	
	3.1	Esenciales	Matriz: 30%;
			Fd: 15%; Plg: 15%
	3.2	Accesorios	Qz: 10
	3.3	Secundarios	Clt: 10%; Ep: 10%; Ox Fe: 10%
4.	Textur	as:	Porfirítica
5.	Altera	ción:	Clorita Epidota Cuarzo.



Figura 1&2: Cristales de Feldespato y cuarzo en una matriz principalmente silícea.



Figura. 3&4: Presencia de clorita y epidota por alteración de plagioclasas.

Muestr Procec Refere	a: lencia: ncia:		NOQ – 231007 – 002 El Noque – Cuenca Lancones Proyecto GR9
CLAS	IFICACI	ón de roca:	
1. 2.	Descrip Descrip	oción macroscópica: oción microscópica:	Intrusivo diorítico alterado Cristales de feldespato ligeramente alterados a clorita y epidota. Se observan micro-venillas de clorita – epidota.
3.	Mineral 3.1	logía : Esenciales	Matriz 80%
	3.2	Accesorios	Fenocristales 15%: Feldespat 10%, Piroxenos 05
	3.3	Secundarios	Clorita, Epidota
4. 5.	Textura Alteraci	is: ón:	Porfitita Propilitización



Figuras 1&2: Se observan feldespatos argilizados y un venillas compuesta de clorita epidota.



Figuras 3&4: Micro-venilla de epidota con minerales opacos (pirita). También se observan algunos cristales de clorita.

Muestra:	NOQ - 231007 - 007
Procedencia:	El Noque – Cuenca Lancones
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

1. Descripción macroscópica: Lava andesítica intensamente fracturada 2.

Propilitización. Feldespatos cloritizados

Descripción microscópica: Matriz afanítica y fenocristales de feldespato y plagioclasa. Presencia de carbonatos

Matriz 95%

- 3. Mineralogía:
 - 3.1 Esenciales
 - Fenocristales 10% 3.2 Accesorios Opacos 5% 3.3 Secundarios Clorita, Epidota Porfirítica, matriz afanítica Texturas:
- 4. 5. Alteración:



Figura 1&2: Se observa un mega cristal de plagioclasa, feldespato alterado a arcillas y presencia de clorita.



Figura. 3&4: Cristales de feldespato ligeramente argilizados, plagioclasas y clorita. Existe un buen porcentaje de opacos que podrían ser piritas.

Muestra:	NOQ - 231007 - 010
Procedencia:	El Noque – Cuenca Lancones
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

- 1. Descripción macroscópica: Intrusivo Granitoide
- 2. Descripción microscópica: Intrusivo cuarzo-feldespato, ligeramente argilizados. Se observan feldespatos alterados a clorita y epidota.

Mine	ralogía :	
3.1	Esenciales	Cuarzo 50%
		Feldespato 30%
3.2	Accesorios	Opacos
3.3	Secundarios	Epidota, Clorita
Textu	iras:	Mirmequitica
Altera	nción:	Propilitización
Araliz	vación	

6. Arglización

3.

4. 5.



Figura 1&2: Feldespatos maclados y argilizados, con cristales anhedrales de cuarzo.



Figuras 3&4: Se observan cristales de feldespato argilizados; también se observa clorita, epidota y cuarzo.

Muestra:	NOQ - 231007 - 011
Procedencia:	El Noque – Cuenca Lancones
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

- Descripción macroscópica: Caliza Margosa moderadamente fracturada.
 Descripción microscópica: Matriz de cuarzo y arcillas con venillas de sulfuros. También presenta epidota diseminada
 - pción microscópica: Matriz de cuarzo y arcillas con venillas de sulfuros. También presenta epidota diseminada y en micro-venillas.
- 3. Mineralogía :

3.1 Esenciales Matriz : 95%3.2 Accesorios

- 3.3 Secundarios Opaco
- 4. Texturas:
- 5. Alteración:





Figura 1&2: Cristal de feldespato argilizado en la roca caja.



Figuras 3&4: Se observan cristales de clorita y eqpidota característicos de una alteración propilítica

Muestra:	PAQ - 241007 - 004
Procedencia:	Cuenca Lancones – Pampas Quemadas
Referencia:	Proyecto GR9

Clorita, epídota.

Propilítica (clorita y epidota)

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

Descripción macroscópica: Granodiorita con meteorización esferoidal y presencia de encalves
 Descripción microscópica: Cristales de piroxeno alterados a clorita, los feldespatos están alterados a arcillas. Y plagioclasas con bordes mirmequiticos.

Cuarzo 40%, Feldespato 20%, Piroxenos 10%, Plag. 10%

- 3. Mineralogía :
 - 3.1 Esenciales
 - 3.2 Accesorios
 - 3.3 Secundarios Texturas:
 - Mirmequitica
- 5. Alteración:

4.



