PERÚ Ministerio de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET

INGEMMET

Prospección Geoquímica Regional de Sedimentos de Corriente entre los Paralelos 8° - 9°, Cuencas de la Vertiente Atlántica

Boletín N° 27 Serie B

Geología Económica

Por:

Jorge Chira Fernández

Luis Vargas Rodríguez

Ronald Vásquez Oliva

Charly Palomino Coloma

Lima, Perú

2011

PERÚ Ministerio de Energía y Minas | Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET

INGEMMET

Prospección Geoquímica Regional de Sedimentos de Corriente entre los Paralelos 8° - 9°, Cuencas de la Vertiente Atlántica

Boletín N° 27 Serie B
Geología Económica

Por:

Jorge Chira Fernández
Luis Vargas Rodríguez
Ronald Vásquez Oliva
Charly Palomino Colona

Lima, Perú
2011

SERIE B: GEOLOGÍA ECONÓMICA, N° 27, 2011.

Hecho el Depósito Legal N° 2011-14619
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima, Perú
Primera Edición, INGEMMET 2010
Se terminó de imprimir el 23 de noviembre del año 2011 en los talleres de INGEMMET.

© **INGEMMET**
Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Walter Casquino
Secretario General: Juan Carlos Lam

Comité Editor: Walter Casquino, 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: Ronald Vásquez y Charly Palomino
Corrección gramatical y de estilo: Juan Enrique Quiroz
Diagramación: Zoila Solis

Portada: Quebrada Jancapampa, drenando desde el nevado del mismo nombre.

Referencia bibliográfica
Chira, J.; Vargas, L.; Vásquez, R. & Palomino, Ch. (2011) - Prospección geoquímica regional de sedimentos de corriente entre los paralelos 8° - 9°, cuencas de la vertiente Atlántica. *INGEMMET*, *Boletín, Serie B: Geología Económica*, 27, 93 p., 8 mapas.

Contenido

RESUMEN 1

ABSTRACT 2

INTRODUCCIÓN **3**

CAPÍTULO I
GENERALIDADES 5

CAPÍTULO II
MARCO GEOLÓGICO 17

CAPÍTULO III
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 31

CAPÍTULO IV
GEOLOGÍA ECONÓMICA 37

CAPÍTULO V
PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA 47

CONCLUSIONES 87

BIBLIOGRAFÍA 89

ANEXOS 91

PÁGINA EN BLANCO

RESUMEN

Durante el año 2008, se ha desarrollado la investigación »Prospección geoquímica regional entre los paralelos 8º y 9º sur, cuencas de la vertiente atlántica - GE9». Esto ha implicado la recolección de 619 muestras de sedimento activo de corriente, con una densidad de muestreo de 1/10 km^2.

Las muestras, húmedas o secas, han sido pretamizadas a malla 30 y analizadas finalmente a malla 200, tanto por ensayo al fuego-absorción atómica,como por ICP-MS, previa digestión de agua regia.

La geología regional del área comprende secuencias de rocas metamórficas y sedimentarias de edad paleozoica, sedimentarias de edad jurásica a cretácica, rocas volcánicas de edad paleógeno-neógena e intrusivas del Paleozoico inferior y del Cretácico superior-Neógeno.Por último, se tienen los depósitos recientes.

Metalogenéticamente se distinguen tres franjas: la franja de Au, en rocas metasedimentarias del Ordovícico, Siluro-Devónico; la franja de depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico; y la franja de pórfidos de Cu-Mo(Au), *skarn* de Pb-Zn-Cu(Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno. Resaltan los yacimientos de Buldibuyo, Parcoy, El Águila, Pasacancha, el Gigante, Acotambo, Jancapampa.

Teniendo en cuenta que cada elemento químico tiene un nivel de fondo, el cual puede variar dependiendo del ambiente geológico, se ha procedido a clasificar las unidades geológicas en nueve grupos, en función a la litología y edad de las zonas de aporte; tales unidades generalizadas son metamórficos del Neoproterozoico, sedimentarios clásticos del Carbonífero-Pérmico y carbonatada del Triásico, sedimentarios clásticos del Jurásico superior, sedimentarios silicoclásticos del Cretácico inferior, sedimentarios calcáreos del Cretácico inferior-Cretácico superior, volcánicos del Carbonífero superior, volcánicos del Paleógeno-Neógeno, intrusivos del Paleozoico e intrusivos del Cretácico Superior-Neógeno.

Mediante la estadística se han determinado las anomalías geoquímicas, así como las asociaciones de los elementos traza identificados en cada población. En ese sentido, han resultado anomalías de oro, anomalías de Ag, Cu, Pb, Zn y anomalías de otros elementos traza como As, Sb, Cr, Ni, Mo y Hg.

Se han determinado asociaciones geoquímicas geogénicas y otras relacionadas a potenciales zonas mineralizadas. La asociación de tierras raras es la más fuerte, seguida de la que involucra a los metales base.

ABSTRACT

During 2008 it has developed the regional geochemical exploration work between parallels 8 ° and 9 ° south-basins of the Atlantic. This has involved the collection of 619 samples of active stream sediment, with a sampling density of 1 / 10 Km2.

Samples, wet or dry, have been pre-screened to 30 mesh and then were analyzed in 200 mesh both fire assay - atomic absorption and ICP-MS after digestion in aqua regia.

Regional geology of this area includes: sequences of Paleozoic metamorphic and sedimentary rocks, Jurassic to Cretaceous sedimentary, Paleogene-Neogene volcanic rocks and Paleozoic and Cretaceous - Neogene intrusive rocks; finally we have recent deposits.

We can distinguish five metalogenic belts: .the Au belt in Ordovician and Silurian-Devonian meta-sedimentary rocks, Carboniferous - Permian Au-Pb-Zn-Cu orogenic deposits belt, Au-Ag Eocene epithermal and Eocene - Oligocene - Miocene polymetallic deposits; porphyry Cu-Mo (Au) belt, skarn Pb-Zn-Cu (Ag) and Miocene intrusive-related polymetallic deposits and the W-Mo Cu related to Late Miocene intrusive. Among the sites, highlight Buldibuyo, Parcoy, El Aguila Pasacancha, el Gigante, Acotambo y Jancapampa.

Given that each chemical element has a background level, which can vary depending on the geological environment, we have proceeded to classify the geological units into nine groups according to the lithology and age of the contribution areas, such generalized units are Neoproterozoic metamorphic, Carboniferous - Permian sedimentary clastic rocks and Triassic carbonate rocks, Upper Jurassic clastic sedimentary, Lower Cretaceous siliciclastic sedimentary, Cretaceous sedimentary limestones, Upper Carboniferous volcanic, Paleogene - Neogene volcanics, Paleozoic and Upper Cretaceous - Neogene intrusive rocks.

By statistics, have been identified geochemical anomalies as well as associations of trace elements identified in each population.In that sense, have been gold anomalies, anomalies of Ag, Cu, Pb, Zn and other trace elements anomalies such as As, Sb, Cr, Ni, Mo and Hg.

Geochemical geogenic associations have been identified and others related to potential mineralized zones. The association of rare earths is the strongest, followed by involving the base metals.

INTRODUCCIÓN

Continuando con los trabajos de prospección geoquímica regional iniciados el año 2000, para el año 2008 se proyectó cubrir las cuencas hidrográficas de la vertiente atlántica ubicadas entre las latitudes 8º y 9º sur. En tal sentido, entre los meses de abril y noviembre, se procedió a la recolección de muestras de sedimentos activos de corriente, siguiendo el procedimiento establecido por INGEMMET para tal fin.

La zona referida abarca parte de los departamentos de Áncash, La Libertad y Huánuco inclusive, haciendo un total de 6574 km^2. La morfología del terreno es bastante accidentada, involucrando altitudes que van desde los 1500 hasta los 4500msnm, y reconociéndose cuatro unidades: Puna, Valle, Cañón y Cordillera, las que ocupan, respectivamente, el 48%, 40%, 10% y un 2% de la superficie total.

Los principales ríos que drenan al río Marañón –y que a la postre llegan al Atlántico– son El Alto Marañón, Yanamayo, Huacrachuco, Rúpac, Cajas y Parcoy.

Geológicamente el área es interesante, toda vez que afloran importantes metalotectos como son el Complejo del Marañón, el Batolito de Pataz, las calizas Pucará, las areniscas Chicama, Oyón, Chimú y calizas Santa.

Las principales minas, prospectos u ocurrencias presentes en la zona son Buldibuyo (Pb-Zn), Parcoy (Au), El Águila (Cu-Mo), Pasacancha (Pb-Ag), Marsa (Au), La Estrella (Au-Ag-Cu), El Gigante (Au), Acotambo (Cu), Poderosa (Au-Ag-Pb), Jancapampa (Ag-Pb), Wicrococha (Ag-Pb-Zn), Huamanya (Au-Ag), La Paccha (Au-Ag), Basílica de la Vírgen (Au) y Choloque (Ag-Au-Cu-Pb).

Con la información disponible, además de la acopiada en el campo, se procede a procesar los datos geoquímicos de manera tal que considere la principal unidad geológica aportante de sedimentos; esto permitirá una adecuada interpretación, tanto a la hora de establecer zonas anómalas como cuando se determinen asociaciones geoquímicas, las que a la postre pueden ayudar a definir nuevos elementos guías para la prospección.

PÁGINA EN BLANCO

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona central del territorio peruano que comprende políticamente el sectororiental del departamento de Áncash, la zona suroriental de La Libertad y la noroccidental de Huánuco (ver figura 1.1), abarcando una extensión aproximada de 6574 km^2, dentro de las cartas nacionales de Pallasca (17h), Tayabamba (17i), Corongo (18h), Pomabamba (18i) y San Pedro de Chonta (18j).

Está enmarcada entre las siguientes coordenadas geográficas:

8º00'00''-9º00'00''	latitud sur
78º00'00''-76º30'00''	longitud oeste

Se accede por vía terrestre a través de la Panamericana Norte, desde la ciudad de Lima a través de dos rutas posibles:

- Lima-Pativilca-Huari-Pomabamba-Sihuas, siguiendo un recorrido de 630km aproximadamente. La vía está asfaltada hasta la localidad de Huari.
- Lima-Chimbote-Sihuas, ruta de unos 685km. La vía está asfaltada hasta la localidad de Chuquicara.

Desde Sihuas, se accede al sector oriental mediante carreteras de penetración que unen los poblados de Huacrachuco, Tayabamba, Buldibuyo y Parcoy.

CLIMA

El clima de la zona es el típico de la Cordillera de los Andes. En general, la temperatura ambiental disminuye con la altitud, mientras que la precipitación pluvial aumenta.

Entre los 2700 y 3200 msnm, la temperatura media anual oscila entre los 16º y 24ºC; entre las cotas 3 200 y 3 700 msnm, la temperatura media anual oscila entre 16º y 20ºC; y entre los 3700 y 4 200 msnm, la temperatura media anual varía entre los 6º y 10ºC. Al igual que en el resto de los Andes peruanos, se presentan dos estaciones bien marcadas: una estación de invierno, que va desde septiembre hasta fines de abril aproximadamente; y otra de verano, desde mayo hasta fines de agosto; de tal forma que su vegetación se mantiene durante todo el año.

Un clima semiseco y templado, con abundantes lluvias en verano y escasas en otoño, invierno y primavera, es típico de las provincias ubicadas en el callejón de Conchucos, específicamente en las localidades de Sihuas, Pomabamba y Piscobamba; y en el sector oeste del área de estudio, en las localidades de Huacrachuco y Tayabamba. Sin embargo, las temperaturas pueden alcanzar más de los 35º C en las partes más bajas de la cuenca del río Marañón.

Por encima de los 4 500 msnm, se tiene una cobertura de nieve, con un clima frío, típico de los glaciares de la Cordillera Blanca (ver figura 1.2), donde la media anual de temperaturas es inferior a 0º C durante todo el año (SENAMHI, 2010).

GEOMORFOLOGÍA

Como producto de la acción conjugada de los levantamientos tectónicos y la erosión, se han generado en la zona de estudio las siguientes unidades geomorfológicas: *Cordillera*, *superficies Puna*, *Valle* y *Cañón* (ver figura 1.3).

Las superficies Punason peniplanicies generadas por una intensa abrasión sin mayor levantamiento. Con el levantamiento tectónico del terreno, se activa la acción erosiva del río Marañón y afluentes cortando la superficie Puna y generando en una primera etapa valles amplios y terrazas. En una siguiente etapa de levantamiento más rápido, generan las zonas Cañón. Las partes que no han sufrido abrasión ni la acción erosiva de los ríos constituyen las cordilleras.

Superficie Puna

Presenta una topografía suave y ondulada, reconocible en forma discontinua en gran parte de la región.Se encuentra a una altitud de 3 500 a 4 500 msnm, representando casi el 48% del área total.

En la Cordillera Occidental se encuentran los mejores ejemplos de esta superficie, sobre todo en el Cuadrángulo de Pallasca. En otras áreas, la erosión la ha modificado fuertemente, encontrándose remanentes.

En la CordilleraOriental, se observa solo remanentes de la superficie Puna. Los mejores ejemplos están en el área de la divisoria, especialmente en el sector septentrional del Cuadrángulo de Tayabamba.

Valles

Los valles están representados por terrenos de pendiente suave que forman terrazas comúnmente. Se ubican entre los principales ríos y la superficie Puna, entre los 2500 y 3500 msnm; en ellas se asientan los principales poblados como Sihuas, Pomabamba, Piscobamba, Buldibuyo, Sitabamba. En las partes altas, se observan valles glaciales con la típica forma en «U» (ver foto 1.1).

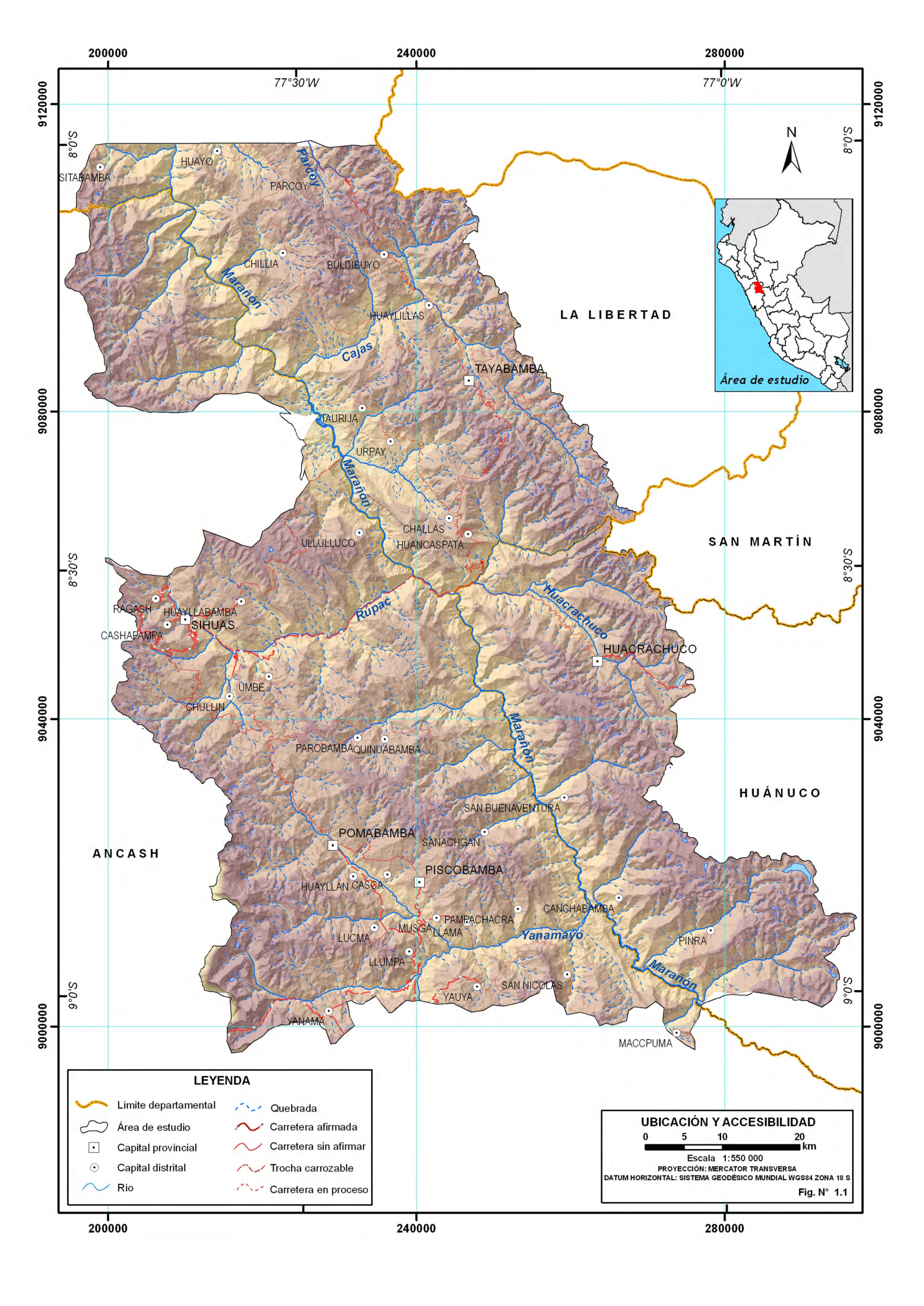
Los tributarios principales del río Marañón son los ríos Cajas, Huacrachuco, Rúpac, Pomabamba y Yanamayo. Su extensión representa casi el 40% del total de la superficie.

Foto 1.1 Valle glacial, quebrada Huascacocha. Vista mirando al NE.

Cañón

La unidad denominada cañón ha resultado de la excavación profunda dentro de formas más abiertas de la etapa Valle. El río Marañón se ha encañonado aproximadamente 1000m debajo del nivel de la unidad Valle, debido a este proceso se ha formado una serie de pequeños riachuelos activos, cuyas cabeceras se extienden hacia la parte superior, erosionando los valles. Esta unidad también se aprecia en los tributarios principales del Marañón, los cuales comienzan con valles de rumbo NO-SE, para pasar a un tramo con rumbo perpendicular, es en este tramo donde se presentan fuertemente encañonados (ver foto1.2). Este encañonamiento es más pronunciado en el río Marañón, a partir de la confluencia del río Cajas (ver foto 1.3), donde ocurre el contacto de rocas del complejo metamórfico e intrusivos paleozoicos. Comprende casi el 10% del total del área (ver foto 1.4).

En general, el valle del Marañón está controlado por la importante falla regional que separa la Cordillera Occidental de la Oriental y por algunos sinclinales alargados. Los tributarios del Marañón también muestran un control por medio de estructuras presuperficie Puna, tal como los valles de Buldibuyo-Tayabamba y Huacrachuco.


200000
240000
280000
77°30'W
77°0'W
9120000
9080000
9040000
9000000
8°0'S
8°30'S
9°0'S
N
LA LIBERTAD
SAN MARTÍN
HUÁNUCO
ANCASH
Área de estudio
SITABAMBA
HUAYO
PARCOY
Parcoy
CHILLIA
BULDIBUYO
Marañón
HUAYLILLAS
Cajas
TAYABAMBA
TAURIJA
URPAY
CHALLAS
HUANCASPATA
ULLULLUCO
Rupac
Huacrachuco
HUACRACHUCO
RAGASH
HUAYLLABAMBA
SIHUAS
CASHAPAMPA
UMBE
CHULLIN
PAROBAMBA
QUINUABAMBA
SAN BUENAVENTURA
POMABAMBA
SANACHGAN
PISCOBAMBA
HUAYLLAN
CASCA
CANCHABAMBA
PAMPACHACRA
MUSGA
LLAMA
Yanamayo
LUCMA
LLUMPA
PINRA
SAN NICOLAS
YAUYA
YANAMA
MACCPUMA
LEYENDA
Límite departamental
Área de estudio
Capital provincial
Capital distrital
Río
Quebrada
Carretera afirmada
Carretera sin afirmar
Trocha carrozable
Carretera en proceso
UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD
0 5 10 20 km
Escala 1:550 000
PROYECCIÓN: MERCATOR TRANSVERSA
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA 18 S
Fig. N° 1.1

PÁGINA EN BLANCO

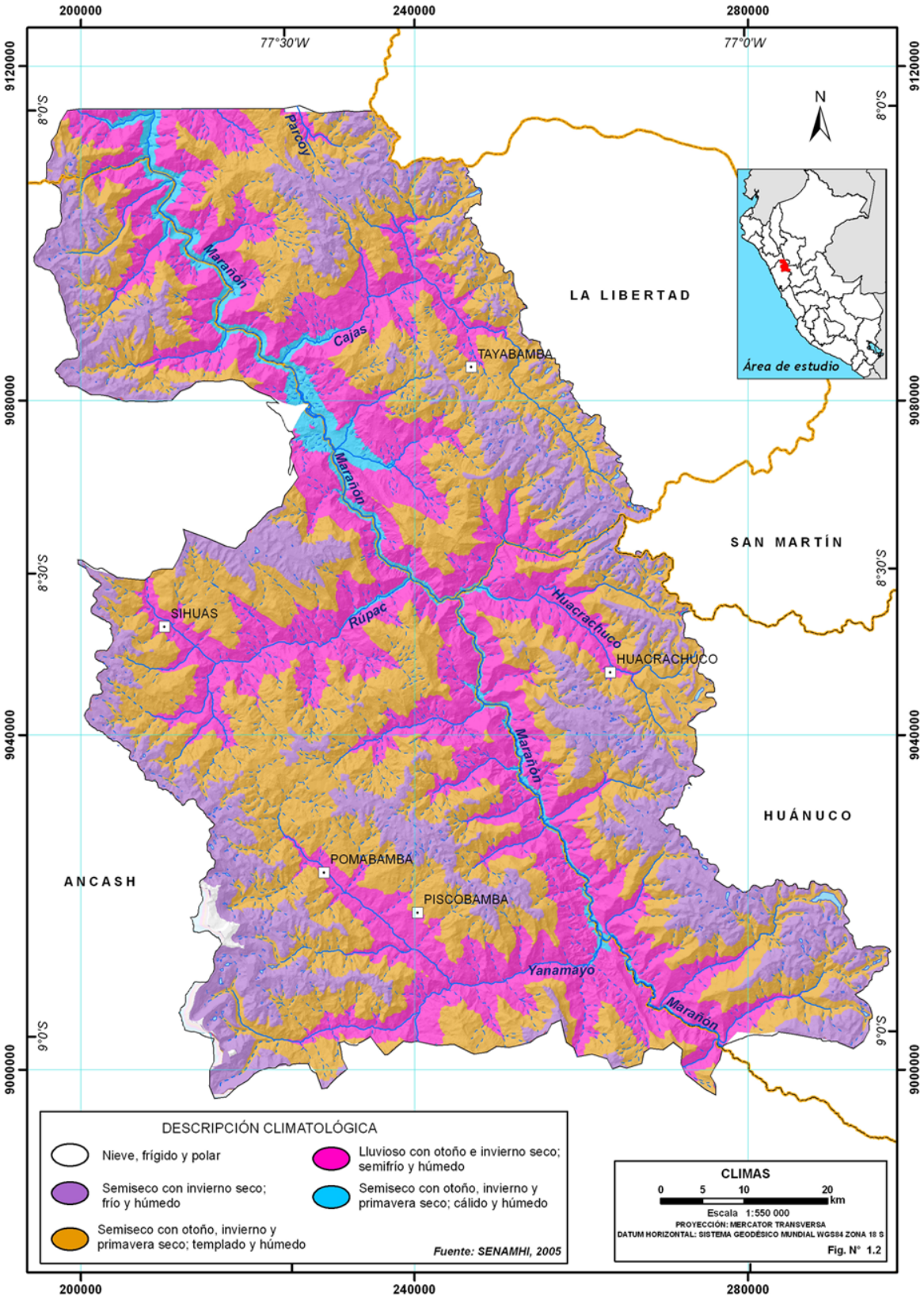


Figura 1.2 Mapa de climas.