Figuras 1&2: Se observa Cuarzo, Feldespatos argilizados, epidota y clorita.



Figuras 3&4: Se observa un cristal de plagioclasa con bordes mirmequitico, y algunos feldespatos ligeramente argilizados.

Muestra:	POT-271007-001
Procedencia:	Cuenca Lancones - Potrobayo
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

Descripción macroscópica: Brecha heterométrica con cemento silíceo gris oscuro.
 Descripción microscópica: Brecha con clastos de feldespatos en una matriz silícea y feldespática. Los clastos de

feldespato estan alterados a epidota. Se observan venillas de cuarzo anhedral.

- 3. Mineralogía :
 - 3.1 Esenciales 3.2 Accesorios
 - 3.3 Secundarios
 - J.J Jecunuario
- 4. Texturas:
- 5. Alteración:

Qz (Venilla): 15%, Matriz: 70% Feld: 8% Ep: 5%; Opacos: 2% Se muestra una textura de brecha. Epidotizacion de los feldespatos.



Figura 1&2: Vetillas de Cuarzo y fragmetos de feldespato en una matriz silícea. Nicles Paralelos. Lente 4x



Figura 3&4: Cristal Feldespato alterado a epidota. Nicoles paralelos. Lente 20x

Muestra:	POT-271007-003
Procedencia:	Cuenca Lancones - Potrobayo
Referencia:	Proyecto GR9µ

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

Esenciales

- 1. Descripción macroscópica: Cuarzositas con patinas de óxidos de Fe 2. Descripción microscópica: Roca con cristales anhedrales de cuarzo en una matriz también silícea. Presencia de minerales opacos. Óxidos de Fe bordeando los cristales.
- 3. Mineralogía: 3.1

Matriz: 70%, Qz: 10% Opacos: 5%

- 3.2 Accesorios 3.3 Secundarios Clt: 8% ; OxFe: 2 Texturas: Masivos Silicificación
- 5. Alteración:

4.



Figura 1&2: Cristales de cuarzo, presencia de minerales opacos.



Figura 3&4: Se observa cuarzo y un desarrollo intersticial de óxidos de Fe (Hematita) entre los cuarzos.

Muestra:	POT-271007-006
Procedencia:	Cuenca Lancones - Potrobayo
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

Descripción macroscópica: Toba de lapillo alterada a clorita epidota, y presencia de óxidos de fierro.
 Descripción microscópica: Cristales subhedrales de cuarzo feldespato, plagioclasas y piroxenos. La matriz esta

compuesta de feldespatos alterados a clorita.

Mineralogía :
 3.1 Esen

EsencialesFeld: 20%; Plg: 15%; Qz; 15%AccesoriosPx: 20%;SecundariosOpacos: 12%; Clt: 18%

3.3 S4. Texturas:

3.2

5. Alteración:

Cloritización.



Figura 1&2: Matriz de cuarzo, feldespato alterado a cloritas.



Figura. 3&4: Cristal de clorita, y biotitas alteradas.

Muestra:	SAU – 191007 – 001
Procedencia:	Cuenca Lancones – La Gaucha
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

2.

- 1. Descripción macroscópica: Brecha de Origen hidrotermal.
 - Descripción microscópica: Brecha con mineralización de sulfuros en matriz y en los fragmentos. Los clastos muestran alteración argílica.

3.	Miner	5	
	3.1	Esenciales	Fragemtos 60%
			Matriz 30%
	3.2	Accesorios	Arcillas
	3.3	Secundarios	Opacos (Pirita)
4.	Texturas:		Brecha.
5.	Alteración:		Argílica, Sericitización



Figura 1&2: Textura de brecha con clastos de feldespato argilizados y presencia de minerlaes opacos de forma cubica (Pirita).



Figuras 3&4: Se observa un cristal de plagioclasa alterado a sericita. Presenta también algunos clastos de vidrio volcánico

Muestra:	SAU – 191007 – 005
Procedencia:	Cuenca Lancones – La Gaucha
Referencia:	Proyecto GR9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

- 1. Descripción macroscópica: Diorita Cloritizada 2.
 - Descripción microscópica: Roca porfirica, con fenocristales alterado a clorita
- 3. Mineralogía : 3.1

3.2

3.3

Texturas:

Alteración:

4.

5.

Esenciales Plagioclasa. 30 % Matriz 45 % Feldespato. 5% Accesorios Secundarios Clorita 10% Opacos 10% Porfirica Cloritización



Figura 1&2: Cristales de plagioclasa argilizados y zonados. Presencia de sulfuros (pirita).



Figuras 3&4: Se observan cristales de clorita, plagioclasas y minerales opaco de formas cubicas (Pirita).