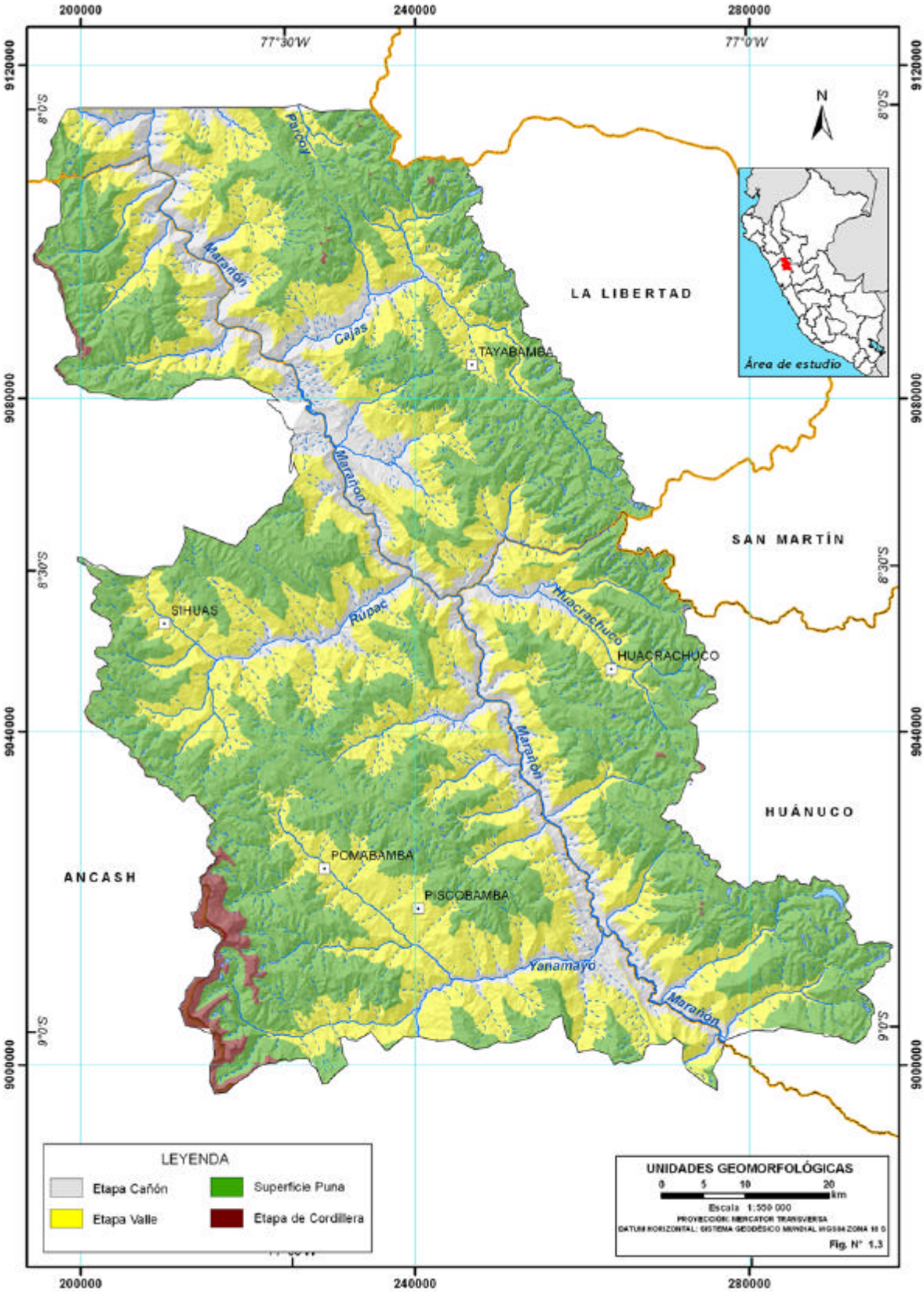


Figura 1.3 Mapa de unidades geomorfológicas.

Foto 1.2 Encañonamiento del río Marañón, en su confluencia con la quebrada Auyubamba (vista mirando al NE).

Foto 1.3 Superficie encañonada en el río Mayas, tributario del Marañón (vista mirando al NE).

Foto 1.4 Superficie encañonada en el poblado de Limón (vista mirando al NE)

Zona de Cordillera

Las geoformas locales que caracterizan a las cordilleras son los valles en «V», las lagunas de origen glacial, y los depósitos tipo morrenas y fluvioglaciales. Comprenden casi el 2% del área total.

- Cordillera Occidental:

  Este macizo se define por la CordilleraBlanca, la cual se extiende a lo largo de las hojas de Corongo. Sube abruptamente a altitudes superiores a los 4500m y se caracteriza porla presencia de nevados, tales como Jancapampa, Alpamayo, Huascarán y Yanama. Igualmente es característica la presencia de numerosas lagunas que se originan principalmente por los deshielos.Como ejemplo se tiene a las lagunas Tocllococha, Huecrococha, Tintacocha, entre otras (ver foto 1.5).

- Cordillera Oriental

  La CordilleraOriental es un macizo ubicado sobre el río Marañón. Parte de esta cordillera se encuentra en el sector oriental de esta región, comprendiendo las hojas de Tayabamba y San Pedro de Chonta.

  Consiste de cadenas paralelas separadas por estrechos valles longitudinales, siendo los principales los de Tayabamba, Huaylillas y Huacrachuco.La elevación de estos es bastante variable, pero las cumbres de los cerros generalmente se encuentran entre los 3 500 y 4 700 msnm.

  El gran valle del río Marañón separa las Cordilleras Oriental y Central. Ambas alcanzan alturas de más de 4 000 msnm, mientras que el río Marañón queda a una altura de 1 200 msnm.

HIDROGRAFÍA

La hidrografía del área se encuentra caracterizada por un conjunto de cuencas que drenan hacia el Atlántico, formados principalmente por los ríos Marañón, Yanamayo, Huacrachuco, Rúpac, Cajas y Parcoy (ver figura 1.4).

Cuenca del río Marañón

El Marañón es gran colector de agua; recibe el aporte de veinte riachuelos aproximadamente, todos de muy corto recorrido, fuerte pendiente y separados por contrafuertes altos y quebrados (ver foto 1.6). Para fines de diseño de muestreo, la cuenca ha sido subdividida en cuatro sectores:

- Cuenca del río Marañón 1: presenta un área de drenaje de 952,5 km^2, con numerosos colectores controlados por una morfología abrupta, con más de 45º de pendiente sobre la

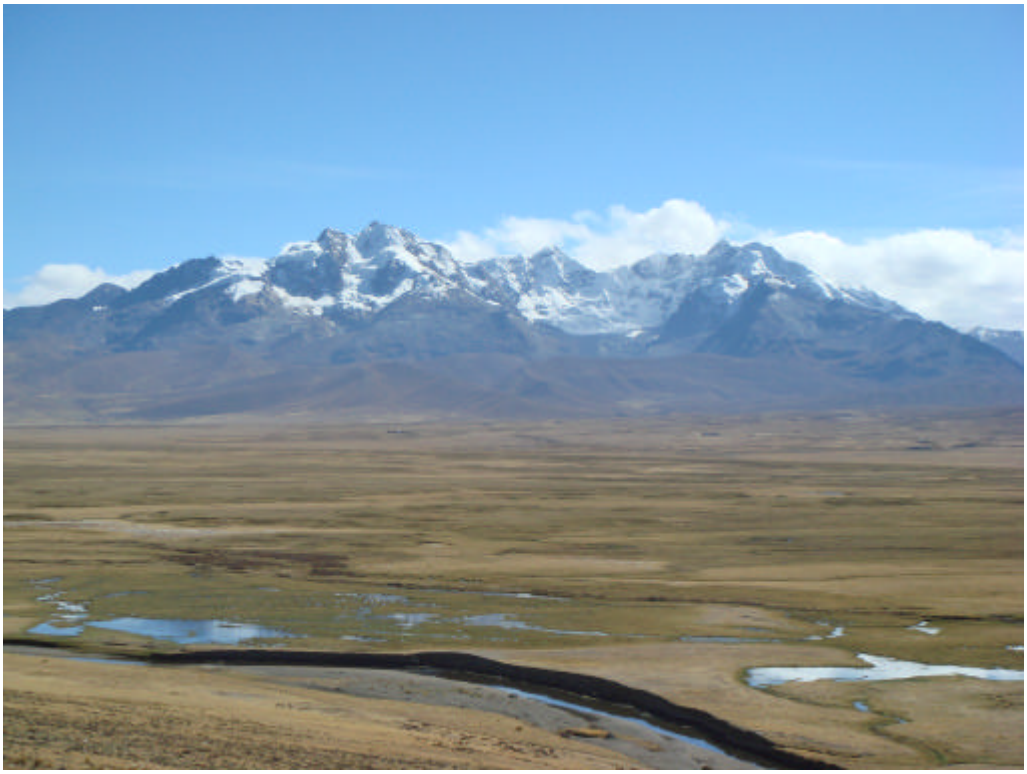


Foto 1.5 Cordillera Blanca en la carretera Recuay-Huaraz (vista mirando al NE).

Cordillera Oriental. Destacan en la margen izquierda los ríos Mayas, Llampa, Casga, Chinchango y San Sebastián,que recogen las aguas provenientes de los deshielos y las fuertes precipitaciones de la Cordillera Blanca, a más de 4 500 msnm. En la margen derecha, el más importante es el río Rupaybamba procedente del distrito de Chilla.

- Cuenca del río Marañón 2: se halla drenada por dos grandes ríos en su margen derecha, el Challas y Arancante. El primero está formado por los ríos Challas y Huancas, que bajan del macizo metamórfico emplazado entre los distritos de Urpay y Challas; mientras que el segundo está formado por el Aracante y Blanca, cerca del distrito de Taurija. Presentan una superficie de drenaje de 554,9 km^2, que se caracteriza por laderas abruptas en el río Marañón y superficies planas en sus tributarios.
- Cuenca del río Marañón 3: tiene una superficie de recolección de 636,9km^2, siendo el río Manta el principal afluente de la margen izquierda, el cual se forma por la confluencia de la quebrada Chogo en Parobamba y la quebrada Piscobamba, que colecta la aguas del distrito del mismo nombre. Paralelos a esta quebrada, pero de menor longitud y fuertes pendientes (mayor a 40º) se emplazan los ríos Cunyac y Parco.
- Cuenca del río Marañón 4: presenta una superficie de drenaje de 951,70 km^2. El río Yupán es el más importante que baja directamente al Marañón por su margen derecha; está formado por los ríos Chinchan y Tablabamba que recorren en su amplitud el macizo metamórfico, y colecta las aguas de las lagunas Patara, Condorcocha y Chinchan en parte central de la provincia de Huacaybamba. El Pinra es otro río importante de esta cuenca; nace en la laguna Mamacocha con un área de 2,93 km^2, y colecta las aguas del distrito de Pinra. Además, por la margen derecha, se tienealos ríos Chunqui y Huaylas, cerca de Canchabamba y San Buenaventura, respectivamente; y por la margen izquierda, el río Sanachgan, cerca del distrito del mismo nombre.

Cuenca del río Yanamayo

Esta cuenca se halla drenada por el río Yanamayo que tiene sus orígenes en las alturas de los nevados de la Cordillera Blanca, discurriendo sus aguas por el río Yurma y dando nacimiento al río en su confluencia con el río Pomabamba, cerca de la localidad de Llama. Durante su recorrido, recibe el aporte de numerosos afluentes, que determina un área de 1286,6 km^2. El recurso hídrico se origina como consecuencia de las precipitaciones estacionales que ocurren en las faldas orientales de la Cordillera Blanca y de los deshielos de los nevados localizados principalmente en su parte alta.

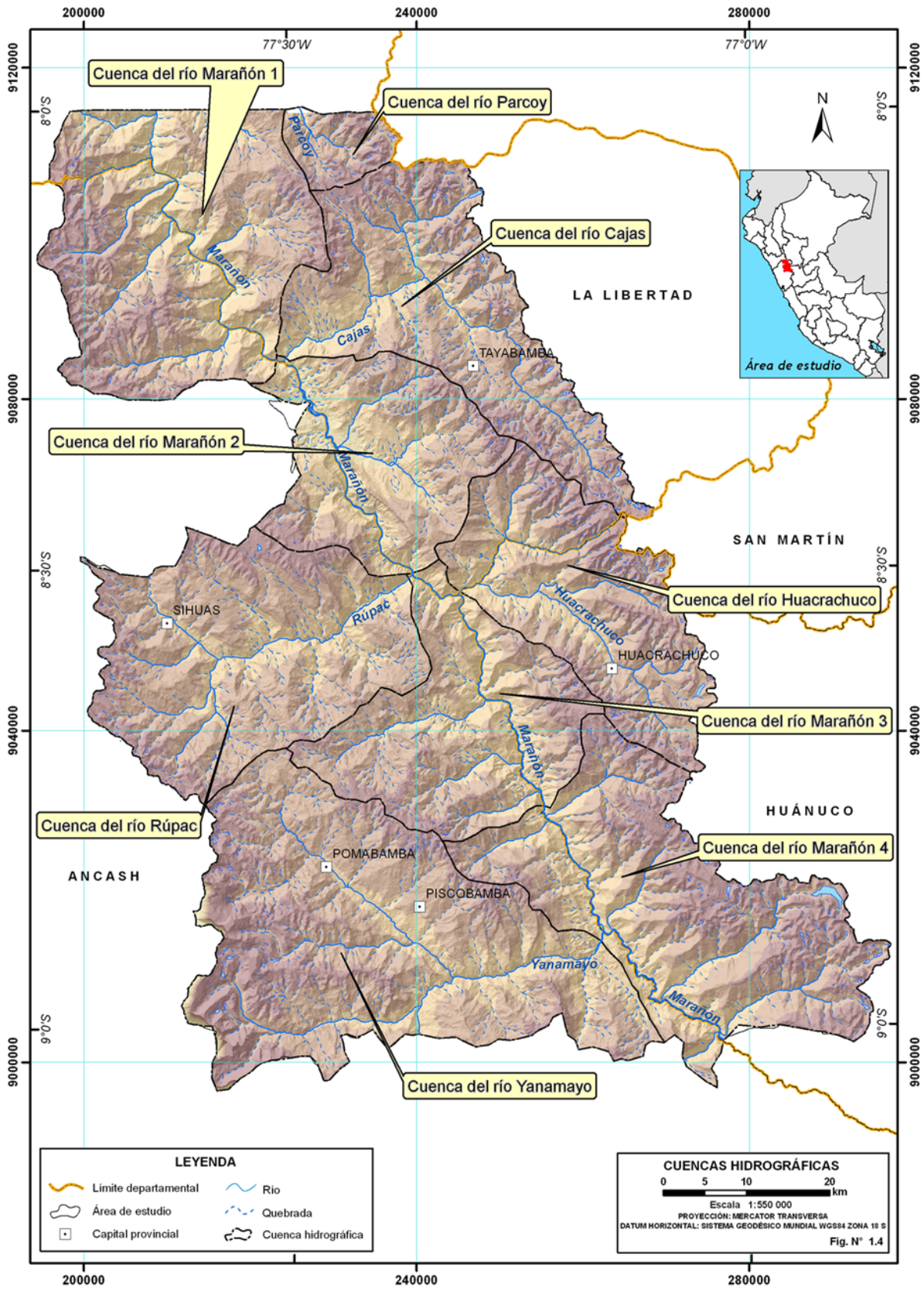


Figura 1.4 Mapa de cuencas hidrográficas.

Foto 1.6. Río Marañón cerca del pueblo de San Pablo (vista mirando al NO).

Cuenca del río Rúpac

La cuenca del río Rúpac, ubicada al norte del callejón de Conchucos, está formadapor la confluencia del río Sihuas y el río Chullín y sus tributarios procedentes de Huayllabamba y Umbe, con una superficie de drenaje de 882,7 km^2.Se extiende desde los 4 000 msnm, en las cabeceras y aportes de las lagunas Cushurobamba y Racaycocha, hasta los 1700 msnm, en su desembocadura al río Marañón.

Cuenca del río Cajas

El río Cajas es el principal colector, con 744,5 km^2 de drenaje. Tiene sus orígenes en las lagunas Blanca, Carbunco, Crucero y Huascacocha, cerca de los 4500 msnm.Sus principales tributarios son el río Cajón, procedente de Tayabamba y el río Buldibuyo, formado por la confluencia de las quebradas de Yanapaccha, Huascacocha y Taullis.La confluencia de estos ríos se produce en Huaylillas, determinando una morfología particular en forma de «T», por los rasgos estructurales y resistencia de la roca.

Cuenca del río Parcoy

Las aguas discurren de sureste a noroeste, con quebradas, ríos encañonados y laderas pronunciadas con pendientes de 50%.

La quebrada Llacuabamba se origina por el aporte de las quebradas Mush Mush, Ventanas y Molinetes; la primera tiene su origen en las lagunas Blanca y Mush Mush Alto, que son pequeños valles fluvioglaciales que colectan el agua de las precipitaciones y la descargan en pequeños cursos de agua. El río Parcoy está formado por las quebradas Huinchus y Potacocha.La primera recibe aguas de la quebrada Pomamachay, que tiene su origen en la laguna del mismo nombre.

La confluencia de los ríos Llacuabamba y Parcoy tiene lugar a 2850 msnm, en la localidad de Retamas.

Cuenca del río Huacrachuco

Se forma a partir de las fuertes precipitaciones y deshielos de la Cordillera Oriental, determinando la presencia de lagunas sobre los 4000 msnm. El río Huacrachuco es el principal colector, que recibe aportes del río Huancahay, en su parte media, y del río Anchic, en su parte baja. Tiene una superficie de drenaje de 629,6 km^2.

PÁGINA EN BLANCO

CAPÍTULO II
MARCO GEOLÓGICO

ESTRATIGRAFÍA

En la zona de trabajo se distribuyen diferentes unidades estratigráficas, siendo la más antigua el denominado Complejodel Marañón, seguida de las unidades del Paleozoico superior, Mesozoico y Cenozoico, que incluye las unidades recientes (ver figuras 2.1 y 2.2).

Neoproterozoico

Complejo del Marañón (Pe-cma)

En la Cordillera Oriental afloran rocas metamórficas, específicamente hacia el extremo occidental (parte baja del valle del Marañón) del Cuadrángulo de Tayabamba y en la parte central de los cuadrángulos de Pomabamba y San Pedro de Chonta (ver foto 2.1); estas consisten de esquistos micáceos cloritosos (ver fotos 2.2 y 2.3), así como de pizarras y filitas grisáceas.

Consiste principalmente de rocas metamórficas de origen sedimentario y volcánico, que muestran un grado moderado de metamorfismo. Dichas rocas están constituidas por una secuencia silico-alúmina que comprende esquisto, esquisto de sericita clorita, esquisto de cuarzo moscovita, esquisto de cuarzo feldespato y muscovita, cuarcita sericita, cuarcita y filita cuarzo muscovita (Allende, 1996). Por esta similitud litológica, es probable que las pizarras de edad ordoviciana de Pataz constituyan una parte menos metamorfizada del complejo, aunque no se ha demostrado.

Paleozoico

Grupo Ambo (Ci-a)

Consiste en algunos cientos de metros de areniscas, lutitas y conglomerados que afloran en varios sectores de la CordilleraOriental, teniendo su mayor exposición en los cuadrángulos de Tayabamba y el norte de Pomabamba. Lo caracterizan areniscas subgrawacas gris verdosas, intercaladas con arcillitas micáceas gris oscuras y conglomerados hacia el tope del grupo.

Suprayace en discordancia angular a las rocas del Complejodel Marañón e infrayace a las secuencias del GrupoMitu en discordancia (Wilson *et al.*, 1995), presentando un espesor de 350 a 1000m al oeste de Huacrachuco (Pomabamba). La mayor parte del grupo consiste de secuencias continentales con restos vegetales.

En la hoja de San Pedro de Chonta,se designa con el nombre de Grupo Ambo a una secuencia que se distribuye en el sector meridional, en la forma de una extensa faja en una dirección NO-SE. Está constituido por una secuencia clástica predominantemente gruesa que se ha denominado Formación Chunqui y una secuencia clástica media a gruesa, la denominada Formación Goyllay (Allende, *op. cit.*).

Formación Chunqui (Ci-chu)

Esta unidad ha sido reconocida a lo largo del valle del río Chunqui y se prolonga al SE de la hoja de Pomabamba. Está constituida de areniscas gris verdosas de grano fino a medio, en estratos delgados cortados por vetillas de cuarzo lechoso.Contiene restos de tallos y se intercala con areniscas microcoglomerádicas gris oscuras en estratos gruesos, donde destacan granos de ortosa y cuarzo algo redondeados dentro de una matriz de arenisca de grano medio de color gris oscura.

Yacen en discordancia sobre el Complejo del Marañón en el valle del río Racuay y en los afloramientos que se extienden hasta el cerro Campana. Subyace en forma concordante a la Formación Goyllay en las hojas de San Pedro de Chonta y Pomabamba.

Formación Goyllay (Ci-go)

En las cabeceras de la quebrada Uchumarco, se presentan areniscas microconglomerádicas y limoarcillitas gris oscuras y gris verdosas, con arenisca y lutitas negras conteniendo niveles carbonosos, así como fósiles. En las cercanías de Goyllay, se presentan areniscas de grano medio a grueso con limoarcillitas carbonosas, intercaladas con areniscas microconglomerádicas de color beige, en estratos delgados; esta sección continúa en la parte intermedia, donde los estratos de arenisca presentan estructuras sedimentarias como estratificación segada y paralela. En el límite oeste de la hoja, la Formación Goyllay tiene un estimado de 380 a 400m (Allende,*op. cit.*).

Porlas características faunales y las plantas mal conservadas, el Grupo Ambo pertenece al Mississipiano, que incluye sedimentos

devonianos en su parte basal, correlacionados con el Grupo Ambo de los Andes centrales.

Formación Lavasen (Cs-l)

En el norte del Cuadrángulo de Tayabamba, conformando una morfología abrupta, afloran capas gruesas piroclásticas de composición riolítica a dacítica. Esto parece infrayacer a las areniscas rojas del Grupo Mitu, lo cual significa un volcanismo anterior a Mitu.

Esta secuencia volcánica se correlaciona con las secuencias volcánicas aflorantes en el Cuadrángulo de Pataz, descritas como Formación Lavasen, en consecuencia, su edad debe ser permiana a carbonífera.

Grupo Copacabana (Pi-co)

Con el nombre de Grupo Copacabana, se designa a una secuencia de rocas sedimentarias que afloran en las cabeceras del río Pinra y al norte de la laguna Mamacocha, las que están constituidas por areniscas de grano fino gris claro intercaladas con limoarcillitas gris verdosas y calizas oscuras en estratos delgados (Allende, op. cit); en la parte superior, yacen calizas de color gris oscuro. Su espesor estimado es de 80m.

En la quebrada Ucushuarco, está constituido por una intercalación de areniscas, limoarcillitas y calizas biomicríticas silicificadas de color gris verdoso con estructura masiva algo lenticular, en estratos delgados.

Los fósiles recolectados en el Cuadrángulo de San Pedro de Chonta indican que el Grupo Copacabana tiene una edad del Permiano inferior (Allende, *op. cit.*), que alcanza niveles tardíos del Pensilvaniano por contener niveles superiores del GrupoTarma.

Grupo Mitu (Ps-mi)

Las litologías predominantes son areniscas rojo-brunáceas, conglomerados rojizos y verdosos (ver foto 2.4), así como volcánicos morado claros (Wilson, *op. cit.*). Los clásticos son más comunes en la parte baja de la secuencia, mientras los volcánicos se encuentran mayormente en la parte superior.

Los conglomerados consisten de guijarros y cantos de hasta un metro de diámetro, principalmente de las rocas metamórficas del Complejo del Marañón, siendo comunes en las cumbres de los cerros entre Huacrachuco y el río Marañón. En algunos afloramientos, los conglomerados contienen calizas con restos fósiles de crinoideos, que es muy probable que provengan del Grupo Copacabana (Wilson,*op. cit.*).

Los diferentes espesores que presenta el Grupo Mitu posiblemente se deban a que la sedimentación estuvo controlada por fallamientos. Al oeste de Huaylillas, entre Huacrachuco y San Buenaventura, esta unidad tiene espesores de ± 300m.

Las facies volcánicas del Grupo Mitu consisten de derrames andesíticos de coloración morado claro, con estructuras de flujo que le dan una morfología laminada (ver foto 2.5).

Las facies no están bien desarrolladas fuera de esta franja angosta, quedando la posibilidad que estén relacionadas a fallas regionales, ya que han tenido una larga historia de actividad y posiblemente fueron laque originóeste volcanismo.

El Grupo Mitu ha sido asignado al Pérmico medio a superior, por encontrarse sobre el Grupo Copacabana y debajo del Grupo Pucará.

Mesozoico

Grupo Pucará (JTR-p)

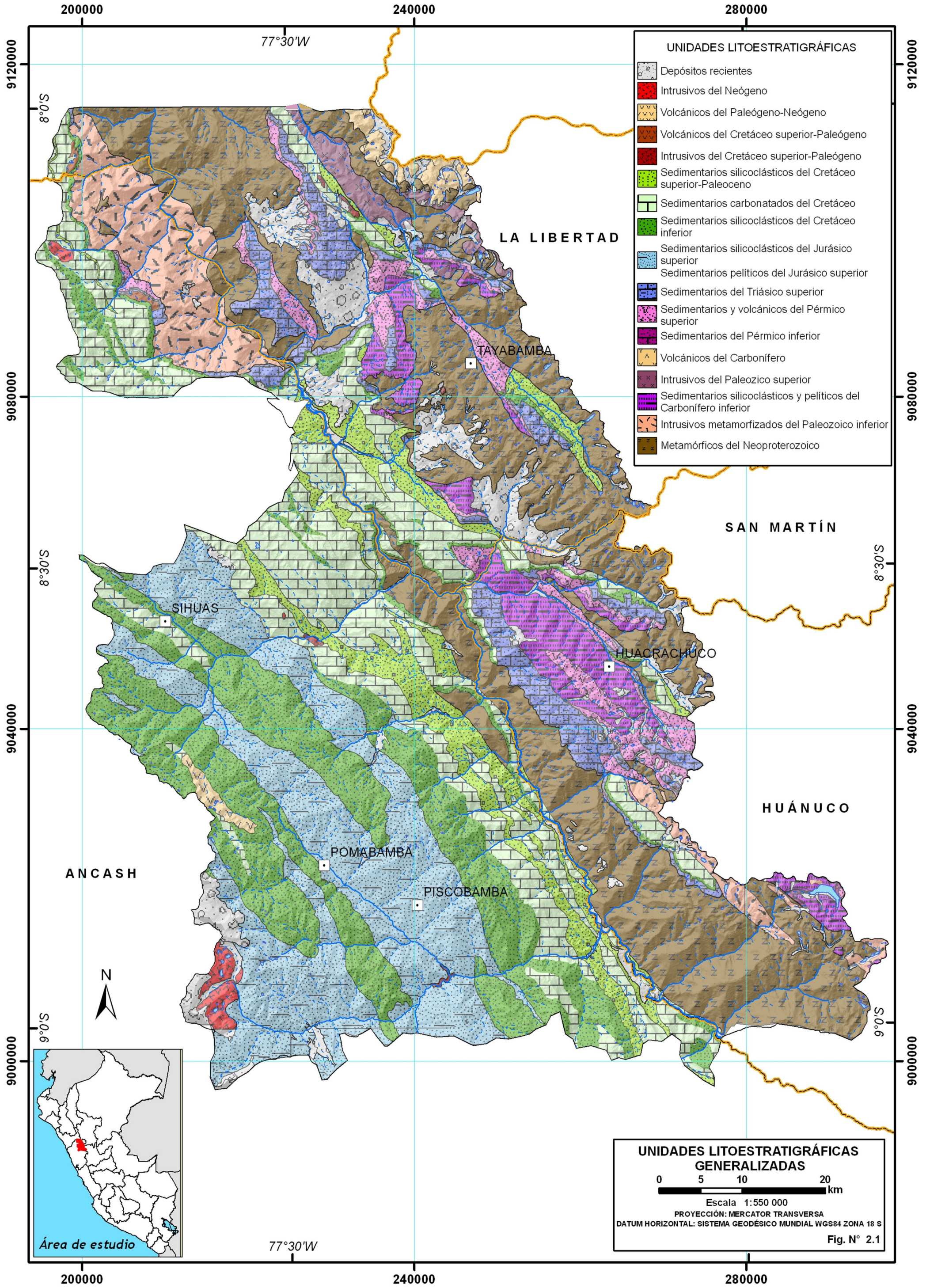
El Grupo Pucará aflora en el sector oriental de la región, margen derecha del río Marañón, donde está compuesto por areniscas calcáreas con intercalaciones de clásticos y conglomerados en la parte inferior; caliza en bancos potentes, caracterizada por su contenido de nódulos irregulares de *chert* en la parte media, y en la parte superior, capas delgadas de caliza oscura y fétida, con intercalaciones de lutitas negras que incluyen nódulos bituminosos (Wilson, *op.cit.*).

En el valle del río Cajas, alrededores de Huayllilas (Tayabamba), el contacto superior con el Grupo Goyllarisquizga varía de una discordancia ligera a una discordancia angular; alcanza un espesor máximo de 300 m al oeste de Buldibuyo (Tayabamba), y al norte de San Buenaventura (Pomabamba), siendo los espesores menores debido a la erosión pre-Goyllarisquizga que afectó la región.

Esta unidad suprayace en forma discordante al Grupo Mitu del Permiano superior. Por su posición estratigráfica, le corresponde una edad del Triásico superior, logrando probablemente los niveles superiores alcanzar al Jurásico superior (Wilson, *op.cit.*).

Formación Chicama (Js-ch)

Afloran en gran parte de las áreas estudiadas (Pomabamba y Corongo) y consiste en espesores considerables de lutitas y areniscas finas (ver foto 2.6), las cuales son piritosas y con nódulos ferruginosos, siendo más arenosas en el sector oriental. Se considera que estos afloramientos extensos son producto de factores estructurales, como los principales sobreescurrimientos intraformacionales (Wilson, *op.cit.*). Se estima espesores entre 800 y 1 000 m. Contiene especies de amonites *Perisphinctes*, *Berriasela* y *Aspidoceras*, que indican una edad titoniana.


200000
240000
280000
77°30'W
9120000
9080000
9040000
9000000
8°0'S
8°30'S
9°0'S
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
Depósitos recientes
Intrusivos del Neógeno
Volcánicos del Paleógeno-Neógeno
Volcánicos del Cretáceo superior-Paleógeno
Intrusivos del Cretáceo superior-Paleógeno
Sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno
Sedimentarios carbonatados del Cretáceo
Sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior
Sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior
Sedimentarios pelíticos del Jurásico superior
Sedimentarios del Triásico superior
Sedimentarios y volcánicos del Pérmico superior
Sedimentarios del Pérmico inferior
Volcánicos del Carbonífero
Intrusivos del Paleozoico superior
Sedimentarios silicoclásticos y pelíticos del Carbonífero inferior
Intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior
Metamórficos del Neoproterozoico
LA LIBERTAD
SAN MARTÍN
HUÁNUCO
ANCASH
TAYABAMBA
SIHUAS
HUACRACHUCO
POMABAMBA
PISCOBAMBA
N
Área de estudio
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS GENERALIZADAS
0 5 10 20 km
Escala 1:550 000
PROYECCIÓN: MERCATOR TRANSVERSA
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA 18 S
Fig. N° 2.1

PÁGINA EN BLANCO

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA		DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA			POTENCIA (m)	ROCAS ÍGNEAS
CENOZOICO	NEÓGENO	HOLOCENO	Dep. Fluvioglaciares		Morrenas, extensos mantos de arenas y gravas	Qh-fg		?	
			Dep. Glaciares		Clastos de formas subangulosas	Qh-g			
			Dep. Aluvial		Clastos redondeados a subredondeados	Qh-al			
			Dep. Coluvial		Clastos angulosos	Qh-co			
		MIOCENO	Volc. Calipuy		Rocas piroclásticas, lavas y cuerpos subvolcánicos	Nm-vca		2000	Batolito de la Cordillera Blanca (granodiorita/tonalita) N-gd/to
	PALEÓGENO	OLIGOCENO							
		PALEOCENO	Fm. Chota		Areniscas, arcillitas y conglomerados rojos	KsP-ch		600	Andesita Kp-an
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Fm. Celendín		Marga, arcillitas calcáreas y calizas	Ks-jc		500	Gabro/tonalita/ granodiorita Kp-gb/to/gd
			Fm. Jumasha		Calizas, dolomías grises y pardo amarillentas, conglomerados intraformacionales			800	
		INFERIOR	Fm. Pariatambo	Fm. Crisnejas	Margas y arcillitas negras con intercalaciones de calizas y algunos derrames volcánicos basálticos		Ki-cr		
			Fm. Chúlec		Calizas, margas y arcillitas calcáreas con abundante fauna fósil	Ki-Pchp		250	
			Fm. Pariahuanca		Calizas macizas, arcillitas y margas				
			Fm. Farrat	Gpo. Goyllarisquizga	Cuarcitas finas con intercalaciones de arcillitas rojas	Ki-f	Ki-g	150 - 200	
			Fm. Carhuaz		Areniscas y cuarcitas finas marrones, con intercalaciones de arcillitas	Ki-saca		500	
			Fm. Santa		Calizas y arcillitas calcáreas			100 - 380	
			Fm. Chimú		Arenisca y cuarcitas con intercalaciones de arcillitas y niveles carbonosos	Ki-chi		100 - 400	
	JURÁSICO	SUPERIOR	Fm. Chicama		Lutitas y areniscas oscuras en estratos medianos, limoarcillitas piriticas	Js-ch		800 - 1000	
	TRIÁSICO	SUPERIOR	Gpo. Pucará		Areniscas calcáreas, calizas gris oscura y fétida con nódulos de chert e intercalaciones de lutitas negras	JTR-p		300	
PALEOZOICO	SUPERIOR – PÉRMICO	SUPERIOR	Gpo. Mitu		Arenisca y conglomerados pardo rojizos, volcánicos rojo brunáceos	Ps-mi		300	
		INFERIOR	Gpo. Copacabana		Areniscas con limoarcillitas gris verdosas y calizas	Pi-co		80	
	SUPERIOR – CARBONÍFERO	PENSYLVANIANO	Fm. Lavasen		Riolitas, dacitas y piroclásticos	Cs-l		?	
		MISSISSIPIANO	Fm. Goyllay	Gpo. Ambo	Limoarcillitas gris oscuras y verdosas, con arenisca y lutitas negras	Ci-go	Ci-a	1000	Batolito de Pataz (diorita/granodiorita) Pali-di/gd
			Fm. Chunqui		Areniscas y areniscas microconglomerádicas con ortosa	Ci-chu			
	INFERIOR		Complejo del Marañón		Esquistos micáceos, cloritosos, grises y verdosos	Pe-cma		?	Granito gneisificado Plutón Pampa Hermosa Pali-n / Pali-gr
NEOPROTEROZOICO					Pizarras y filitas grisáceas				

Figura 2.2 Columna estratigráfica generalizada.

Foto 2.1 Afloramiento del Complejo del Marañón, frente al poblado de Casga.

Foto 2.2 Esquistos micáceos cloritosos con vetillas de cuarzo (quebrada Laguna)

Foto 2.3 Esquisto micáceo del Complejo del Marañón, cerca al poblado de San Pablo (margen izquierda del Marañón).

Foto 2.4 Afloramiento del Grupo Mitu en la quebrada Cajón, consistiendo de conglomerados polimícticos en la base que gradan a areniscas pardas rojizas (vista mirando al SE).

Foto 2.5 Afloramiento de tobas líticas (poblado de Querobamba).

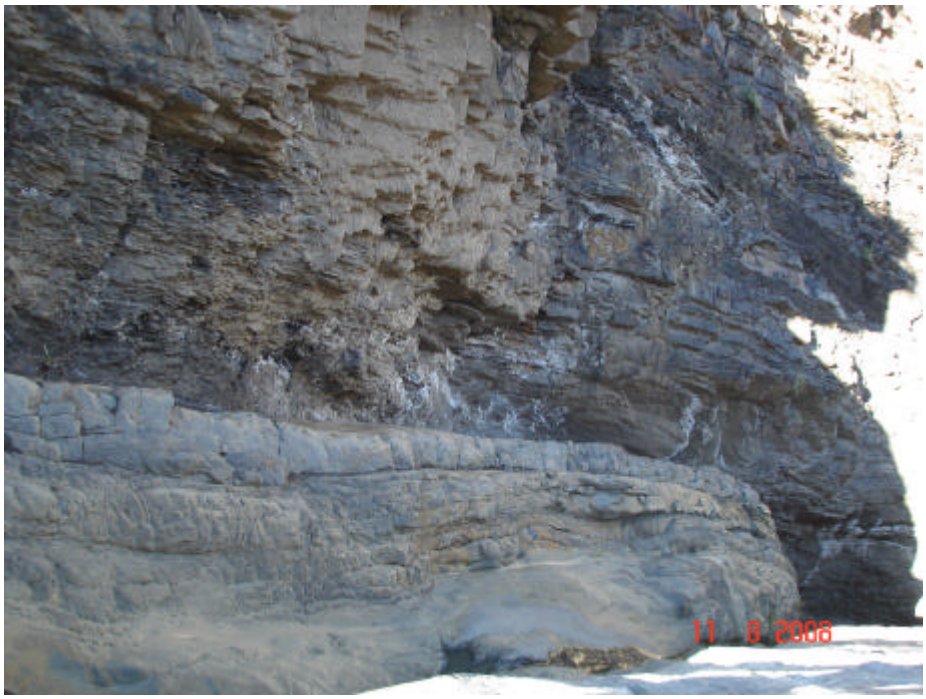


Foto 2.6 Afloramientos de areniscas intercaladas con lutitas carbonosas de la Formaicón Chicama, aguas abajo del distrito de Llama (vista mirando al SE).

Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Esta unidad está conformada por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, fácilmente diferenciables por su marcada litología.

Formación Chimú (Ki-chi)

Conformada por dos miembros: el inferior, que consiste de areniscas cuarzosas con intercalaciones de arcillitas, con presencia de mantos de carbón; y el miembro superior, que está compuesto de capas macizas de areniscas cuarzosas blanco grisáceas y escasas capas de arcillitas (ver foto 2.7). El espesor varía de 150 a 400 m.

La Formación Chimú suprayace a la Formación Chicama e infrayace a la FormaciónS anta (ver foto 2.8), por lo tanto representa al Valanginiano inferior a medio (Wilson, *op.cit.*).

Formación Santa (Ki-sa)

Consiste de calizas y arcillitas calcáreas. En algunos lugares, ha sido cartografiada junto a la Formación Carhuaz como Santa-Carhuaz por su espesor y litologías similares (ver foto 2.9).

Se le atribuye una edad del Valanginiano medio a superior, en base a su posición estratigráfica.

Formación Carhuaz (Ki-ca)

Está constituida de areniscas finas marrones, en capas delgadas, con intercalaciones de arcillita. En algunas localidades se encuentran conglomerados en la parte superior, y caliza y yeso en la parte inferior. Se le considera de la edad Valanginiana superior a Barremiana.

Formación Farrat (Ki-f)

Está conformada por cuarcitas finas en capas delgadas a medianas, con intercalaciones de arcillitas rojas. Alcanza espesores entre 150 y 200 m, en el sector septentrional de la región, disminuyendo al sur y oeste.Por su posición estratigráfica es considerada del Aptiano.

Formación Pariahuanca (Ki-Pchp)

Consiste en calizas macizas de 100m de espesor, con un cambio de facies a secuencias clásticas (Formación Inca) en el norte y aumento de arcillitas y margas al este, de manera que cambia lateralmente a la Formación Chúlec.Se le considera del Albiano inferior.

Formación Chúlec (Ki-Pchp)

Son característicos de esta unidad capas medianas a delgadas de calizas, margas y arcillas calcáreas.Por el contenido fosilífero se le considera de edad albiana media a superior.

Formación Pariatambo (Ki-Pchp)

Está constituida por 100m de margas y arcillitas negras, con intercalaciones de calizas. Infrayace concordantemente a la Formación Jumasha, y suprayace a la Formación Chúlec.

De la edad Albiana superior, estas rocas carbonatadas son fácilmente distinguibles de otras cretáceas por su coloración oscura.

Formación Crisnejas (Ki-cr)

Consiste predominantemente de arcillas calcáreas y margas amarillentas, con intercalaciones delgadas de calizas como las observadas en el sector del valle del Marañón. Esta Formación resulta de la unión hacia el este de las zonas más periféricas de las formaciones Chúlec y Pariatambo (ver figura 2.1). En consecuencia, es de la edad Albiana media a superior.

Formación Jumasha (Ks-jc)

Está conformada de calizas y algunas dolomías grises y amarillentas, de grano fino a medio, en capas medianas a gruesas, con algunos conglomerados intraformacionales. Sus afloramientos son fácilmente reconocibles por su tono gris claro de meteorización y el marcado efecto topográficos que ejerce. Las calizas alcanzan espesores de 100 a 800m.

Por posición estratigráfica con relación a las formaciones albianas Pariatambo y Crisnejas, se le considera del Cretáceo superior (Wilson, *op. cit.*).

Formación Celendín (Ki-jc)

Ha sido cartografiada junto a la Formación Jumasha, por ser un poco difícil su separación individual. Consiste en margas, arcillitas calcáreas y calizas. Cerca de la hacienda Santa Clara (Pomabamba) presenta un espesor aproximado de 500m, en contraste con los afloramientos del valle del Marañón y la Cordillera Oriental, en que sólo alcanza un espesor de 20 a 100m. Se le asigna una edad del Coniaciano-Santoniano.

Formación Chota (KsP-ch)

Esta formación es una de las unidades de «Capas Rojas» depositadas luego del levantamiento de los Andes a fines del Cretácico (Fase Peruana). Consiste de areniscas, pelitas y conglomerados rojos (ver foto 2.10).Se le considera una edad dentro del rango del Cretáceo superior-Paleoceno inferior (Wilson, *op. cit.*).

Cenozoico

Volcánicos Calipuy (Nm-vca)

Esta unidad está constituida de tobas, lapillitas, aglomerados, lavas y cuerpos subvolcánicos. Su composición varía de andesítica, dacítica a riolítica. Se diferencian dos unidades:

Foto 2.7 Afloramiento de areniscas cuarzosas de la Formación Chimú en el río Rúpac (vista mirando al NO).