Muestra:	SAU – 191007 – 010
Procedencia:	Cuenca Lancones – La Saucha
Referencia:	Proyecto GR9
CLASIFICACIÓN DE ROCA:	

Granodiorita con alteración a cloritas 1. Descripción macroscópica: 2. Descripción microscópica: Alto contenido de minerales ferromagnesianos (biotita, piroxenos, anfíboles). También se observa epidota clorita y minerales opacos. 3. Mineralogía: 3.1 Esenciales Plagioclasa 75% Cuarzo 5% Accesorios 3.2 Opacos 10% 3.3 Secundarios Clorita, Biotita, Opacos, epidota. 4. Texturas: Ofitica. Cristales de plagioclasa alterados a clorita y epidota. 5. Alteración: Alteración propilítica.



Figura 1&2: Cristales de biotita intersticial, presencia de minerales opacos piroxenos alterados a clorita.



Figuras 3&4: Cristales maclados de piroxeno con biotitas y clorita.

ANEXO 7 DESCRIPCIÓN MINERAGRÁFICA

Muest Proce Refere	tra: dencia: encia:		BDD-301007-001 Cuenca Lancones – Bolsa del Diablo Proyecto GR-9	
CLAS	SIFICAC	ción de Roca:		
1.	Descr	ipción macroscópica:	Veta de 0.4 m de ancho, compuesta por cuarzo masivo, limonitas, hematita y fragmentos de roca argilizada.	
2.	Descr	ipción microscópica:	Cristales anhedrales de pirita, y, hematina seudomorfa reemplazando a los cristales de pirita.	
3.	. Mineralogía :			
	3.1	Primarios	Hematita 15%	
			Pirita 7%	
	3.2	Secundarios	OxFe 10%	
4.	4. Texturas:		Relleno y reemplazamiento	
5.	Secue	encia paragenética:	Ganga	
			Pirita	
			Hematita	



Figura 1&2: Se observa pirita diseminada en cuarzo, y hematita hacia los bordes que está reemplazando a los cristales de pirita.

Muestra:	BDD-301007-003
Procedencia:	Cuenca Lancones – Bolsa del Diablo
Referencia:	Proyecto GR-9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

1. Descripción macroscópica:

Brecha de aprox. 3m de ancho. Compuesta por fragmentos de roca sub angulosa, cemento silíceo y pirita diseminada.

Se reconoce dos eventos de sílice diferente, el segundo esta asociado con mineralización de

2. Descripción microscópica:

3. Mineralogía:

- 3.1 Primarios
 - 3.2 Secundarios
- 4. Texturas:
- 5. Secuencia paragenética:

Diseminado y relleno. Qz1 Qz2 Pirita1 Pirita2

pirita diseminada.



Figura 1:

sulfuros asociados a un evento de sílice. N//



Figura 2:

Se observa dos tipos de cuarzo, el segundo esta asociado con sulfuros de Fe (pirita).



Figura. 3&4: Se observa jarosita con inclusiones de pirita.

Muestra:	CEC - 011107 - 001
Procedencia:	Cuenca Lancones - Cerro Colorado
Referencia:	Proyecto GR-9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

- 1. Descripción macroscópica: Sulfuros masivos compuestos por pirita en mayor cantidad, y menos cantidad calcopirita. Descripción microscópica: Pirita masiva, con relleno de cuarzo entre las fracturas. 2.
- Mineralogía : 3.
 - 3.1 Primarios Py 90%
- 3.2 Secundarios Qz 10% Relleno
- 4. Texturas:
- 5. Secuencia paragenética: Pirita Cuarzo



Figura 1&2: Se observa una mineralización masiva de pirita y cuarzo rellenando las fracturas.

Muestra:	CHA-221007-003
Procedencia:	Cuenca Lancones – Chancadora
Referencia:	Proyecto GR-9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

- 1. Descripción macroscópica: Vetilla tipo B, con cuarzo y diseminación de sulfuros.
- 2. Descripción microscópica: Se diferencian dos eventos de cuarzo; el primero blanquecino lechoso, y el segundo un cuarzo incoloro. Se observan cristales anhedrales de pirita asociados al cuarzo incoloro.
- 3. Mineralogía: 3.1 Primarios Pirita 7% Qz1 50%; Qz2 35% 3.2 Secundarios CuGris 1% Relleno 4. Texturas: 5. Secuencia paragenética: Qz1 Qz2 Pirita Cobre Gris







Figura. 3&4: En ambas microfotografías se precia dos eventos de sílice diferentes. La primera blanquecina, y la segunda incolora asociada a mineralización de sulfuros.
Muestra: Procedencia:		CHA-221007-006	
		Cuenca Lancones – Chancadora	
Refe	erencia:	Proyecto GR-9	
CLA	SIFICACIÓN DE ROCA:		
1.	Descripción macroscópica:	Vetillas tipo B, con cuarzo masivo y diseminación de pirita, calcopirita.	
2.	Descripción microscópica:	Se observan sulfuros (pirita) diseminados en la ganga. La pirita también se encuentra en venillas con cuarzo.	
3.	Mineralogía:		
	3.1 Primarios	Pirita 10%	
		Qz1 40%	
		Qz2 (venillas) 50%	
	3.2 Secundarios		
4.	Texturas:	Relleno	
5.	Secuencia paragenética:	Qz1	
		Oz2	
		Pirita	



Figura 1: Se observa los dos tipos de cuarzo (Qz1 y Qz2).







Figura 2: Pirita Asociada al evento de sílice Qz2.Nicoles Paralelos.



Figura. 4:Se observa los dos tipos de cuarzo y la pirita asociada al
evento Qz2. Nicoles Cruzados.

Muestra:	PAP-011107-005
Procedencia:	Cuenca Lancones – El Papayo
Referencia:	Proyecto GR 09

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

Descripción macroscópica: Toba reemplazada parcialmente por sulfuros masivos compuestos por pirita y calcopirita, también se observa cuarzo y calcita.
Descripción microscópica: Pirita masiva anhedral. Se observa calcopirita rellenando oquedades. Se observa covelita en los bordes de la calcopirita.
Mineralogía :

J.			
	3.1	Primarios	Pirita 90%;
	3.2	Secundarios	Cpy 7%, Cov 1%, Esf, 1%
4.	Textu	ras:	Masivo de Relleno, y reemplazamiento
5.	Secu	encia paragenética:	Pirita
			Calcopirita



Figura 1: Calcopirita rellenando fracturas entre la pirita



Figura. 3: Covelita desarrollada en los bordes de la calcopirita



Figura 2: Se observa la calcopirita con algunos granos de esfalerita.



Figura 4: Se observa un cristal de esfalerita acompañado de calcopirita.

Muestra:	POT – 271007 – 005
Procedencia:	Cuenca Lancones – Potrobayo
Referencia:	Proyecto GR 09

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

1. Descripción macroscópica: Magnetita y hematita masiva.

2. Descripción microscópica: Se observa formas aciculares de hematina acompañada de magnetita en un ganga de cuarzo

- 3. Mineralogía :
 - 3.1 Primarios
 - 3.2 Secundarios
- 4. Texturas:
- 5. Secuencia paragenética:

Acicular, relleno Ganga Magnetita Hematita

Mg 80%; Hm 10 %



Figura 1:

se observan cristales aciculares de magnetita



Figura 2 & 3: Los cristales aciculares de magnetita acompañados de cuarzo y hematita

Muestra:	SAU – 191007 – 001
Procedencia:	Cuenca Lancones - La Saucha
Referencia:	Proyecto GR-09

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

1. Descripción macroscópica:

2. Descripción microscópica:

Brecha de origen hidrotermal con clastos heterométricos de riolitas argilizadas. Se tiene Pirita en fragmentos euhedrales y anhedrales de 0.05-0.02 mm, y diseminada en la matriz. Esfalerita subhedral y anhedral e forma de agregados finos y rellenando insterticios.

3. Mineralogía :

3.1	Primarios	

- 3.2 Secundarios
- 4. Texturas:
- 5. Secuencia paragenética:

Py 17% Esf < 1% Brecha, y relleno Dos eventos de sílice, el primero estéril Y el segundo con sulfuros.



Figura 1: Pirita y cuarzo como relleno de fracturas.



Figura 2 & 4: Se observa dos tipos de cuarzo en el cual el segundo se encuentra asociado a mineralización de pirita

Muestra: Procedencia: Referencia:		SAU – 191007 – 004 Cuenca Lancones - La Saucha Proyecto GR-09	
CLAS	Sificación de Roca:		
1.	Descripción macroscópica:	Brecha hidrotermal con clastos heterometricos subangulosos argilizados, con diseminación de pirita	
2.	Descripción microscópica:	Pirita diseminada con cristales euhedrales y subhedrales. Se diferencias dos eventos de sílice. Presencia de covelita a nivel de trazas. Se observa esfalerita acompañando a pirita.	
3.	Mineralogía :		
	3.1 Primarios	Pirita 20%, Esfalerita 3%	
	3.2 Secundarios	Covelita 2%, Esf 1%, Calco: trazas.	
4.	Texturas:	Diseminado y Relleno.	
5.	Secuencia paragenética:	Oz1 Oz2 – Pirita	
		Esfalerita, Calcopirita	
		Covelita	



Figura 1&2: se observa covelita reemplazando a sulfuros (pirita) en una ganga de cuarzo.



Figuras 3&4: En ambas figuras se observa Pirita y esfalerita, la esfalerita esta acompañada Calcopirita.