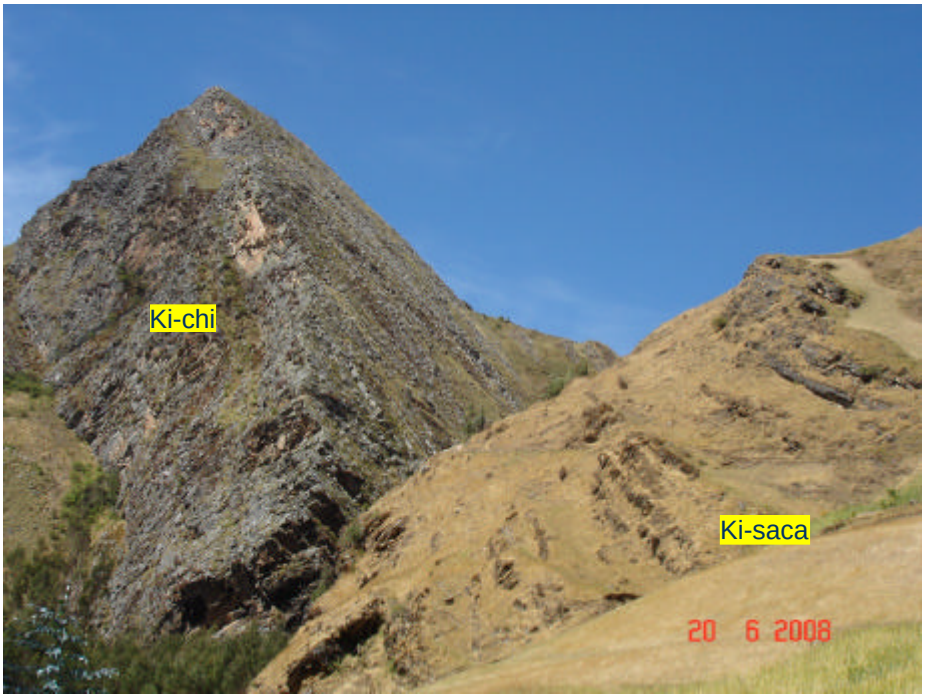


Foto 2.8 Afloramiento de areniscas cuarzosas de la Formación Chimú (Ki-chi), infrayaciendo a areniscas ferruginosas de la Formación Santa-Carhuaz (Ki-saca), margen derecha de la quebrada Tinco (vista mirando al SE).

Foto 2.9 Pliegues simétricos de la Formación Santa-Carhuaz, en la margen derecha de la quebrada Lucma (vista mirando al NO).

- *Calipuy inferior*: consiste en rocas piroclásticas gris verdosas, púrpuras a marrón rojizas, bien estratificadas y con niveles de limoarcillitas grises.
- *Calipuy superior*: son capas gruesas, resistentes, que corresponden a aglomerados, brechas de color verde grisáceo, marrón rojizo y alguna lava porfirítica.

Algunas dataciones radiométricas K-Ar (58 Ma-Eoceno, 36,5 Ma-Oligoceno, 23,5 Ma-Mioceno) indican que la edad de los volcánicos oscilan entre el Paleógeno-Neógeno (Wilson, *op. cit.*).

Depósitos cuaternarios (Qh)

Sobreyaciendo a todas las unidades descritas, se encuentran depósitos cuaternarios;los más importantes son los fluvioglaciales, que alcanzan su máximo desarrollo en los alrededores de la Cordillera Blanca; incluyen a los grupos de morrenas, extensos mantos de arenas y gravas. Además existen abundantes terrazas fluvio-aluviales prominentes en algunos sectores del río Marañón.

Los depósitos se distribuyen en la superficie disectada Puna, habiéndose conformado como resultado de la extensión y la acción de los glaciares en esta parte de la Cordillera Oriental (Allende, 1996). Estos depósitos ocupan los valles glaciales y están cubiertos por *ichu* y constituidos de materiales distribuidos de una manera caótica, con clastos de formas subangulosas, conformados por esquistos, cuarcitas y gneis, en una matriz areno-arcillosa.

Los depósitos aluviales se caracterizan por formar pequeñas terrazas y presentar estratificación poco conspicua. Están constituidos de materiales limoarcillosos con clastos de diferente naturaleza: esquistos, gneis, plutonitas y cuarcitas, con formas subredondeadas en una matriz limo-arcillosa.

ROCAS INTRUSIVAS

Granito gneisificado del Marañón (Pali-n)

En el valle del Marañón aflora un granito gneisificado que evidencia su gran antigüedad, en el que predomina la ortosa rosada, siendo más gneisificado cerca a sus contactos.

Se emplaza entre las unidades del Complejo del Marañón y está cubierto en discordancia por el Grupo Mitu. Este batolito posiblemente se emplazó entre el Ordovícico y Silúrico (Wilson, *op. cit.*).

Este intrusivo posee una gran extensión, aflorando en los cuadrángulos de Tayabamba, Pomabamba y San Pedro de Chonta. El afloramiento en el paraje Pampa Hermosa es un sienogranito de color pardo amarillento, de textura holocristalina, constituido principalmente de cuarzo, ortosa, y biotita (ver fotos 2.11 y 2.12); en la proximidad de la zona de contacto, la biotita está alterándose a clorita y se aprecia mica blanca, con cierta foliación; asimismo, se observan xenolitos constituidos de esquistos micáceos.

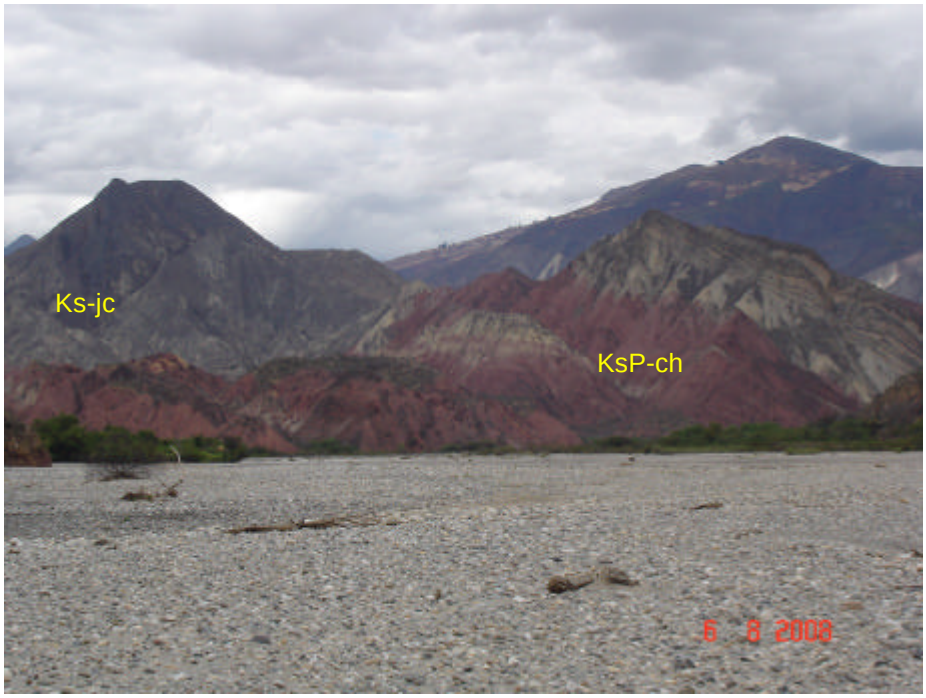


Foto 2.10 Sobreescurrimiento que pone en contacto los conglomerados y areniscas rojizas de la Formación Chota (KsP-ch) con las calizas de la Formación Jumasha-Celendín (Ks-jc), cerca al poblado de Ollas (vista mirando al SO).

Foto 2.11 Dique de andesita que corta a granito gneisificado, cerca de la quebrada San Mateo.

Foto 2.12 Rodado de granito gnesificado con abundante contenido micáceo (quebrada Chinchango).

Batolito de Pataz (pali-di/gd)

El Batolito de Pataz tiene una forma elongada de dirección NNO-SSE, paralelo al lineamiento andino. Se trata de un granitoide clasificado como de tipo-I, de afinidad calcoalcalina y peraluminosa. Fragmentos subredondeados de microdioritas, además de fragmentos subredondeados a subangulosos de rocas precarboníferas, constituyen los xenolitos del cuerpo intrusivo (ver foto 2.13).

Dos tipos de alteración definen una zonación centimétrica en contacto con la veta y en asociación con las fallas con sericitización seguida de cloritización más distal (ver foto 2.14). Otros tipos de alteración subordinada como la carbonatación, argilización y silicificación son poco desarrollados, a excepción de la carbonatación que se desarrolla mejor en rocas intermedias a básicas (Tapia, 2008).

Batolito de la CordilleraBlanca (N-gd/to)

La litología predominante es granodiorita/tonalita de grano grueso con desarrollo de foliación en algunos sectores. En ciertas áreas, este intrusivo pasa gradualmente a una anfibolita producida por la contaminación del magma con el material de la Formación Chicama; es común encontrar esta anfibolita en muchas partes del batolito (Wilson, *op. cit.*).

Sistemas de diques y *sills* de pórfido cuarcífero han sido encontrados en muchos de los sectores, igualmente intrusivos subvolcánicos de felsita que forman parte de la misma unidad (ver foto 2.15). También ocurren diques básicos dentro o cerca del batolito, pero son poco comunes.

Foto 2.13 Xenolitos en cuerpo intrusivo del batolito.

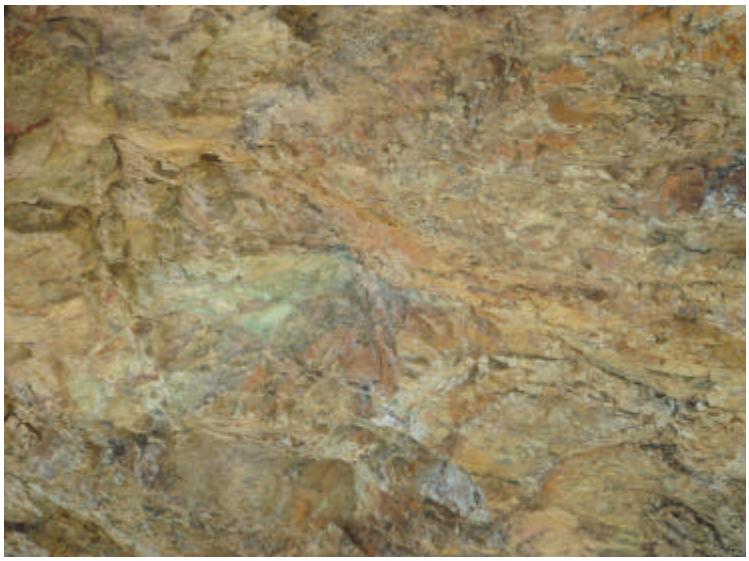


Foto 2.14 Afloramiento del Batolito de Pataz, en la quebrada Huascacocha, con alteración sericítica y mineralización de cobre (sulfatos).

Foto 2.15 Dique riolítico alterado (con pirita diseminada), que corta las lutitas y areniscas de la Formación Chicama, en la quebrada Milluatashani (vista mirando al este).

CAPÍTULO III

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Se han definido tres unidades tectónicas o estructurales (Wilson, *op. cit.*), cuya distribución se muestra en la figura 3.1.

UNIDAD DE PLIEGUES Y SOBREESCURRIMIENTOS

Se caracteriza por la presencia de pliegues largos y estrechos, asociados con grandes sobreescurrimientos, que se desarrollan exclusivamente en la facies de cuenca de los sedimentos del Jurásico Superior y Cretáceo (ver foto 3.1).

Los pliegues varían en forma y tamaño según la naturaleza de las rocas en que se han desarrollado. Las formaciones cretáceo-jurásicas dan pliegues comúnmente concéntricos, debido a la naturaleza maciza de las cuarcitas de la Formación Chimú (ver foto 3.2); sin embargo, las arcillitas, calizas y areniscas de las formaciones Santa y Carhuaz, y arcillitas de la Formación Chicama tienden a producir pliegues disarmónicos. Los plegamientos tienen una orientación preferencia de NO-SE, con algunas inflexiones que no varían su rumbo general (ver fotos 3.3 y 3.4).

Los sobrescurrimientos principales se presentan en una faja estrecha adyacente a la unidad imbricada, donde el buzamiento aumenta en profundidad. Generalmente, se yuxtaponen facies de cuenca del Jurásico superior y cretácicas con las calizas imbricadas del Cretácico, produciendo un desplazamiento horizontal.

UNIDAD IMBRICADA

Se prolonga desde las cercanías de Sitabamba hacia el SE como una faja estrecha, que incluye algunos pliegues en calizas del Cretáceo superior,que buzan al SO; comúnmente se localizan sobrescurrimientos dentro de la estratificación, asociados con las margas y calizas. El límite nororiental está bien marcado y consiste de grandes fallas que se yuxtaponen a la unidad de pliegues y sobrescurrimientos, compuestas de sedimentos de cuencas, y a la unidad imbricada, que consiste en su mayoría de sedimentos de plataforma (ver foto 3.5).

Es importante notar que los estratos sobreescurridos originalmente se ubicaban más al norte de sus límites actuales, pero han sido

Foto 3.1 Sinclinal sobre el río Rúpac-Uchubamba (vista mirando al SE).

Foto 3.2 Pliegue anticlinal cilíndrico en areniscas cuarzosas de la Formación Chimú, cerca al Hacienda Chuspi, Umbe (vista mirando al NE).

Foto 3.3 Pliegue anticlinal en areniscas de la FormaciónSanta-Carhuaz en la confluencia de la quebrada Huicha (a la derecha) y quebrada Ingenio (a la izquierda). Vista mirando al NO.

Foto 3.4 Pliegue en chevrón en areniscas grises y arcillitas de la Formación Chicama (parte inferior) y areniscas cuarzosas de la Formación Chimú (parte superior) sobre el río Yurma (vista mirando al NO).

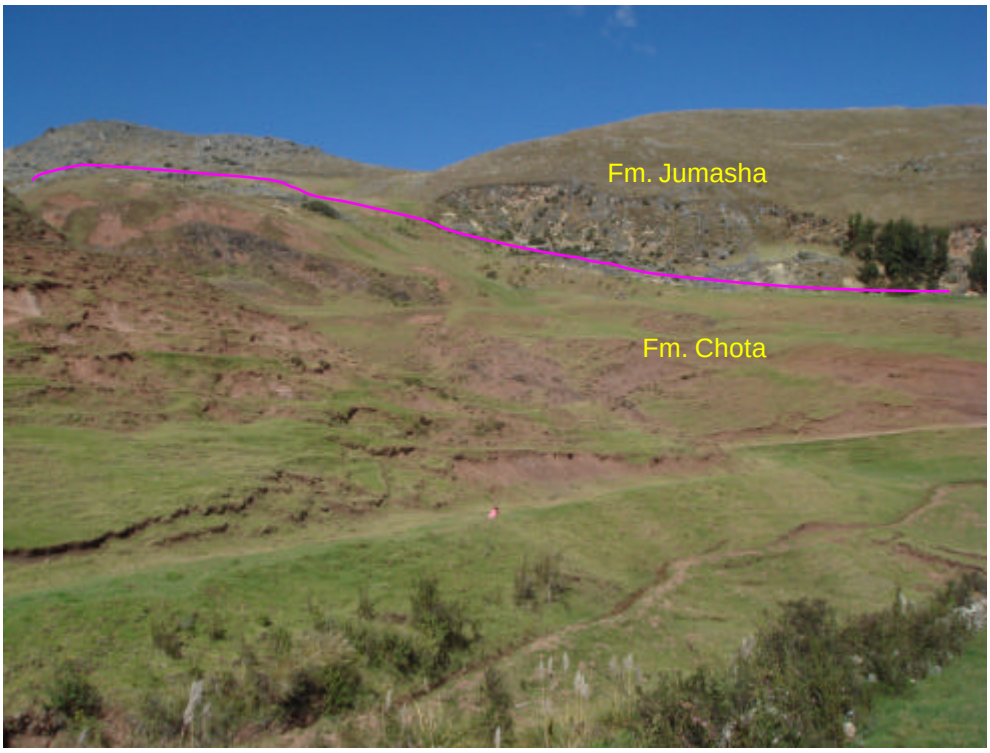


Foto 3.5 Ahijadero, mirando al sureste (Formación Chota infrayaciendo a Formación Jumasha por sobreescurrimiento).

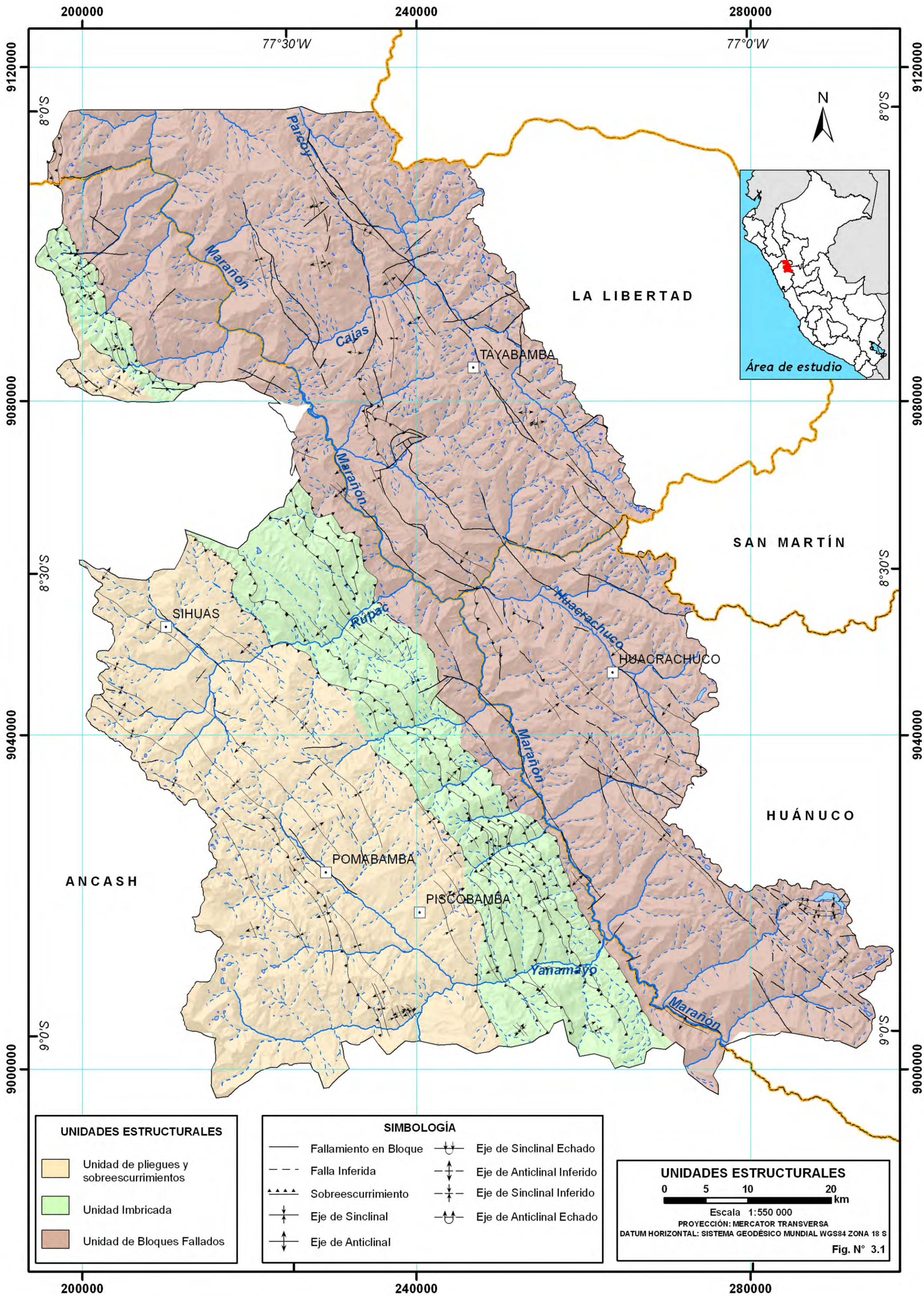
borradas por la erosión del valle del Marañón y por el tectonismo asociado a la unidad de bloques fallados. En el río Mayas alcanza un ancho de 4 a 5 km de estructuras sobreescurridas.

UNIDAD DE BLOQUES FALLADOS

Está caracterizada por movimientos predominantemente verticales de bloques del basamento a lo largo de fallas, alcanzando su desarrollo máximo en la Cordillera Oriental. Uno de los ejes principales de fallamiento de esta unidad corresponde al valle del Marañón, donde es común hallar el Complejo del Marañón en contacto fallado con las formaciones mesozoicas, en fallamiento inverso (ver figura 3.1).

Aunque la estructura general de los bloques es sencilla, con predominio de pliegues anchos y abiertos en rocas del Paleozoico superior y Mesozoico, es común encontrar pliegues y sobrescurrimientos en una faja angosta delante de las fallas grandes que limitan los bloques; ejemplos se observan en las cercanías de Taurija y Urpay (Tayabamba).

Los movimientos verticales del Paleógeno-Neógeno que dieron lugar a la unidad de bloques fallados aprovecharon las zonas de debilidad representadas por las fallas preexistentes. Casi todas las antiguas fallas normales se reactivaron como fallas inversas. El Plutón Pampa Hermosa presenta una discordancia cortante con el Complejo del Marañón, destacando los lineamientos en una dirección NO-SE que se prolongan hacia las hojas de Pomabamba; estos han controlado las deformaciones de las rocas del Complejo del Marañón (Allende, *op. cit.*).


200000
240000
280000
77°30'W
77°0'W
9120000
9080000
9040000
9000000
8°0'S
8°30'S
9°0'S
N
LA LIBERTAD
SAN MARTÍN
HUÁNUCO
ANCASH
TAYABAMBA
SIHUAS
HUACRACHUCO
POMABAMBA
PISCOBAMBA
Parcoy
Marañón
Cajas
Rúpac
Huacrachuco
Yanamayo
Área de estudio
UNIDADES ESTRUCTURALES
Unidad de pliegues y sobreescurrimientos
Unidad Imbricada
Unidad de Bloques Fallados
SIMBOLOGÍA
Fallamiento en Bloque
Falla Inferida
Sobreescurrimiento
Eje de Sinclinal
Eje de Anticlinal
Eje de Sinclinal Echado
Eje de Anticlinal Inferido
Eje de Sinclinal Inferido
Eje de Anticlinal Echado
UNIDADES ESTRUCTURALES
0 5 10 20 km
Escala 1:550 000
PROYECCIÓN: MERCATOR TRANSVERSA
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA 18 S
Fig. N° 3.1

PÁGINA EN BLANCO

CAPÍTULO IV
GEOLOGÍA ECONÓMICA

ASPECTOS METALOGENÉTICOS

De acuerdo al mapa metalogenético elaborado por INGEMMET (Quispe, *op. cit.*), y de acuerdo a las observaciones realizadas en el campo, en el área de trabajo se tienen cuatro franjas metalogenéticas: depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico; depósitos de Au en rocas metasedimentarias del Ordovícico y Silúro-Devónico; depósitos tipo Mississipi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno;pórfidos de Cu-Mo (Au), *skarns* de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados a intrusivos del Mioceno (ver figura 4.1).

Depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico

Esta franja se caracteriza por tener como basamento a las rocas polimetamórficas del Complejo del Marañón del Ordovícico inferior, con una cobertura menos deformada del Paleozoico inferior, afectados por intrusiones calcoalcalinas del Mississipiano (Wilson y Reyes, 1964). La mineralización está asociada a intrusiones del Batolitode Pataz (Mississipiano), que se emplazan siguiendo fracturas NNO-SSE, en rocas metamórficas ordovicianas del basamento.

La mineralización económica de oro ocurre en vetas de cuarzo, ricas en sulfuros (ver foto 4.1), ubicadas en las márgenes del batolito,con edades entre 314 y 312 Ma (Haeberlin *et al.*, 2002).

En esta franja se tienen importantes distritos mineros como La Lima, Pataz, Parcoy y Buldibuyo.

Buldibuyo (Au)

Se ubica en las nacientes del riachuelo del mismo nombre, afluente del Tayabamba. Políticamente está en el distrito de Buldibuyo, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.

En Buldibuyo se emplaza una gran intrusión granodiorítica terciaria, dentro de una formación sedimentaria mesozoica. Las rocas sedimentarias son calizas grises, que alcanzan una potencia superior a los 200 m; las más antiguas consisten en lutitas.

El yacimiento es de origen pirometasomático, es decir, está formado por fluidos termales emanados de las rocas intrusivas, a temperatura y presión elevada. Presenta una zona de oxidación que alcanza una profundidad de 40 m verticales.

Foto 4.1 Vetas de cuarzo en esquistos, a lo largo de quebrada Urpaycito.

Las vetas que se aprecian son fracturas irregulares de poca extensión, pues actualmente no superan los 600 m; la potencia varía de 0,5 a 3 m, y tiene un rumbo aproximado E-O, con un buzamiento entre los 15° y 35°.

El mineral primario más abundante es la pirita, también es la especie más rica en oro, pues se han sumado a ella los aportes de oro de las dos mineralizaciones. Sigue a esta el mispikel, la pirrotita y el oligisto,siendo la última la galena, que no tiene casi oro, pero sí plata (Broggi, 1981).

Parcoy (Au)

Conocido también como Consorcio Minero Horizonte, el yacimiento aurífero de Parcoy es un yacimiento importante de oro que se encuentra ubicado en la provincia de Pataz, en la zona sur centro del Batolito de Pataz.

Estratigráficamente, la roca más antigua está representada por el Complejo del Marañón, el que infrayace a pizarras del Ordovícico.

La mineralización es del Carbonífero superior-Pérmico inferior. La inyección del Batolito de Pataz se habría producido durante el tectonismo eohercínico, luego de lo cual fue afectado por fallamiento de rumbo andino y posterior mineralización aurífera en vetas. Como control litológico del oro es importante tener en cuenta la alteración hipógena en las cajas de las vetas; las mejores leyes están en zonas de propilitización en algunos casos, o en zonas de sericitización en otros (Tumialán, 2003).

El mineral se extrae de vetas de cuarzo y sulfuros, donde el oro, como principal metal económico, se encuentra rellenando fracturas en piritas o en los contactos galena-pirita o esfalerita-pirita (ver foto 4.2).

Marsa (Au)

Se encuentra ubicada en el distrito de Buldibuyo, en el departamento de La Libertad.

Geológicamente se disponen esquistos y fillitas al NE del Batolito Pataz-Buldibuyo (datado en 323 Ma). Al SO de dicho batolito afloran areniscas de la Formación Goyllarisquizga, calizas de la Formación Crisnejas y capas rojas de la Formación Chota. Las vetas se hallan emplazadas en rocas ígneas ácidas a intermedias.

La mineralogía no es compleja: en orden de abundancia, se tiene cuarzo lechoso, pirita de grano grueso sin oro, pirita de grano fino con oro, arsenopirita con oro en poca proporción, esporádicamente marmatita y galena relacionada con la mineralización de oro; en muy pequeña porción, se observan calcopirita y calcita, igualmente relacionadas a la mineralización de oro.

En cuanto a las alteraciones, la sericitación es la alteración hipógena más intensa, de manera subordinada se aprecia silicificación, argilización y cloritización. MARSA es considerado un yacimiento mesotermal, con una posibilidad de profundización mayor a 1000 m, con una serie de clavos discontinuos a lo largo del flujo (Tumialán, 2003), ver foto 4.3.

Depósitos de Au en rocas metasedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico

Esta franja se localiza a lo largo de la CordilleraOriental, desde el sur hasta el norte del Perú y está controlada tanto al este como al oestepor fallas inversas NO-SE.

El oro se hospeda en rocas del Ordovícico y Siluro-Devónico, en vetas y mantos de cuarzo, así como lentes con arsenopirita y pirrotita paralelas a la esquistosidad en rocas metasedimentarias del Paleozoico inferior y medio, donde destaca la Formación San José del Ordovícico al sur del Perú.

Los principales distritos y yacimientos conocidos en esta franja se ubican al sur del Perú (Ananea, Rinconada y otros), aunque el potencial económico que muestra el Complejo Marañón, explica la importancia de la zona para fines prospectivos.

Satata Icuro (Cu)

El yacimiento se encuentra ubicado en la Cordillera Oriental del norte del Perú, aproximadamente a 7 km de la ciudad de Tayabamba. Políticamente se halla en el distrito de Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, a una altitud comprendida entre los 3 700 y 4 200 msnm.

La mineralización del yacimiento está constituida por oro y sulfuros diseminados, así como en venillas lenticulares, en vetas y en cuerpos irregulares de cuarzo. Se ha definido una zona de óxidos de hierro con oro libre. Entre las rocas hospedantes, se tiene esquistos y metavolcánicos del Complejo Marañón, riolitas, dacitas, riodacitas y diques de andesitas de la Formación Lavasén. Todas estas rocas se encuentran afectadas por alteraciones tales como silicificación, cloritización, propilitización y seritización.

Las direcciones del buzamiento de las fallas presentan dos sistemas predominantes: uno hacia el NE y el otro hacia el SE. Mientras que las orientaciones predominantes son NE-SO y NO-SE, para el caso de las vetas presentan un buzamiento SO y orientaciones como N-S, NO-SE, E-O y NE-SO; finalmente, para el caso de los diques, los buzamientos predominantes son NE, SE y SO y sus orientaciones principales son NO-SE, NE-SO y E-O.
Se han podido reconocer dos tipos de mineralizaciones metamórficas. Dentro de la mineralización metamórfica, existen lentes y venas de cuarzo, rítmicas de óxidos de hierro intercaladas con sulfuros y oro, diseminación de pirita y pirrotita. Para el caso de la mineralización hidrotermal, existen mantos que contienen diseminación de pirita inalterada y transformada a hematita, arsenopirita en granos irregulares, y pirrotita diseminada rellenando fracturas milimétricas. El oro pepitizado se encuentra entre las microfracturas de la pirita oxidada y rellenando oquedades de cuarzo lixiviado.También se observó oro diseminado en la pasta silícea masiva, en *stockwork* y en los granos irregulares de calcopirita. Dentro de los cuerpos silíceos ocurre malaquita, trazas de azurita, galena, microfracturas tardías rellenas de cuarzo con trazas de esfalerita y pirita diseminada.

Según los resultados geoquímicos de las trincheras, existen dos anomalías geoquímicas de oro importantes: la primera es de 0,156

Foto 4.2. Parcoy, falla que controla la mineralización.

Foto 4.3. MARSA, trabajos de explotación.

ppm, de 8 ha en el lado norte, y otra de 1 ppm de 3 ha en el lado sur, ubicadas en el cerro Icuro. De acuerdo con el análisis estadístico de 1320 muestras de roca, el *threshold* de Au es de 2,184 ppm y su *background* de 0,156 ppm evidencia un potencial yacimiento aurífero (Vicharra, 2004).

Depósitos tipo Mississipi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno

Las rocas huéspedes de la mineralización de Pb-Zn están constituidas por secuencias carbonatadas del Grupo Pucará (Noriano-Pliensbachiano), que sobreyacen en discordancia al Grupo Mitu (del Permo-Triásico) e infrayacen a la Formación Goyllarisquizga del Cretáceo inferior. Esta franja está controlada por el sistema de fallas NO-SE Satipo-Pangoa-San Francisco y cabalgamientos que ponen en contacto la Cordillera Oriental sobre la zona subandina.

Los depósitos más representativos son Bongará, al norte, y San Vicente, al centro del país. La edad de mineralización de estos depósitos se asume como eocena o miocena, relacionada con las épocas de mayor deformación que afectaron a esta zona, durante la evolución andina.

Acotambo (Cu)

El yacimiento se ubica a 28 km al S50°E de la localidad de Huacrachuco. En la zona afloran rocas calcáreas del Triásico superior, pertenecientes al Grupo Pucará. Estructuralmente, el área pertenece a una provincia de bloques limitados por fallas de tipo inverso, de rumbo NO-SE, con fuertes buzamientos y desplazamientos verticales.

La mineralización se encuentra en lentes dentro de mantos.Los minerales son de mena calcopirita, calcocita, covelita y,en menor proporción, marcasita y pirita. Los minerales secundarios son la azurita, malaquita y sulfuros secundarios de cobre (covelita y/o calcocita).

La mineralización está asociada con brechas intraformacionales en calizas dolomíticas. Los mantos mineralizados ocurren en una distancia vertical de solo 20 m y la mineralización está distribuida en lentes de pequeñas dimensiones.La potencia de las brechas varía entre 0,9 y 4,5 m, aunque la mineralización solo se ha encontrado hasta en 2,5 m de profundidad y en lentes de 20x100 m (Wilson *et al.*, 1995).

Pórfidos de Cu-Mo (Au), *skarns* de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno

Regionalmente, esta franja está limitada al este por el sistema de fallas Marañón (NO-SE). Los depósitos de pórfidos de Cu y *skarns* relacionados están ligados a intrusivos ácidos calcoalcalinos.

La mineralización de esta franja se debe a tres eventos magmáticos (Quispe *et al.*, 2008):

- El primero, de 22-20 Ma, se asocia con los depósitos tipo pórfido de Cu-Mo de Michiquillay y Aurora Patricia.
- El segundo, de 18-13 Ma, que dio lugar a pórfidos de Cu-Mo (Galeno, Cañariaco, la Granja, Parón y Magistral) y Cu-Au (Perol-Chailhuagon, cerro Corona). Algunos cuerpos intrusivos han formado *skarns* y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag en rocas carbonatadas cretácicas (Iscaycruz).
- El tercero, de 10-5 Ma, desarrolló pórfidos de Cu-Mo (Au) en la frontera norte (río Blanco) y al sur (Puy Puy, Toromocho). Estos intrusivos, al entrar en contacto con rocas carbonatadas cretáceas, dan lugar a *skarns* y cuerpos de reemplazamiento de Cu-Zn y Pb-Zn-Ag (Antamina, Huanzalá, Raura, entre otros).

En la zona de trabajo destacan los yacimientos El Águila, Pasacancha, La Estrella, El Gigante, entre otros.

El Águila (Cu-Mo)

La mina Águila está situada en el departamento de Áncash, en la provincia de Sihuas, en el distrito de Pasacancha, a 3980 msnm, en las estribaciones nororientales de la CordilleraOriental.

Las rocas que afloran en la mayor parte son lutitas, areniscas, cuarcitas del Jurásico superior y del Cretácico inferior, incluyendo las formaciones Chicama y Chimú. El intrusivo más común es una monzonita cuarcífera de color gris a blanco, pórfido granodiorítico, pórfido diorítico, pórfido cuarcífero, entre otros.

La mineralización se presenta bajo diferentes formas: diseminada en cuerpos intrusivos, en vetas que cortan tanto a los cuerpos intrusivos como a las formaciones sedimentarias, y como rellenos de fracturas y diaclasas. La mineralización está relacionada genéticamente al emplazamiento de los diferentes *stocks*, siendo los principales minerales la calcopirita, pirita y molibdenita, con pequeñas cantidades de pirrotita y bornita (Wilson *et al.*, 1995).

A grandes rasgos, se han distinguido dos zonas de mineralización en base a la distribución de minerales y al tipo de alteración hidrotermal que afecta a las rocas (Bosc, 1941):

- zona central, la cual está caracterizada por una mineralización predominante de tipo diseminada de calcopirita con trazas de bornita, pirita y pirrotita, asociada a una alteración potásica definida por la presencia constante de biotita y feldespato potásico secundario;
- zona periférica, que se encuentra redondeando a la zona central y en la que afloran diques y *stocks*, parte de los cuales contienen una mineralización diseminada de pirita y calcopirita.

La alteración está caracterizada por la presencia de biotita y feldespato potásico secundario.

Pasacancha (Ag-Pb-Zn)

Esta mina se encuentra ubicada en el distrito minero de Corongo, provincia de Pomabamba, departamento de Áncash.

La zona Pasacancha se encuentra a dos kilómetros al oeste del Águila.Se interpreta como una zonación lateral de mineralización de plata-plomo-zinc, y está relacionada genéticamente al emplazamiento del sistema principal de pórfido de cobre-molibdeno (Duran Ventures Inc., 2010).

Las rocas predominantes consisten en pizarras y cuarcitas, las cuales se presentan muy plegadas y fracturadas. Las pizarras son del Jurásico superior, mientras que las cuarcitas son del Cretácico inferior. Como roca intrusiva se tiene a la granodiorita de textura porfirítica, y más hacia el norte ocurren derrames volcánicos andesíticos.

La mineralización no es intensa:destacan los minerales primarios como galena argentífera, blenda, plata y cobre, calcopirita, pirita, pirrotita y arsenopirita, teniendo como secundario ala calcocita.

Resultado de las perforaciones realizadas en noviembre del 2007, seaprecianleyes de 0,03 g Au/t, 1,77 g Ag/t, 268 ppm Cu, 218 ppm Pb, y 618 ppm Z. Durante los meses de agosto a octubre del 2008, también se realizaron dos campañas de perforación y se obtuvieronlos siguientes resultados: 0,02 g Au/t; 0,65 g Ag/t; 74,8 ppm Cu; 85,2 ppm Pb y 324,2 ppm Zn; mientras que en la última fase de perforación se obtiene 0,03 g Au/t; 10,1 g Ag/t; 359,8 ppm Cu; 1037,7 ppm Pb y 204,3 ppm Zn.

La Estrella (Au-Ag-Cu)

Esta mina se encuentra a 2,5 km al este del pueblo de Huaylillas, provincia de Pataz, departamento de Áncash, a 3500 msnm, a los 77°20´43" de longitud oeste y 8°08´50" de latitud sur.

La roca plutónica es un batolito, cuya composición varía de una granodiorita a una diorita. La rocas sedimentarias superyacentes consisten de calcáreos margosos.

La zona principal de la mineralización se ha desarrollado en las rocas calcáreas, limitadas al norte por una intrusión granítica más antigua.

La mineralización se presenta en o*re bodies* de dimensiones limitadas. Los o*re bodies* de mayores dimensiones se encuentran en el contacto entre los calcáreos marmolizados y los silicatos de metamorfismo. La mineralización está constituida por los siguientes minerales: pirrotita, pirita, cobaltita, esmaltita, oligisto,y en menor porcentaje de calcopirita. La pirrotita forma casi el 90% de los sulfuros, siendo la que lleva las leyes más altas de oro, mientras que la pirita se encuentra en pequeñas cantidades, teniendo también ley de oro, entre los 6 y 8 gr/t de este elemento (Caro, 1946).

El Gigante (Au)

Se ubica en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, a los 77°28´20" de longitud oeste y a los 08°01´15" de latitud sur.

Es un yacimiento de tipo filoniano que está emplazado en rocas intrusivas del Batolito de Pataz, esquistos, filitas, pizarras y metavolcánicos del Complejo del Marañón.

El Gigante está constituido por filones de cuarzo con concentraciones lenticulares de sulfuros, principalmente pirita y contenidos de oro libre. El área se encuentra intensamente fracturada.Se han determinado tres sistemas principales de fracturamiento:

- sistema de fallamiento NO-SE, al que está relacionada la mineralización;
- sistema de fallamiento NE-SO, posterior a la mineralización;
- sistema de fallamiento E-O, probablemente relacionado premineralización.

Las longitudes de las vetas son variables, alcanzan hasta kilómetros de longitud. La alteración hidrotermal que presenta es la sericitación pervasiva, cloritización, carbonatización y piritización en las rocas caja. Se han distinguido dos etapas de mineralización: la primera está compuesta por cuarzo lechoso, pirita, arsenopirita y ankerita; lasegunda, siguiendo una etapa de fracturamiento, contiene cuarzo microgranular azúl grisáceo, galena, esfalerita, calcopirita, sulfosales de antimonio y oro nativo, y es recortado por un evento posterior con venillas de calcita, dolomita y cuarzo. Se ha determinado una asociación metálica de Au, Ag, As, Fe, Pb, Zn, Cu, Sb, Bi, Te,O.

Se estima que las reservas deben bordear los 10 Mt con 10-13 g/TM Au. El relave de flotación tiene una ley promedio de 0,5 g/TM Au, siendo la recuperación, en el proceso de concentración gravimétrica/flotación, superior al 97% (INGEMMET, 2001).

Jancapampa (Ag-Pb)

Se ubica en el paraje de Jancapampa, distrito y provincia de Pomabamba, departamento de Áncash, a una altitud media de 4200 m.s.n.m.

En el área de la mina, se observan calizas silicificadas de color gris oscuro con rumbo N65O y con buzamiento 86 NE; concordante a los estratos calcáreos, se encuentra una estructura mineralizada con un espesor de 0,35 m. La mineralización consiste en chispas de galena, ganga de pirita diseminada y abundante óxido de hierro.

Wicrococha (Ag-Pb-Zn)

Se ubica en el paraje de Wicrococha, en el distrito de Lucma, provincia Mariscal Cáceres, departamento de Áncash, a una cota de 4500 msnm.

En el área de Wicrococha, aflora un intrusivo granodiorítico y cuarcitas. Dentro de la cuarcita y concordante a los estratos, se emplaza una estructura mineralizada. La mineralización consiste de galena de grano fino, esfalerita, abundante pirita y limonita. (Mansueto, 1979).

Prospecto Huamanya (Au-Ag)

El prospecto de Huamanya, se ubica a 4 km al sur del pueblo de Lacabamba, en la hoja de Pallasca, región de Áncash, a una altura de 4200 msnm.

Se trata de un *stock* intrusivo de 800 a 900 m de diámetro, de composición dacítica, el cual se encuentra argilizado parcialmente y con presencia de sericita, cuya característica principal es la presencia de fenocristales de biotita.

Dentro del intrusivo existen vetas delgadas de cuarzo de dos tipos. El primero está ubicado al NE, en el contacto del intrusivo con las rocas sedimentarias de la Formación Oyón. Aquí, por lo menos, existen 12 vetas que aparecen muy silicificadas, con afloramientos de cuarzo y coloraciones de manganeso. Presenta valores de oro y plata (ver foto 4.4).

Las estructuras son continuas y podrían tener longitudes alrededor de los 700 m.Lo que hace a este proyecto interesante son sus leyes altas en oro. Los valores de oro en este prospecto alcanzan hasta los 58 gr/t, y las de plata hasta 41 gr/t (Compañía Minera Áncash Perú S.A., 2010b).

Prospecto La Paccha (Au-Ag)

Se ubica a unos 7 km al sur del pueblo de Lacabamba, provincia de Pallasca, departamento de Áncash,a una altura de 4300 msnm.

El depósito está constituido por un stock hipabisal de dacita porfirítica con fenocristales de plagioclasa y biotita. La mineralización es molibdenita y calcopirita, finamente diseminadas dentro del intrusivo. El intrusivo está emplazado en las areniscas negras y en las lutitas de la Formación Oyón, que sobreyacen a las lutitas grises de la Formación Chicama e infrayace a las cuarcitas blancas de la Formación Chimú (ver foto 4.5, tomada de Compañia Minera Áncash Perú S.A).

La estructura mayor es un monoclinal conformado por las rocas sedimentarias de edad del Jurásico-Cretácico (Mesozoico); estos es, las formaciones Chicama, Oyón, Chimú y Santa. El monoclinal tiene un rumbo NS con buzamiento entre los 25° y 35° E, presentando fallas de sobreescurrimiento casi concordante.

Las dimensiones del pórfido son de 800 x 1300 m. Las alteraciones presentes son fuertes como la silicificación, piritización moderada y sericitización en cantidades moderadas. La alteración potásica estaría representada por ortosa hidrotermal presente en la parte central del pórfido en cantidades muy abundantes.

Los valores de mineral de Molibdeno van hasta 5100 ppm; de cobre, hasta 4600 ppm; de oro, hasta 15 gr/t; y de plata, hasta 29 gr/t (Compañía Minera Áncash Perú S. A.).

Prospecto Basílica de la Virgen (Au)

A solo 1 km del sur del pueblo de Lacabamba, provincia de Pallasca, departamento de Áncash, se encuentra el prospecto La Basílica de la Virgen. Está constituido por rocas intrusivas de composición granodiorítica. Una amplia zona de este proyecto está cubierta por rocas sedimentarias, que son parte de las formaciones Chicama y Chimú.

El proyecto está compuesto por vetas y mantos que se encuentran entrelazadas y se intersectan formando en conjunto un cuerpo mineralizado. La mineralización se aloja en rocas ígneas porfídicas con alteración hidrotermal. Los contenidos en las vetas o mantos varían desde trazas hasta los 30 gr/tn de oro. La zona de interés tiene un área de 200 m x 600 m. Existe un socavón de aproximadamente 78 m de largo con valores de oro hasta los 29 gr/t (Compañía Minera Áncash Perú S.A., 2010a).

Prospecto Choloque (Ag-Cu-Au)

Este prospecto se ubica a 6 km al sur del pueblo de Conchucos, provincia de Pallasca, departamento de Áncash.

En el área se observan contactos fallados, rellenados por brechas de contacto y brechas hidrotermales formadas por la migración de los fluidos mineralizados que aprovecharon debilidades estructurales. Estas brechas están cruzadas por vetillas de cuarzo con óxidos y/o sulfuros. Las rocas sedimentarias pertenecen a la Formación Chicama del Jurásico y a la Formación Chimú del Cretáceo medio, mientras que las rocas intrusivas pertenecen al Batolito de la Costa del Terciario.

También se observa un contacto entre el *stock* porfirítico, el cual está formado por granodioritas, y brechas hidrotermales.