Muestra:	SAU-191007-008
Procedencia:	Cuenca Lancones – La Saucha
Referencia:	Proyecto GR-09

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

1.	Descr	ipción macroscópica:	Veta de 0.1 m compuesta por cuprita masiva, malaquita. Venillas de cuarzo lechoso, calcopirita y calcocita.
2.	Descr	ipción microscópica:	Los óxidos se encuentran reemplazando a los sulfuros. Se observa malaquita a nivel de trazas.
3.	Miner	alogía :	
	3.1	Primarios	Hematita 60%, Magnetita 7%
	3.2	Secundarios	Malaquita 5%, Jarosita 3%
4.	Textu	ras:	Reemplazamiento
5.	Secue	encia paragenética:	Ganga
			Malaquita
			Magnetita
			Hematita



Figura 1&2: Cristales seudomorfos de hematita, reemplazando pirita. A la izquierda den nicoles paralelos y a la derecha en nicoles cruzados.



Figura. 3&4: En ambas fotos se observa malaquita y jarosita; en nicoles paralelos y cruzados respectivamente.

Muestra:	TAM – 011107- 001
Procedencia:	Cuenca Lancones – Tambogrande
Referencia:	Proyecto GR-9

CLASIFICACIÓN DE ROCA:

1. Descripción macroscópica: Sulfuros masivos compuestos por pirita y calcopirita. 2. Descripción microscópica:

Pirita 20%, Cpy 5%; Esf, 3%

Pirita de formas euhedrales y subhedrales diseminada en matriz de cuarzo. Esfalerita y calcopirita en formas subhedrales. Se diferencian más de un evento de sílice.

- 3. Mineralogía:
 - 3.1 Primarios
 - 3.2 Secundarios
- 4. Texturas:
- Secuencia paragenética: 5.

Diseminado y relleno Qz1 Qz2, Pirita Qz3, Calcopirita, Esfalerita



Figura 1: Mineralización de esfalerita y calcopirita asociadas a un tercer evento de sílice.



Figura. 3: Se observa dos eventos de sílice el primero estéril y el segundo con mineralización de pirita



Figuras 2&4: Se observa Pirita; y, Calcopirita acompañada de Esfalerita.

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapas escala: 1	750 000
Mapa 01	Mapa de ubicación y accesos
Mapa 02	Mapa geológico
Mapa 03	Mapa estructural
Mapa 04	Mapa geocronológico
Mapa 05	Mapa de distribución de depósitos
Mapa 06	Mapa metalogenético
Mapa 07	Mapa de propiedades mineras
Figuras	
Figura 1.1	Área de estudio de la «Metalogenia, evolución tectónica y potencial minero-económico de la Deflexión de Huancabamba del norte del Perú».
Figura 2.1	Ubicación del área de estudio de la «Metalogenia, evolución tectónica y potencial minero-económico de la Deflexión de Huancabamba del norte del Perú».
Figura 2.2	Relieve y perfil topográfico del área del proyecto.
Figura 2.3.	Unidades geomorfológicas.
Figuras 3.1 al 3.5	Esquemas paleogeográficos del desarrollo del segmento Perú-Ecuador, margen occidental de América del Sur en el Jurásico.
Figura 3.6	Modelo esquemático de la cuenca Lancones en el Cretácico inferior.
Figura 3.7	Modelo esquemático de la cuenca Lancones en el Cretácico superior.
Figura 4.1	Cuencas del noroeste peruano.
Figura 4.2	Dominios litológicos de la cuenca Lancones.
Figura 4.3	Columna estratigráfica del dominio occidental de la cuenca Lancones.
Figura 4.4	Columna estratigráfica del dominio volcánico-sedimentario de la cuenca Lancones.
Figura 4.5	Modelo paleogeográfico de la cuenca Lancones.
Figura 4.6	Cronoestratigrafía de las unidades litológicas del noroeste del Perú.
Figura 5.1	Distribución de depósitos minerales respecto a sus edades y rocas huésped.
Figura 5.2	Sección del depósito TG1-Tambogrande.
Figura 5.3	Modelo genético de la relación oro/zona de óxidos del Depósito TG1.
Figura 5.4	Esquema de mineralización-Alteración de los depósitos tipo Kuroko de la la cuenca Lancones.
Figura 5.5	Diagrama ternario de las composiciones metálicas de los depósitos SMV.
Figura 5.6	Depósitos comprendidos en las franjas metalogenéticas de sulfuros masivos volcanogénicos.
Figura 5.7	Ubicación de vetas del sector Pampa Larga.
Figura 5.8	Ubicación de vetas en el sector Roca Rajada.