La zona muestra un potencial minero con un área de 200 x 2,000 m. Se aprecian posibilidades de ser una gran mina polimetálica de Ag-Au-Cu-Pb. Las muestras de plata pasan los 500 gr/t, las de oro alcanzan 3 gr/t, las de cobre alcanza el 1% y finalmente las de plomo que también alcanzan el 1% (Compañía Minera Áncash Perú S.A., 2010c).

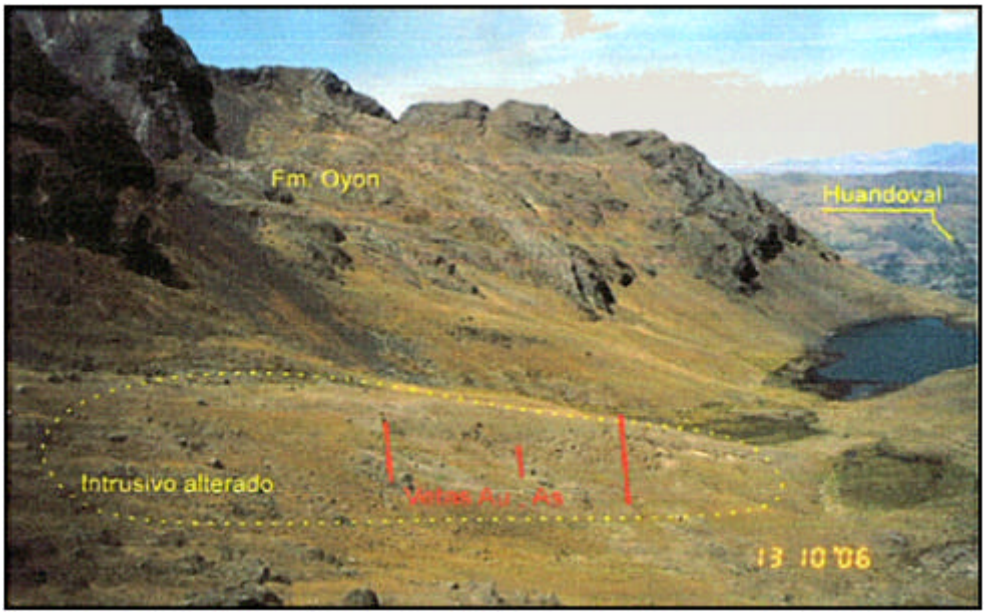


Foto 4.4 Vetas de cuarzo con pirita y arsenopirita.

Foto 4.5 Pórfido de Cu-Mo.

PÁGINA EN BLANCO

200000
240000
280000
77°30'W
77°0'W
9120000
9080000
9040000
9000000
8°0'S
8°30'S
9°0'S
N
Cobre Buldibuyo (Pb, Zn, Au)
Cobre Parcoy (Cu, Ag)
Retamas (Au)
Parcoy (Au)
Santa Mónica (Au)
Lastenia (Au)
Laguna Negra (Au)
Gigante (Au)
Don Eusebio (Ag, Pb, Zn)
Huiro-Huiro (Au)
Siberia (Ag, Au, Pb)
Flor II (Au, Pb, Zn)
La Rangra (Au)
José Emilio (Cu, Ag)
La Paccha (Au, Ag)
Sol Naciente (Cu)
La Estrella (Au)
Parlwachu (Au)
La Estrella (Au, Ag, Cu)
LA LIBERTAD
Aurelio (Pb, W)
Cobre 2 (Au, Cu)
Cajas
San Juan (Ag, Pb, Cu)
Catarina (Au)
TAYABAMBA
Satata Icuro (Au, Ag, Cu)
Tomac (Au, Cu, Ag)
Pomacocha (Au, Ag, Pb)
Marañón
Parcoy
Área de estudio
SAN MARTÍN
Rupac
Huacrachuco
El Diamante (C)
Pueblo IV (Pb, Zn, Ag)
SIHUAS
Aguila (Cu, Mo)
HUACRACHUCO
San Juan (Ag, Pb, Zn)
Fray Martín (Cu)
Pasacancha (Ag-Pb)
Santa Rosa (Cu)
La Poderosa (Au, Ag, Pb)
Acotambo (Cu)
El Milagro (Ag, Pb, Zn)
HUÁNUCO
La Esperanza (Ag, Pb, Cu)
POMABAMBA
ANCASH
PISCOBAMBA
Jancapampa (Ag, Pb)
Tumpa (Au)
Senobia (Ag, Pb, Cu)
Yanamayo
Wicrococha (Ag, Pb, Zn)
San Martín (Ag, Pb, Zn)
Monica (Ag, Pb, Zn)
FRANJAS METALOGENÉTICAS
I Depósitos de Au en rocas metasedimentarias del Ordovicico y Silúrico - Devónico
II Depósitos Orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico
XVI Depósitos tipo Mississipi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno
XX Pórfidos de Cu-Mo-Au, Skarns de Pb-Zn-Cu-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno
No definida
Fuente: Modificado de Mapa Metalogenético - 2009
LEYENDA
Mina
Prospecto
Ocurrencia
UNIDADES METALOGENÉTICAS
0 5 10 20 km
Escala 1:550 000
PROYECCIÓN: MERCATOR TRANSVERSA
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA 18 S
Fig. N° 4.1.

PÁGINA EN BLANCO

CAPÍTULO V
PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

Con el fin de determinar los niveles de fondo y umbrales geoquímicos a partir de la recolección de sedimentos de corriente en las cuencas de la vertiente atlántica, se llevaron a cabo trabajos de campo y gabinete entre los meses de abril y noviembre del año 2008.

La densidad y sistemática del muestreo es la misma que se viene desarrollando en trabajos de esta naturaleza, esto es, 1/10 km^2.

Se recolectaron 619 muestras de sedimento -30 *mesh*, además de la información recabada en cada lugar de muestreo (mapa MAF-GE9-08-01), relativa a la ubicación, entorno geográfico y geología. Las muestras tamizadas a malla 200 han sido analizadas por ICP-MS, previa digestión de agua regia y por ensayo al fuego-absorción atómica. El QA/QC consiste en la inserción de muestras duplicadas, estándares y blancos cada 30 muestras recolectadas.

Con la finalidad de realizar el tratamiento estadístico de los datos analíticos, se ha visto por conveniente agrupar las unidades geológicas según sucarácter litológico, como la edad de la principal fuente aportante de sedimento en cada lugar de muestreo. Es así que se han conformado seis grupos geológicos generalizados: Complejodel Marañón, sedimentarios del Paleozoico superior, sedimentarios triásicos-jurásicos, sedimentarios cretácicos, volcánicos paleógeno-neógenos y los intrusivos paleozoicos. Cada uno de los grupos es considerado como población estadística para efectos del procesamiento estadístico.

Además de determinar las áreas anómalas, mediante la estadística multivarial se definen las asociaciones geoquímicas que caracterizan a cada población estadística.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Con el instrumento multiparámetro HANNA fueron tomados datos del agua como pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos (TDS).

pH

El pH medido en cada lugar de muestreo indica que se trata de agua mayormente neutra a alcalina, salvo dos sectores donde el agua se caracteriza como ácida (ver figura 5.1):

- sector mina Águila, en el río Pasacancha el pH medido llega a 2,80, notándose clastos con fuerte oxidación de hierro y manganeso.
- sector Pomacocha, río Cajas, con pH inferior a 6,00, con predominio de exposiciones de esquistos del Complejo del Marañón, con moderada oxidación.

Conductividad eléctrica

En casi todos los lugares de muestreo, la CE no supera los 500 uS/cm, habiendo dos sectores donde el agua tiene una CE >2000 uS/cm, sin coincidir con aquellas donde el pH resultó bajo (ver figura 5.2):

- sector Palles, quebrada Maras, donde afloran rocas del Complejodel Marañón.El agua tiene una CE de 2638 uS/cm. Hay una moderada oxidación de Fe y Mn. Destacan los clastos de pizarra con moderada oxidación.
- sector Cruzpata, quebrada del mismo nombre, de escasa escorrentía, donde predominan lutitas como material clástico, las cuales presentan moderada oxidación debido a la presencia de pirita.

DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA

La dispersión secundaria de los elementos químicos (unos en mayor medida que otros), es reflejo del carácter litológico de la fuente de provisión de los sedimentos, tal como sucede con la asociación Cr-Ni-Mn-Co, en rocas ígneas ultrabásicas.Presenta una mayor distribución, de hasta en tres órdenes comparando con las de composición ácida. En cuanto a las rocas sedimentarias, la asociación geoquímica Ni-Cr-Co es mayor en arcillas, en tanto que en calizas es mayor la abundancia de Mn.

En lo referente a la asociación Zr, Nb, Pb, Sn, Sb, Ba, esta es más fuerte en las rocas básicas o ultrabásicas ígneas, así como en las arcillas, aunque el Zr presenta mayor abundancia en las areniscas.

En el caso de las tierras raras –como La, Ce, Nd, Eu, además de Hf, Ta, W, Th, U–, presentan mayor abundancia en las rocas ígneas ácidas. En cuanto a las rocas sedimentarias, los elementos

Th, U, Hg, Ta y La abundan más en las arcillitas;y el Ce, Nd, Eu y Hf, en las areniscas.

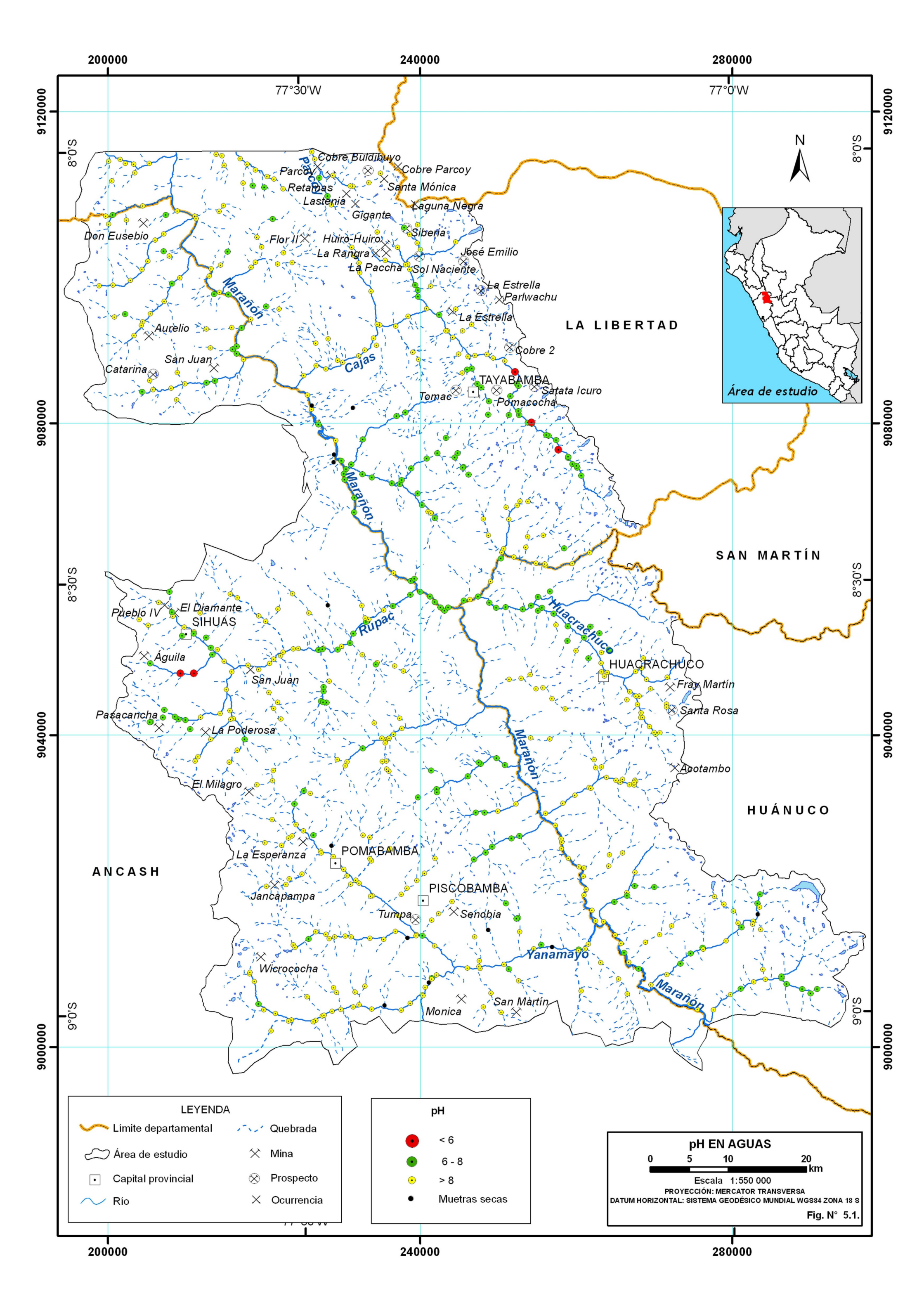
Por otro lado, en el anexo: tabla 5.1, se aprecia el comportamiento de algunos elementos químicos ante factores como pH, barreras geoquímicas y metales pesados asociados. Dependiendo del pH, el elemento tendrá una movilidad determinada, y si tenemos en cuenta que el pH del agua es mayormente neutro a alcalino, notaremos que elementos como el cobalto, cobre, molibdeno, níquel, plata, uranio y zinc varían su movilidad cuando se tienen condiciones de acidez. Otro factor importante que da lugar a la precipitación de óxidos de hierro y manganeso en las aguas superficiales es la oxidación al entrar en contacto con aguas superficiales ricas en oxígeno. Asimismo, la reducción por ácido sulfhídrico causa la precipitación de metales en forma de sulfuros. Otra barrera geoquímica típicamente exógena es la adsorción, que produce la precipitación de elementos traza de aguas superficiales.

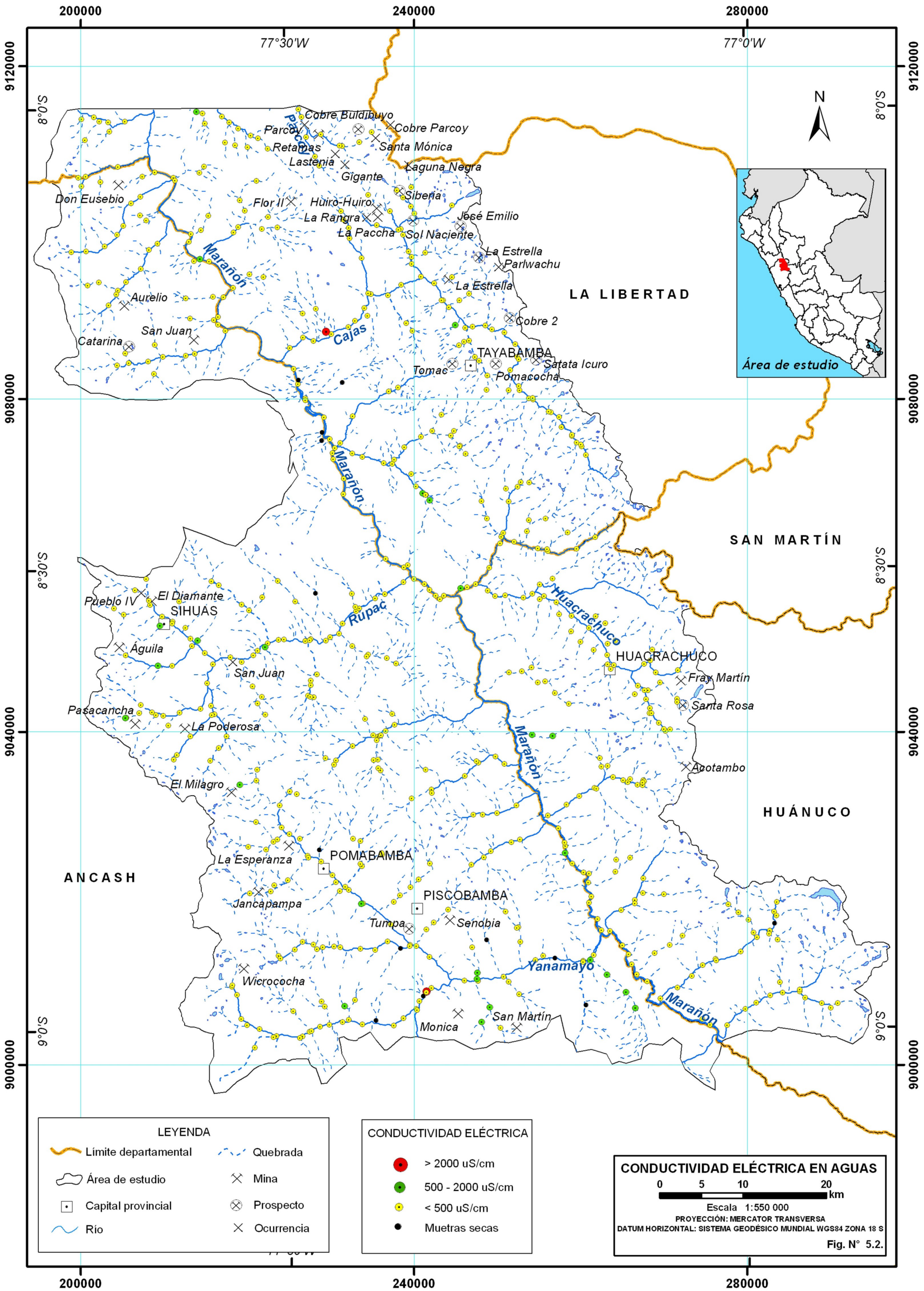
ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Del total de muestras estudiadas (619), se ha considerado para el procesamiento estadístico un total de 539, debido a que hay grupos de muestras muy heterogéneas en cuanto a sus litotipos predominantes. Dicha condición las excluye en la realización de una estadística representativa.En la tabla 5.1 se muestra la manera en que se han agrupado las unidades geológicas, considerando tanto el criterio litológico como cronológico. Se han determinado doce poblaciones estadísticas, las que han sido sometidas a tratamiento estadístico.

Tabla 5.1
Conformación de poblaciones estadísticas

N.º	Población estadística	Unidades geológicas	N.º de muestras
1	Intrusivos del Neógeno	Batolito de la Cordillera Blanca	6
2	Sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno	Formación Chota	44
3	Sedimentarios carbonatados del Cretáceo	Fmormación Jumasha-Celendín, Formación Pariahuanca-Chúlec-Pariatambo, Formación Crisnejas	35
4	Sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior	Formación Chimú, Formación Santa, Formación Carhuaz, Formación Farrat	79
5	Sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior	Formación Chicama	41
6	Sedimentarios pelíticos del Jurásico superior	Formación Chicama	68
7	Sedimentarios carbonatados del Triásico superior	Grupo Pucará	6
8	Sedimentarios silicoclásticos del Pérmico superior	Grupo Mitu	18
9	Sedimentarios silicoclásticos y pelíticos del Carbonífero inferior	Grupo Ambo	29
10	Intrusivos del Paleozoico inferior	Batolito de Pataz	15
11	Metamórficos del Neoproterozoico	Complejo Marañón	159
12	Intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior	Granito gneisificado	39
		Total de muestras procesadas	539


200000
240000
280000
77°30'W
77°0'W
9120000
9080000
9040000
9000000
8°0'S
8°30'S
9°0'S
N
LA LIBERTAD
SAN MARTÍN
HUÁNUCO
ANCASH
Área de estudio
Cobre Buldibuyo
Parcoy
Cobre Parcoy
Retamas
Santa Mónica
Lastenia
Laguna Negra
Gigante
Siberia
Don Eusebio
Flor II
Huiro-Huiro
La Rangra
José Emilio
La Paccha
Sol Naciente
La Estrella
Parlwachu
La Estrella
Aurelio
Cobre 2
San Juan
Catarina
TAYABAMBA
Satata Icuro
Tomac
Pomacocha
Marañón
Cajas
Rupac
Huacrachuco
Pueblo IV
El Diamante
SIHUAS
Águila
San Juan
HUACRACHUCO
Fray Martín
Santa Rosa
Pasacancha
La Poderosa
Acotambo
El Milagro
La Esperanza
POMABAMBA
Jancapampa
PISCOBAMBA
Tumpa
Senobia
Yanamayo
Wicrococha
Monica
San Martín
LEYENDA
Límite departamental
Área de estudio
Capital provincial
Río
Quebrada
Mina
Prospecto
Ocurrencia
pH
< 6
6 - 8
> 8
Muetras secas
pH EN AGUAS
0 5 10 20 km
Escala 1:550 000
PROYECCIÓN: MERCATOR TRANSVERSA
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA 18 S
Fig. N° 5.1.


200000
240000
280000
77°30'W
77°0'W
9120000
9080000
9040000
9000000
8°0'S
8°30'S
9°0'S
N
LA LIBERTAD
SAN MARTÍN
HUÁNUCO
ANCASH
Área de estudio
Cobre Buldibuyo
Parcoy
Cobre Parcoy
Retamas
Santa Mónica
Lastenia
Laguna Negra
Gigante
Siberia
Don Eusebio
Flor II
Huiro-Huiro
La Rangra
José Emilio
La Paccha
Sol Naciente
La Estrella
Parlwachu
La Estrella
Aurelio
Cobre 2
San Juan
Catarina
TAYABAMBA
Satata Icuro
Tomac
Pomacocha
Marañón
Cajas
Pueblo IV
El Diamante
SIHUAS
Rupac
Huacrachuco
Águila
HUACRACHUCO
San Juan
Fray Martín
Santa Rosa
Pasacancha
La Poderosa
Acotambo
El Milagro
La Esperanza
POMABAMBA
Jancapampa
PISCOBAMBA
Tumpa
Senobia
Yanamayo
Wicrococha
Monica
San Martín
LEYENDA
Límite departamental
Área de estudio
Capital provincial
Río
Quebrada
Mina
Prospecto
Ocurrencia
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
> 2000 uS/cm
500 - 2000 uS/cm
< 500 uS/cm
Muetras secas
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUAS
0 5 10 20 km
Escala 1:550 000
PROYECCIÓN: MERCATOR TRANSVERSA
DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA 18 S
Fig. N° 5.2.

PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN

Es así que de acuerdo al tipo de distribución que tenga cada elemento, se ha procedido a calcular o estimar un valor de fondo y un umbral geoquímico, haciendo la salvedad que en algunos casos hay poblaciones conformadas con apenas seis muestras, en cuyo caso dichos valores deben ser tomados de manera referencial.

Se han procesado estadísticamente 53 elementos químicos; las muestras han sido agrupadas en doce poblaciones estadísticas.En primer lugar, se han identificado las asociaciones que caracterizan cada una de estas para luego proceder a desarrollar la estadística univarial, con el fin de determinar los valores de fondo (*backgrounds*) y umbrales geoquímicos (*thresholds*) en cada población de datos. De esta manera, nos ocupamos no solamente del oro y metales base, sino también de otros elementos traza asociados a estos.

De acuerdo al análisis estadístico, se ha considerado efectuar el tratamiento a los siguientes elementos químicos: Sb, As, Bi, Cd, Ce, Co, Cu, Cr, Sc, Sn, Sr, P, In, Li, Mn, Hg, Mo, Nb, Ni, Au, Ag, Pb, U, V, W, Zn. Esto considerando a los elementos de interés en la actualidad, así como a otros traza asociados a estos.

Valores de fondo (*background*) y umbrales (*threshold*) geoquímicos

Prosiguiendo con la sistemática de anteriores años, se considera como valor de fondo o *background* a la medida geométrica calculada; mientras que el umbral o *threshold* es calculado a partir de la fórmula:

threshold= media geom. + 2 desv. estándar

En el caso de poblaciones estadísticas con cantidades de muestras suficientes para el procesamiento de datos paramétrico,la mayoría de elementos presentan una distribución log-normal pero en otros casos, por la limitación del número de muestras o por tener una distribución errática, tanto los niveles de fondo como los umbrales son estimados tomando en cuenta los percentiles 50 y 95, respectivamente.

Se han elaborado mapas de anomalías geoquímicas en los que se tiene en cuenta el contraste de estas respecto a los umbrales determinados, teniendo de esta manera:

Anomalía débil:	1-2 veces el umbral
Anomalía moderada:	2-3 veces el umbral
Anomalía fuerte:	3-4 veces el umbral
Anomalía muy fuerte:	más de 4 veces el umbral

Dispersión del antimonio

Los niveles de fondo no muestran variaciones notables, fluctuando entre 0,48 ppm y 1,48 ppm. Los mayores umbrales corresponden a ambientes de intrusivos del Paleozoico inferior (57 ppm) y a sedimentarios carbonatados del Triásico superior (45 ppm).Por el contrario, los umbrales más bajos resultan en ambientes de sedimentarios silicoclásticos del Carbonífero inferior, del Jurásico superior y del Cretáceo inferior-Paleoceno, entre 1,35 ppm y 1,59 ppm (ver tabla 5.2).

Cabe señalar que, excepto el ambiente de intrusivos neógenos, en el resto de poblaciones ocurren valores anómalos dentro del rango de 50 y 60 ppm (ver figura 5.3).

Dispersión del arsénico

La abundancia del arsénico es bastante regular en las poblaciones estudiadas (con niveles de fondo que varían en el rango de 6 a 18 ppm), excepto la referida a los intrusivos del Paleozoico inferior (Batolito de Pataz), con un nivel de fondo de 97 ppm y un umbral estimado de 1627 ppm, por lo menos superior en ocho veces a los otros umbrales determinados; por otro lado, el umbral más bajo (22 ppm) corresponde al ambiente de intrusivos neógenos(ver tabla 5.3 y figura 5.4).

Tabla 5.2
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de antimonio en las doce poblaciones

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Sb	1,00	0,65	0,63	0,48	0,55	0,83	0,92	0,8	0,73	1,48	0,7	1,03
Umbral geoquímico Sb	4,90	1,59	2,33	3,42	1,52	4,16	45,00	11,0	1,35	57,00	2,7	4,90

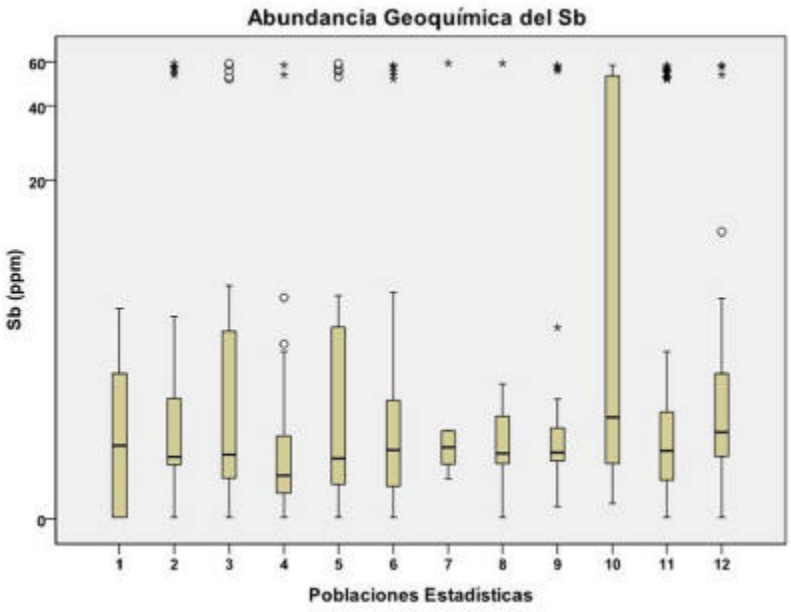


Figura 5.3 Box plot de antimonio en doce poblaciones estadísticas.

Tabla 5.3
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de arsénico en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo As	10	6	13	8	9	11	13	18	12	97	14	18
Umbral geoquímico As	28	29	27	29	30	29	22	98	25	1 627	64	81

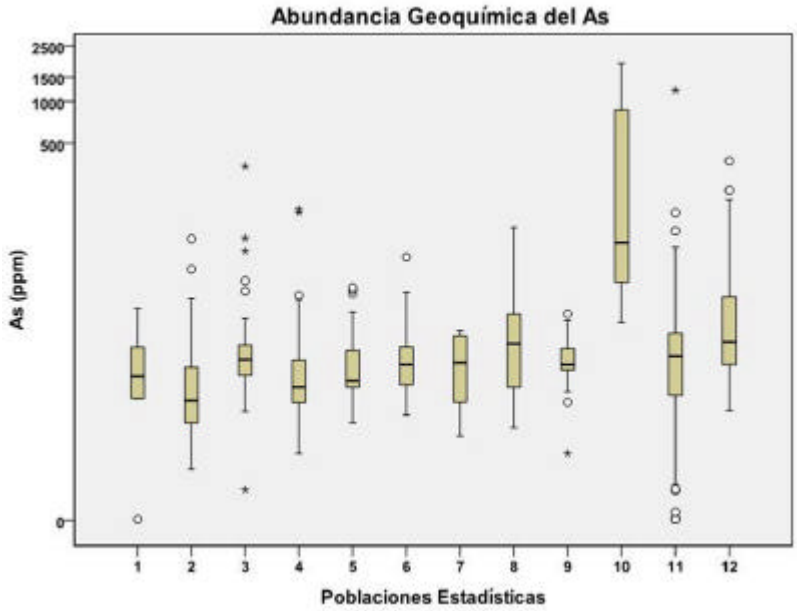


Figura 5.4 Box plot de arsénico en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del bismuto

Los niveles de fondo varían dentro de un rango de 0,15 y 0,85 ppm. Los umbrales son generalmente inferiores a 4ppm, salvo el caso de los sedimentarios silicoclásticos del Pérmico superior y de los intrusivos del Paleozoico inferior, con 54 ppm y 19 ppm, respectivamente; no obstante, la mayor proporción de valores anómalos ocurre en los metamórficos del Neoproterozoico(ver tabla 5.4 y figura 5.5).

Tabla 5.4
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de bismuto en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Bi	0,64	0,18	0,23	0,2	0,20	0,19	0,15	0,35	0,31	0,85	0,29	0,31
Umbral geoquímico Bi	1,09	0,33	0,92	0,8	0,32	0,70	3,94	54,00	1,00	19,00	0,82	1,06

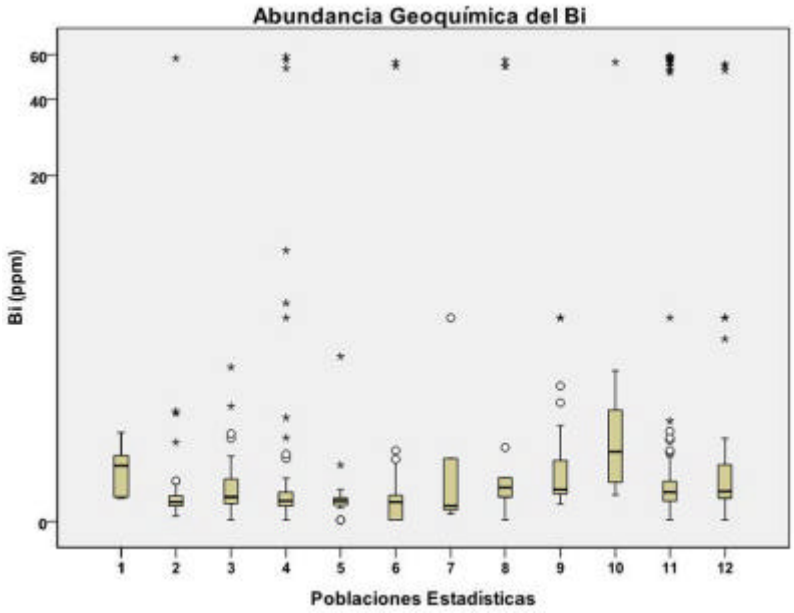


Figura 5.5 Box plot de bismuto en doce poblaciones estadísticas

Dispersión del cadmio

El mayor valor de fondo corresponde a los intrusivos del Paleozoico inferior, pero el máximo umbral es de los intrusivos del Neógeno. Al contrario, el menor valor de fondo y umbral resulta en los sedimentarios del Carbonífero inferior con 0,22 y 0,55 ppm, respectivamente (ver tabla 5.5 y figura 5.6).

Tabla 5.5
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cadmio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Cd	0,83	0,35	0,28	0,19	0,25	0,22	0,29	0,18	0,05	1,13	0,15	0,25
Umbral geoquímico Cd	55,00	0,88	0,78	1,10	0,73	0,55	0,43	1,04	0,18	4,00	0,59	0,76

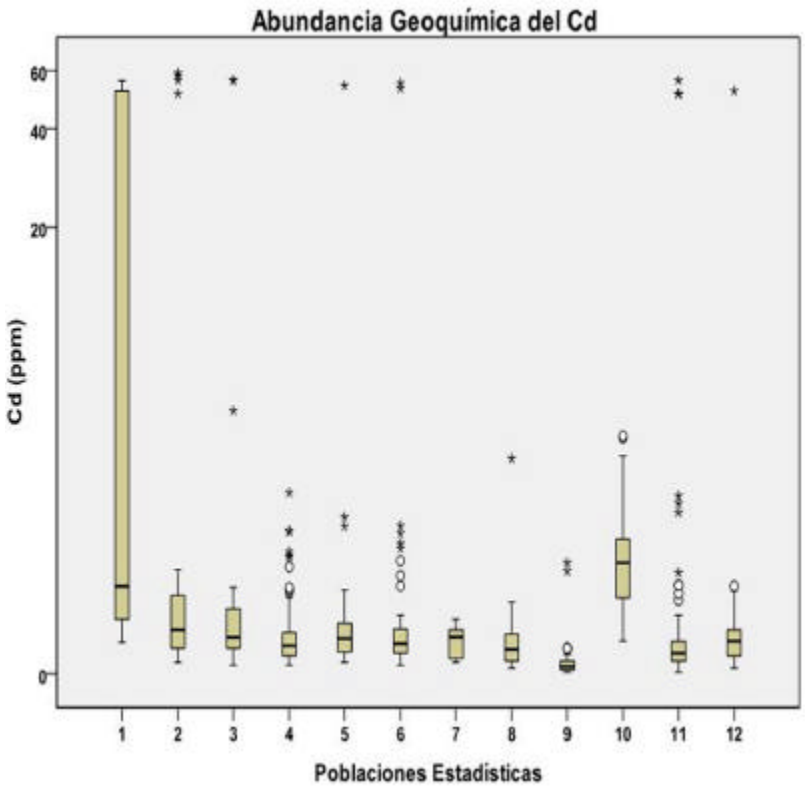


Figura 5.6 Box plot de cadmio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del cesio

Los mayores valores de fondo (7 ppm) y umbral geoquímico (21 ppm) corresponde a los intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior. Por otro lado, el menor valor de fondo recae en los intrusivos del Paleozoico inferior; y el umbral más bajo, en los sedimentarios carbonatados del Triásico superior(ver tabla 5.6 y figura 5.7).

Tabla 5.6
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cesio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Cs	4	1,82	2,1	2	2,5	3	1,92	3,27	2,62	1,56	3,64	7
Umbral geoquímico Cs	6	3,04	16,2	10	5,9	8	2,28	5,39	4,5	18	7,18	21

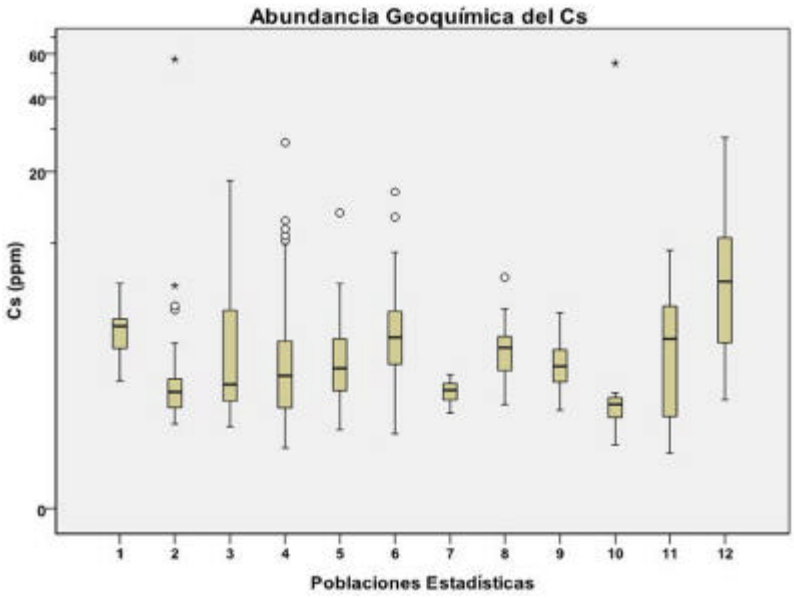


Figura 5.7 Box plot de cesio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del cobalto

La distribución de este elemento no se marca distintivamente para cada litotipo predominante, con valores de fondo entre 5 y 15 ppm. Destaca el mayor número de anomalías en el ambiente de sedimentarios pelíticos del Jurásico superior (ver tabla 5.7 y figura 5.8).

Tabla 5.7
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cobalto en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Co	5	8	10	12	13	14	7	14,6	14	11	15	10
Umbral geoquímico Co	23	11	14	19	17	26	12	33,9	22	25	26	21

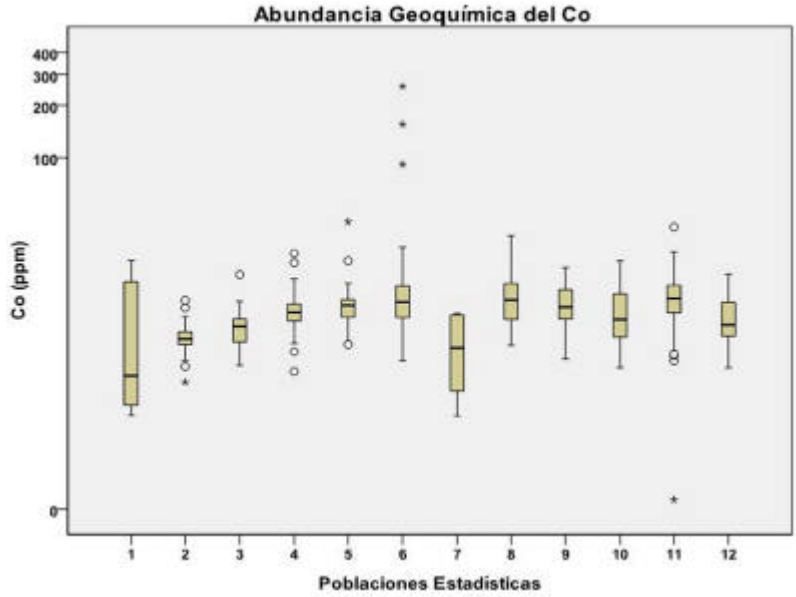


Figura 5.8 Box plot de cobalto en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del cobre

Tanto el valor de fondo como el umbral geoquímico son mayores en el ambiente de intrusivos del Neógeno, y menores en los sedimentarios carbonatados del Triásico superior (ver tabla 5.8 y figura 5.9).

Tabla 5.8
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cobre en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Cu	50	16	20	21	19	22	12	32	31	28	42	31
Umbral geoquímico Cu	354	31	29	39	43	42	28	214	47	64	84	81

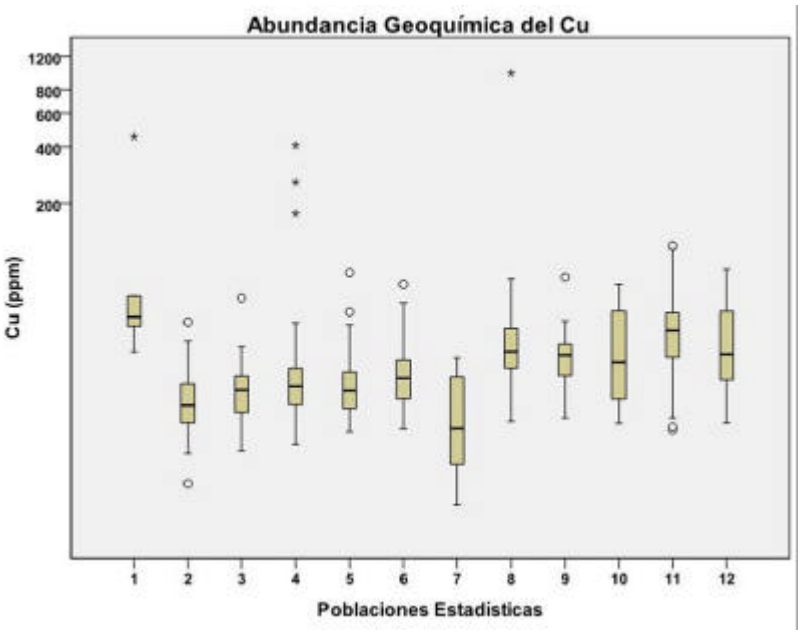


Figura 5.9 Box plot de cobre en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del cromo

Los valores de fondo y umbral más bajos (9ppm) corresponden a los sedimentarios del Jurásico superior, en tanto que los máximos ocurren en los sedimentarios del Pérmico superior (ver tabla 5.9 y figura 5.10).

Tabla 5.9
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cromo en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Cr	14	19	14	12	9	9	16	29	19	20	26	17
Umbral geoquímico Cr	22	37	22	21	19	35	20	88	30	62	84	60

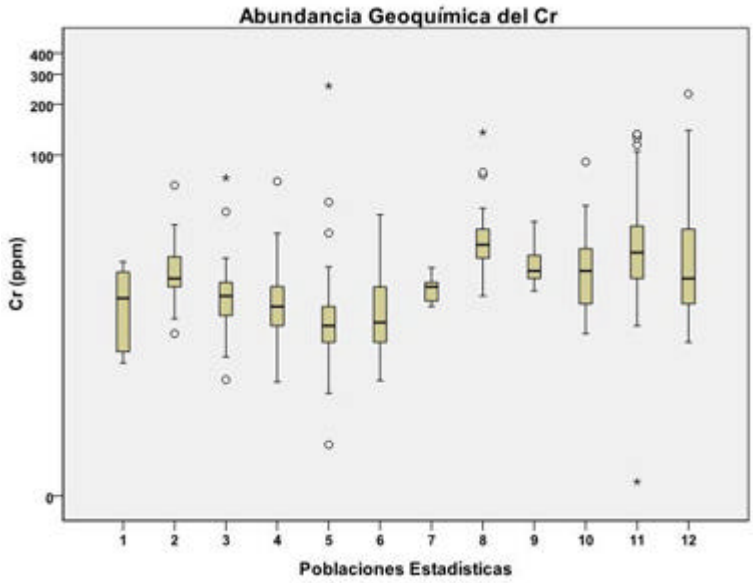


Figura 5.10 Box plot de cromo en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del escandio

Salvo lo que sucede con los intrusivos del Neógeno, donde el valor de fondo es de 1,34 ppm, en las poblaciones restantes, dicho valor fluctúa entre 3 y 6 ppm. Respecto del umbral, este es igualmente más bajo en la mencionada población, en tanto que es ligeramente mayor en los intrusivos paleozoicos (ver tabla 5.10 y figura 5.11).

Tabla 5.10
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de escandio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Sc	1,34	5	4,2	3,3	3,9	4	3	4,15	3,1	6	4	4,5
Umbral geoquímico Sc	2,54	7	6,8	5,4	5,6	6	4	7,34	5,5	10	8	9,5

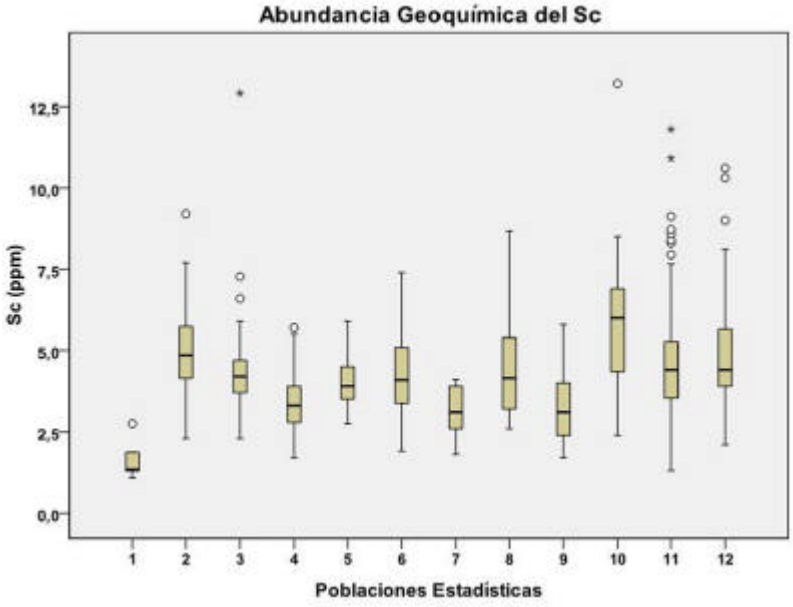


Figura 5.11 Box plot de escandio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del estaño

Los valores de fondo varían entre 0,4 y 1,2 ppm, excepto para el ambiente de intrusivos del Neógeno, donde es de 2,48 ppm. Los máximos umbrales corresponden a los mencionados intrusivos como a los sedimentarios del Pérmico superior. Sin embargo, se destaca que la mayor cantidad de valores anómalos ocurre en los sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior (ver tabla 5.11 y figura 5.12).