iv

Figura 5.9	Ubicación de vetas en el sector San Sebastián.
Figura 5.10	Depósitos epitermales de la Franja XII.
Figura 5.11	Geología del sector Servilleta.
Figura 5.12	Geología y vetas del sector Cuchicorral.
Figura 5.13.	Ubicación de los depósitos de skarn Fe.
Figuras 6.1 a 6.4	Mapas isovalóricos de Cu, Zn, Pb y Mo.
Figura 6.5	Esquema de la alteración hidrotermal desarrollada en relación con un depósito de sulfuros masivos.
Figura 6.6	Diagrama Álcalis vs SiO ₂ (Irvine y Baragar, 1971).
Figura 6.7	Diagrama Feo/MgO vs SiO (Miyashiro, 1974).
Figura 6.8	Diagrama K_2O vs SiO ₂ (Gill, 1977).
Figura 6.9.	Diagrama de clasificación geoquímica de rocas volcánicas (Lebas et al., 1986).
Figura 6.10	Diagrama de discriminación de granitos. (Pearce et al., 1984).
Figuras 6.11 al 6.7	15 Diagramas spider de las formaciones Bocana y Ereo.
Figura 6.16	Diagrama de patrones de REE
Figura 6.17	Diagrama de fraccionamiento de plagioclasas y feldespato (Mc Donoug y Sun, 1995).
Figura 6.18	Valores de %NaO de Tambogrande y otros depósitos dentro de la cuenca Lancones.
Figura 6.19	Diagrama de discriminación de ensambles de alteración.
Figura 6.20	Índices de alteración box Plot de algunos sectores de la cuenca Lancones.
Figura 7.1	Mapa de interpretación estructural de la imagen satelital.
Figura 7.2	Gravimetría de los sulfuros de Tambogrande.
Figura 7.3	Magnetometría de los sulfuros de Tambogrande.
Figura 7.4	Anomalía IP de la cuenca Lancones.
Figura 7.5	Anomalías gravimétricas de la cuenca Lancones.
Figura 8.1	Relaciones entre el magmatismo en espacio-tiempo de los depósitos del noroeste del Perú.
Figura 8.2	Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la cuenca Lancones
Figura 9.1	Sección longitudinal del depósito TG-1-Tambogrande.
Figura 9.2	Ubicación de los principales sectores con prospectos de Au en el noroeste peruano.
Cuadros	
Cuadro 5.1	Clasificación de los principales depósitos de SMV de la cuenca Lancones.

- Cuadro 5.2 Tonelaje y leyes de los depósitos de Tambogrande.
- Cuadro 5.3 Contenido metálico de las muestras de Cerro Colorado.
- Cuadro 5.4 Valores de la concentración de metales en el sector de Potrobayo.
- Cuadro 5.5 Contenido metálico de las muestras de Chancadora.
- Cuadro 5.6 Estimación de recursos geológicos en Río Blanco.
- Cuadro 5.7 Recursos del Proyecto Río Blanco.
- Cuadro 5.8 Ubicación de labores mineras del sector Jambur.
- Cuadro 5.9 Análisis químicos de las muestras del sector Jambur.

- Cuadro 5.10 Análisis químicos de las muestras del sector Pampa Larga.
- Cuadro 5.11 Ubicación de las labores mineras del sector Roca Rajada.
- Cuadro 5.12 Análisis químicos de las muestras del sector Roca Rajada.
- Cuadro 5.13 Análisis químicos de las muestras del sector San Sebastián.
- Cuadro 5.14 Ubicación de labores mineras del sector Servilleta.
- Cuadro 5.15 Análisis químicos de las muestras del sector Servilleta.
- Cuadro 5.16 Ubicación de labores mineras del sector Cuchicorral.
- Cuadro 5.17 Análisis químicos de las muestras del sector Cuchicorral.
- Cuadro 5.18 Contenido metálico de las muestras de El Noque.
- Cuadro 9.1 Tonelaje y leyes de los depósitos de Tambogrande.
- Cuadro 9.2 Tonelaje y leyes del proyecto Río Blanco.
- Cuadro 9.3 Áreas prospectivas de los principales depósitos de la cuenca Lancones.

Fotografías

- Fotografía 4.1 Lavas almohadilladas de la Formación Ereo.
- Fotografía 4.2 Brechas andesitico-basalticas de la Formación Ereo
- Fotografía 4.3 Brechas de composición andesítica propilitizadas y epidotizadas.
- Fotografía 4.4 Lavas félsicas de la Formación La Bocana.
- Fotografía 4.5 Calizas, limos y arcillas de la Formación La Bocana.
- Fotografía 4.6 Andesitas tabulares de la Formación La Bocana.
- Fotografía 4.7 Lahar con rodados de andesita de la Formación Lancones.
- Fotografía 4.8 Bancos turbidíticos de grauvacas masivas de la Formación Lancones.
- Fotografía 4.9 Discordancia entre las formaciones Lancones y Porculla.
- Fotografía 4.10 *Mud craks* de la Formación Salinas.
- Fotografía 4.11 Contacto entre las formaciones Talara y Pariñas.
- Fotografía 4.12 Areniscas y lutitas de la Formación Talara.
- Fotografía 4.13 Areniscas de la Formación Verdún.
- Fotografía 4.14. Afloramiento del miembro superior de la Formación Zapallal.
- Fotografía 4.15 Brechas piroclásticas andesíticas de la Formación Llama.
- Fotografía 4.16 Afloramiento de stock andesítico.
- Fotografía 5.1 Yacimiento de Sulfuros Masivos Volcanogénicos localizado sobre el poblado de Tambogrande.
- Fotografía 5.2 Muestra de Gossan TG1-Tambogrande
- Fotografía 5.3 Muestras de conglomerado TG1.
- Fotografía 5.4 Muestra de pirita masiva.
- Fotografía 5.5 Muestra de *stockwork* cuarzo-pirita.
- Fotografía 5.6 Alteración cuarzo epidota.
- Fotografía 5.7 Pirita coloforme y esfalerita.

Fotografías 5.8 y 5.9 Microfotografía en sección pulida del depósito TG1.

vi

Fotografía 5.10 Ventana exhalativa en el depósito Cerro Colorado. Fotografía 5.11 Dacita en área de Cerro Colorado. Fotografía 5.12 Domos dacíticos en el sector El Papayo. Fotografía 5.13 Pirita, calcopirita y digenita en sección pulida del depósito El Papayo. Fotografía 5.14 Esfalerita y calcopirita en sección pulida del depósito El Papayo. Fotografía 5.15 Afloramiento de sílice ferruginoso de Higuerón. Fotografía 5.16 Vista al noreste del depósito de Higuerón. Fotografía 5.17 Silicificación y oxidación en el sector la Copa. Fotografías 5.18 y 5.19 Afloramiento de óxidos con leyes anómalas de Au y Cu en el depósito de La Saucha. Fotografía 5.20 Hematita en sección pulida Fotografía 5.21 Covelita y pirita en sección pulida. Fotografía 5.22 Esfalerita y pirita en sección pulida. Fotografía 5.23 Afloramiento de gossan del depósito de Potrobayo. Fotografía 5.24 Microfotografía de sección pulida del depósito de Potrobayo. Fotografía 5.25 Indicios de mineralización de tipo VMS en el sector de Somate. Fotografía 5.26 Removilización de sulfuros de Tomapampa. Fotografía 5.27 Labor minera en Tomapampa. Fotografía 5.28 Alteración argílica en las roca del depósito de Tomapampa. Fotografía 5.29 Mineralización de covelita, malaquita, calcantita, cuprita y calcosina en Tomapampa. Fotografía 5.30 Mineralización de pirita y calcopirita asociada a baritina en el sector de Totoral. Fotografía 5.31 Stockwork del depósito de Cascajo Blanco. Fotografía 5.32 Alteración marginal de adularia del depósito Cascajo Blanco. Fotografía 5.33 Vista panorámica de la guebrada Lagartos. Fotografía 5.34 Stock tonalitico de Lagartos. Fotografía 5.35 Afloramiento de roca fuertemente argilizada en el sector de Lagartos. Fotografía 5.36 Lavas volcánicas del sector Lagartos. Fotografía 5.37 Microfotografía del pórfido cuarzo-dioritico de Lagartos. Fotografía 5.38. Vista mirando al norte del proyecto Chancadora. Fotografía 5.39 Stock granítico de Chancadora. Fotografías 5.40 y 5.41 *Stockwork* de venillas de sílice del depósito de Chancadora. Fotografía 5.42 Andesitas negras con mineralización de sulfuros. El Páramo. Fotografía 5.43 Andesitas propilitizadas. El Páramo Fotografía 5.44 La Huaca (Cu-Mo) y mineralizaciones de yeso. Fotografía 5.45 Vista panorámica del prospecto Orquetas. Fotografía 5.46 Monzonita porfiritica con alteración de sericita. Prospecto Orquetas. Fotografía 5.47 Afloramiento de la granodiorita La Lomas. Fotografía 5.48 Alteración sericítica y fracturas rellenadas con oxidos. Prospecto Orquetas. Fotografía 5.49 Vista al oeste de la ciudad de Paltashaco.

- Fotografía 5.50 Vista del cerro de Pambarumbe II.
- Fotografía 5.51 Vista de Paltashaco.
- Fotografía 5.52 Peña Verde en lutitas, calizas y volcánicos del Cretácico.
- Fotografía 5.53 Tonalita con alteración arcilla-sericita. Proyecto Rio Blanco
- Fotografía 5.54 Pórfido cuarzo feldespato. Proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.55 Brecha de Turmalina. Proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.56 Brecha con molibdenita. Proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.57 Veta de cuarzo con ortosa y feldespato. Proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.58 Tonalita. Proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.59 Vetillas tipo D. Proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.60 Brecha freato-magmática. Proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.61 Veta de cuarzo, plomo zinc. Proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.62 Pórfido feldespático. Proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.63 Vista panorámica del proyecto Rio Blanco.
- Fotografía 5.64 Entrada principal de la mina Turmalina.
- Fotografía 5.65 Stock subvolcánico en la mina Turmalina.
- Fotografía 5.66 Vista panorámica de los relaves de la mina Turmalina.
- Fotografía 5.67 Mineralización de malaquita y azurita en las paredes de la mina Turmalina.
- Fotografía 5.68 Alteración argílica en la mina Turmalina.
- Fotografía 5.69 Vista panorámica de la bocamina principal de la mina Turmalina.
- Fotografía 5.70 Cuarzo con óxidos del sector Bolsa del Diablo.
- Fotografía 5.71 Labores artesanales en Bolsa del Diablo.
- Fotografía 5.72 Indios de mineralización epitermal en el sector de Bolsa del Diablo.
- Fotografía 5.73 Estructuras mineralizadas con cuarzo-oro hospedadas en rocas volcánicas.
- Fotografía 5.74 Pique para la extracción de mineral en el sector Pampa Larga.
- Fotografía 5.75 Vetas auríferas con óxidos en el sector Pilares.
- Fotografía 5.76 Veta de cuarzo-goethita-hematita en sector Potrero.
- Fotografía 5.77 Estructura mineralizada en el sector Potrero.
- Fotografía 5.78 Afloramiento de rocas volcánicas félsicas en el sector de Cabuyal.
- Fotografía 5.79 Intrusivo fuertemente alterado con valores significativos de oro.
- Fotografía 5.80 Pique de 10 m de profundidad en el sector Roca Rajada.
- Fotografía 5.81 Veta de cuarzo-hematita en San Sebastián.
- Fotografía 5.82 Volcánicos con alteración propilítica en la quebrada Suyo.
- Fotografía 5.83 Afloramiento de rocas volcánicas compuesta por andesitas basálticas, con sill o intrusión de magma volcánico entre dos capas.
- Fotografía 5.84 Veta aurífera de cuarzo con óxidos.
- Fotografía 5.85 Labor artesanal del sector Servilleta.
- Fotografía 5.86 Veta de cuarzo-hematita-oro en Servilleta.

viii

Fotografía 5.87	Vista panorámica del cerro Servilleta.
Fotografía 5.88	Cateo y muestreo de estructura mineralizada del sector Cuchicorral.
Fotografía 5.89	Veta de cuarzo-oro en sector Cuchicorral
Fotografía 5.90	Estructuras vetiformes a la manera de stockwork
Fotografía 5.91	Veta de cuarzo-oro emplazada en intrusivo granodiorítico.
Fotografía 5.92	Vista panorámica de Shashahual.
Fotografía 5.93	Depósito Pampas Quemadas con niveles sedimentarios mineralizados de la Formación La Bocana.
Fotografía 5.94	Veta de cuarzo y hematita. Roca caja moderadamente oxidada. Pampas Quemadas
Fotografía 5.97	Veta de baritina con óxidos.
Fotografía 9.1	Tambogrande visto desde el cerro La Cruz. El depósito TG1 se localiza en el subsuelo.
Fotografía 9.2	Vista panorámica de pórfido Cu-Mo Río Blanco.
Fotografía 9.3	Areniscas favorables para albergar hidrocarburos.
Fotografía 9.4	Afloramientos discontinuos con vetillas de cuarzo y sulfuros.
Fotografía 9.5	Dique andesítico y vetas sector Curi.
Fotografía 9.6	Roca volcánica silicificada.
Fotografía 9.7	Brecha dacítica con alteración sericítica.
Fotografía 9.8	Coluvio local de gossan con contenido de jarosita.
Fotografía 9.9	Lavas andesíticas fracturadas con relleno de sulfuros.
Fotografía 9.10	Lavas andesíticas fracturadas con relleno de sulfuros.

Anexos

ANEXO 1.	Base dedatos de depósitos metálicos
ANEXO 2.	Base de datos de geoquímica de elementos mayores
ANEXO 3.	Base de datos de geoquímica de elementos traza
ANEXO 4.	Base de datos de dataciones radiométricas
ANEXO 5.	Dase de Datos de Muestras
ANEXO 6.	Descripciones Petrográficas
ANEXO 7.	Descripciones Mineragráficas



Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41, Perú Teléfono:051-1-618-9800 Fax:051-1-225-3063 / 051-1-225-4540 http: www.ingemmet.gob.pe e-mail: comunicacion@ingemmet.gob.pe