Tabla 5.11
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de estaño en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Sn	2,48	0,7	0,60	0,50	0,4	0,40	1,2	1,04	0,40	1,2	0,80	1,0
Umbral geoquímico Sn	5,36	1,3	1,13	1,62	1,4	1,36	4,5	5,00	1,37	1,6	1,94	1,8

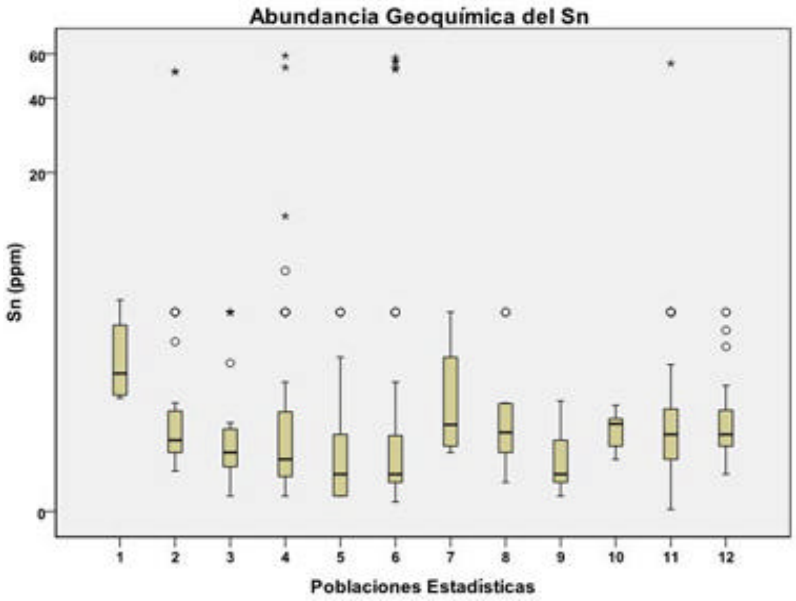


Figura 5.12 Box plot de estaño en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del estroncio

Este elemento muestra notables variaciones en los niveles de fondo para las poblaciones estadísticas consideradas, destacando el ambiente de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno, que cuenta con los máximos valores de fondo y umbral geoquímico, al contrario de los sedimentarios del Carbonífero inferior, con el más bajo nivel de fondo. Los umbrales mínimos recaen en los intrusivos del Neógeno y sedimentarios del Jurásico superior (ver tabla 5.12 y figura 5.13).

Tabla 5.12
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de estroncio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Sr	22	171	75	18	14	13	66	28	12	32	16	21
Umbral geoquímico Sr	30	592	492	70	33	26	407	60	40	78	70	149

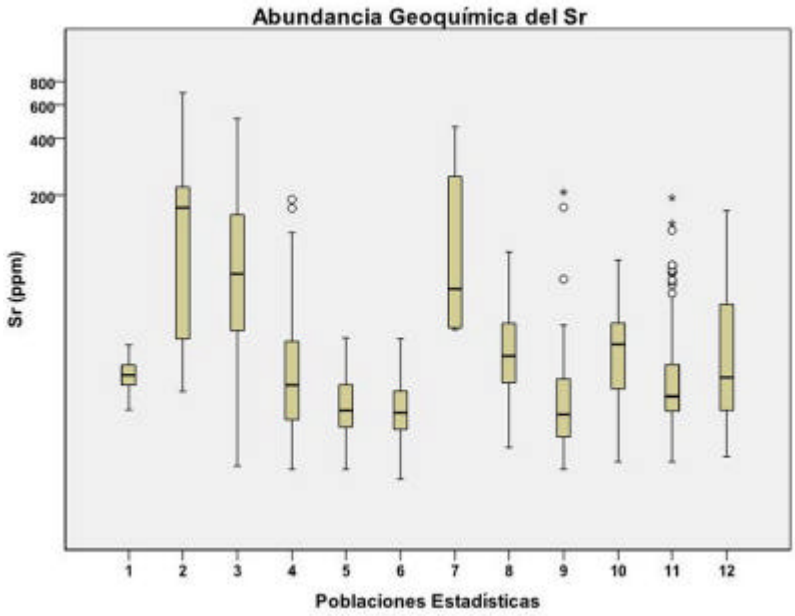


Figura 5.13 Box plot de estroncio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del fósforo

Son notables las diferencias en cuanto a las abundancias de este elemento, de manera que el máximo nivel de fondo corresponde a intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior; mientras que el mínimo, a sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (al igual que el umbral mínimo). El máximo umbral está determinado para los sedimentarios carbonatados del Cretáceo (ver tabla 5.13 y figura 5.14).

Tabla 5.13
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de fósforo en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo P	1 241	736	683	355	339	357	1 049	704	653	650	974	1 310
Umbral geoquímico P	1 973	1 046	2 409	995	486	674	1 684	1 275	810	1 145	1 641	2 251

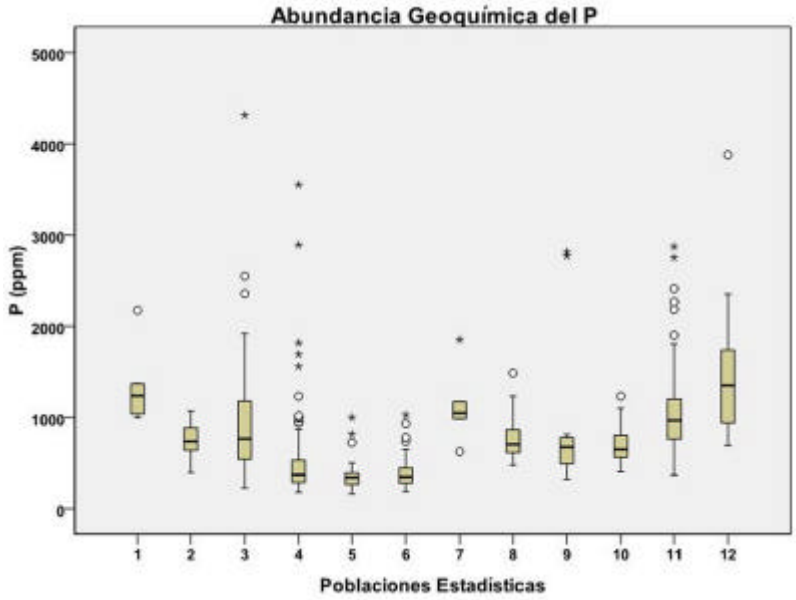


Figura 5.14 Box plot de fósforo en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del indio

Los niveles de abundancia en todas las poblaciones son bajas, con niveles de fondo entre 0,02 ppm y 0,03 ppm y umbrales geoquímicos de hasta 0,06 ppm (ver tabla 5.14 y figura 5.15).

Tabla 5.14
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de indio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo In	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03
Umbral geoquímico In	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,03	0,05	0,03	0,04	0,05	0,06

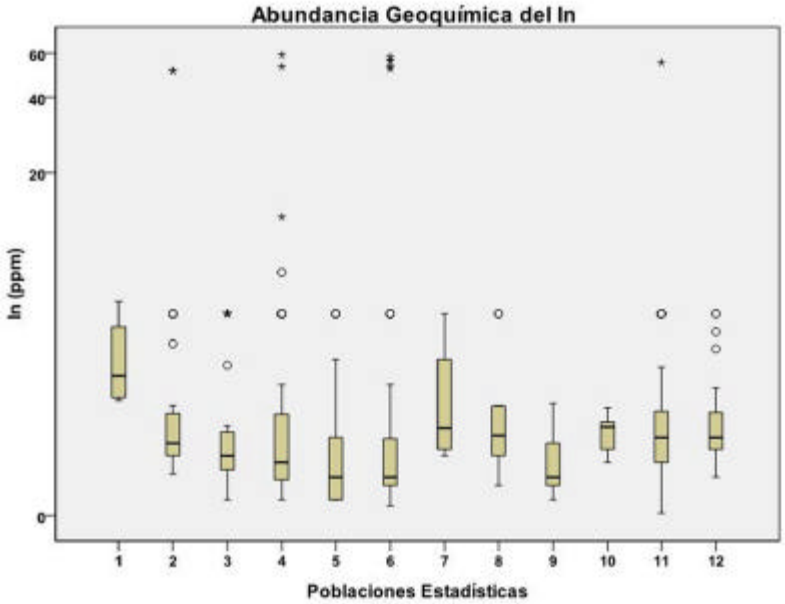


Figura 5.15 Box plot de indio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del litio

No se aprecia una fuerte variación en las abundancias por poblaciones estadísticas. Se pueden mencionar como máximos niveles de fondo y umbrales los que corresponden a sedimentarios silicoclásticos del Pérmico superior; y los mínimos, a los sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (ver tabla 5.15 y figura 5.16).

Tabla 5.15
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de litio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Li	18	15	16	11	9	10	19	32	28	14	22	17
Umbral geoquímico Li	33	29	29	29	19	33	31	63	40	20	47	35

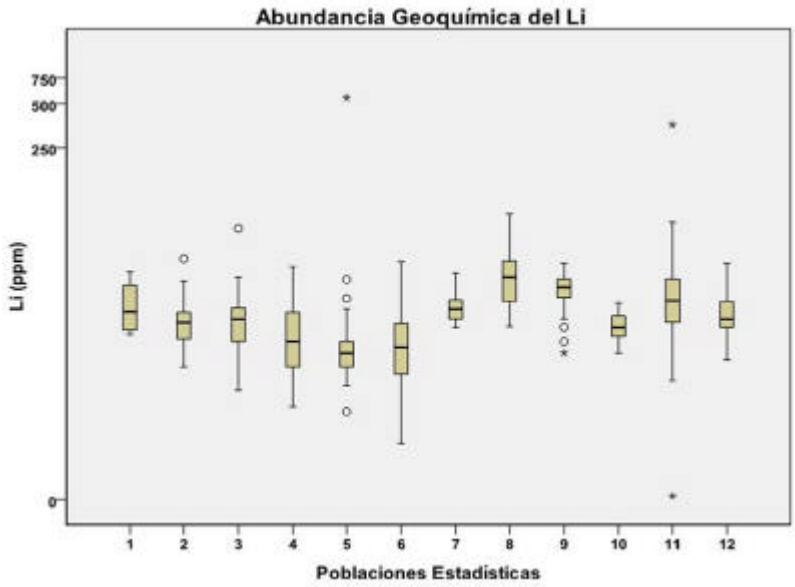


Figura 5.16 Box plot de litio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del manganeso

Pese a no haber mucha variabilidad en las abundancias, el mayor nivel de fondo corresponde a los sedimentarios carbonatados del Triásico superior; en tanto que el menor, a los sedimentarios carbonatados del Cretáceo (que también tiene el umbral mínimo).

En lo que se refiere a los umbrales, el máximo corresponde a los sedimentarios silicoclásticos del Pérmico superior, con 2 213 ppm. Por otra parte, la mayor proporción de valores anómalos ocurre en los metamórficos del Neoproterozoico (ver tabla 5.16 y figura 5.17).

Tabla 5.16
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de manganeso en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Mn	535	536	485	574	572	635	1062	778	709	687	785	690
Umbral geoquímico Mn	1 359	729	720	1 115	804	1 402	1 154	2 213	1 213	924	1 774	1 647

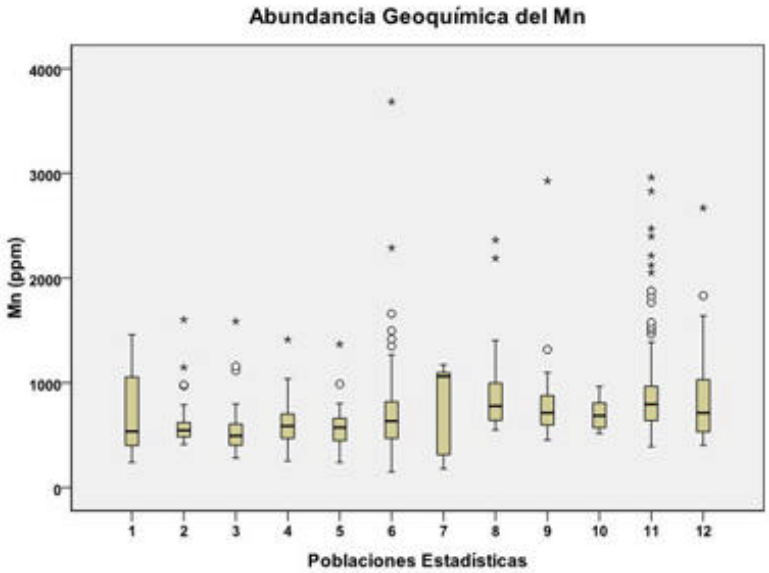


Figura 5.17 Box plot de manganeso en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del mercurio

No hay mucha variabilidad con respecto al cambio litológico, aunque tanto el mayor valor de fondo como el umbral máximo se tienen en los intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior. El menor valor de fondo se ha determinado para el intrusivo del Neógeno; mientras que el menor umbral corresponde a los sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno (ver tabla 5.17 y figura 5.18).

Tabla 5.17
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de mercurio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Hg	0,01	0,03	0,06	0,04	0,07	0,06	0,10	0,05	0,02	0,10	0,04	0,12
Umbral geoquímico Hg	0,53	0,11	0,46	0,56	0,17	0,13	0,14	0,13	0,18	0,81	0,16	2,19

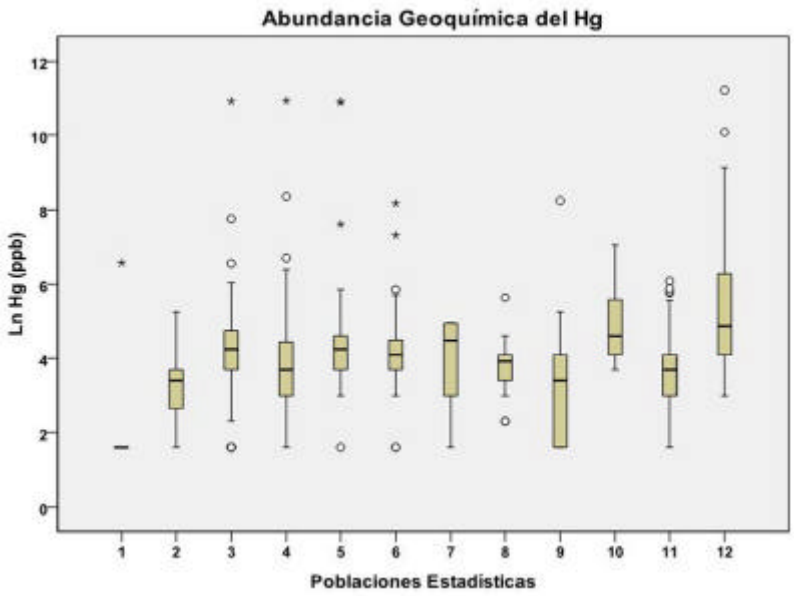


Figura 5.18 Box plot de mercurio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del molibdeno

Hay una notable diferencia en las abundancias; básicamente, en lo que se refiere a los intrusivos del Neógeno, con un nivel de fondo de 30 ppm, en comparación con las restantes poblaciones en las que no se superan los 2,7 ppm; igualmente, el máximo umbral corresponde a dicha población (ver tabla 5.18 y figura 5.19).

Tabla 5.18
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de molibdeno en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Mo	30	2,7	1,43	0,71	0,74	1,02	0,94	1,15	1,01	1,18	1,19	1,28
Umbral geoquímico Mo	40	7,4	3,43	3,02	7,79	3,45	2,08	8,06	1,85	1,93	4,29	3,50

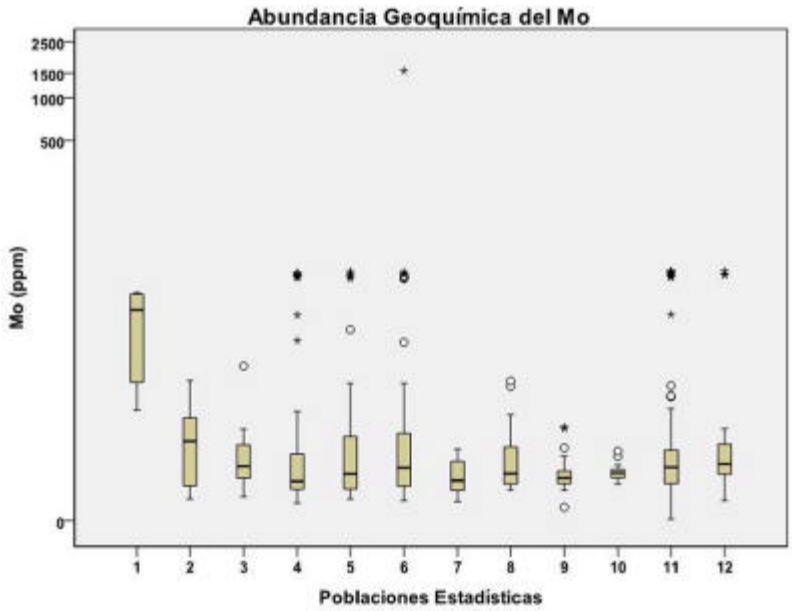


Figura 5.19 Box plot de molibdeno en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del niobio

Respecto de los niveles de fondo, son los intrusivos aquellos que presentan los mayores valores, llegando hasta 2,7 ppm en el caso de los del Neógeno, en contraste con las restantes poblaciones que llegan hasta 0,91 ppm. Los niveles mínimos corresponden a los sedimentarios del Jurásico superior. El mayor umbral determinado pertenece a los metamórficos del Neoproterozoico, con 4,3 pm, seguido de los intrusivos del Paleozoico inferior y Neógeno (ver tabla 5.19 y figura 5.20).

Tabla 5.19
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de niobio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Nb	2,7	0,44	0,21	0,16	0,11	0,11	0,55	0,39	0,17	1,47	0,69	0,91
Umbral geoquímico Nb	3,5	2,39	0,74	0,83	0,43	1,33	0,78	2,54	0,59	2,91	4,3	3,6

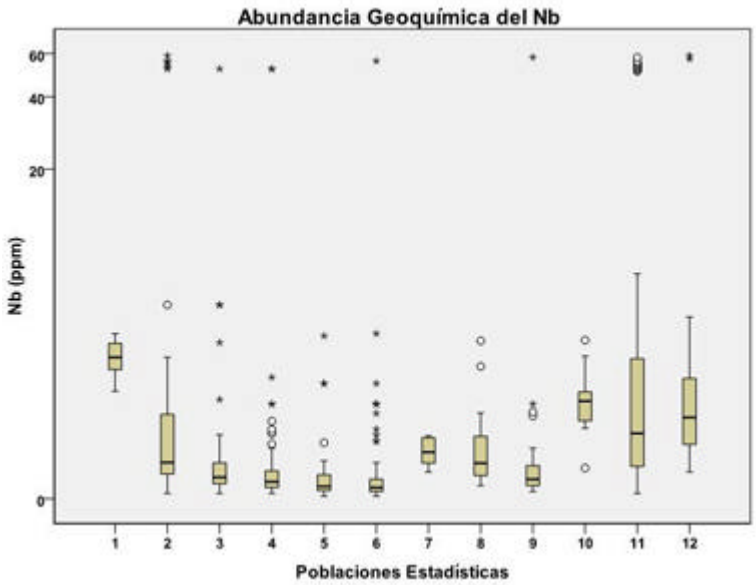


Figura 5.20 Box plot de niobio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del níquel

Los niveles de fondo varían entre 15 y 28 ppm, con la particular excepción dada por los intrusivos del Neógeno, con 6 ppm. En lo relativo a los umbrales, los mayores ocurren para los intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior y sedimentarios del Pérmico superior, con 73 y 70 ppm, respectivamente; los umbrales más bajos corresponden a los otros ambientes sedimentarios e intrusivos, que van en un rango de 24 a 33 ppm (ver tabla 5.20 y figura 5.21).

Tabla 5.20
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de níquel en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Ni	6	19	18	16	17	17	17	28	23	15	27	20
Umbral geoquímico Ni	27	33	25	27	24	33	25	70	32	29	56	73

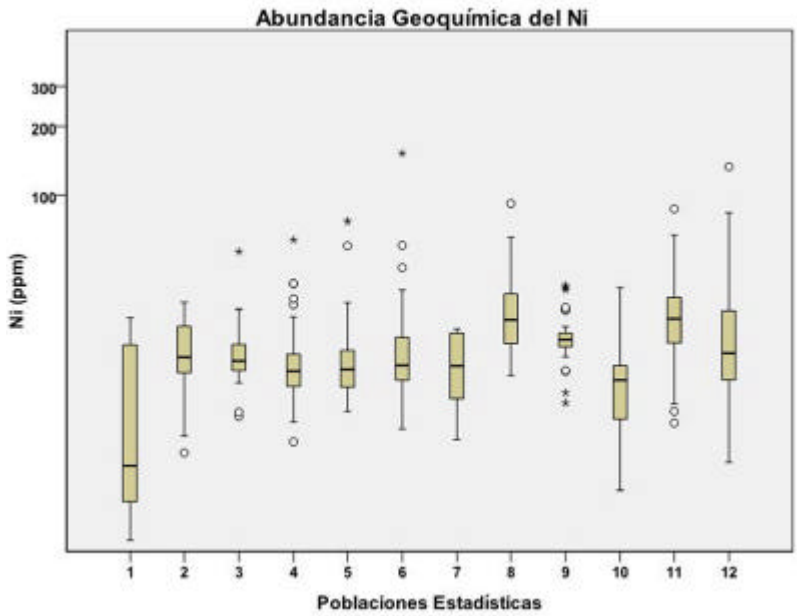


Figura 5.22 Box plot de oro en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del oro

Los niveles de fondo fluctúan entre 2,5 y 9 ppb, salvo en el ambiente de intrusivos del Paleozoico inferior, donde llega a 365 ppb, así como un umbral de 2574 ppb. En cambio, en los intrusivos del Neógeno, el mismo es de apenas 2,5 ppb (ver tabla 5.21 y figura 5.22).

Tabla 5.21
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de oro en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Au	2,5	2,5	7	7	7	6	8	7	7	365	7	9
Umbral geoquímico Au	2,5	12,7	27	19	18	21	27	57	28	2 574	46	97

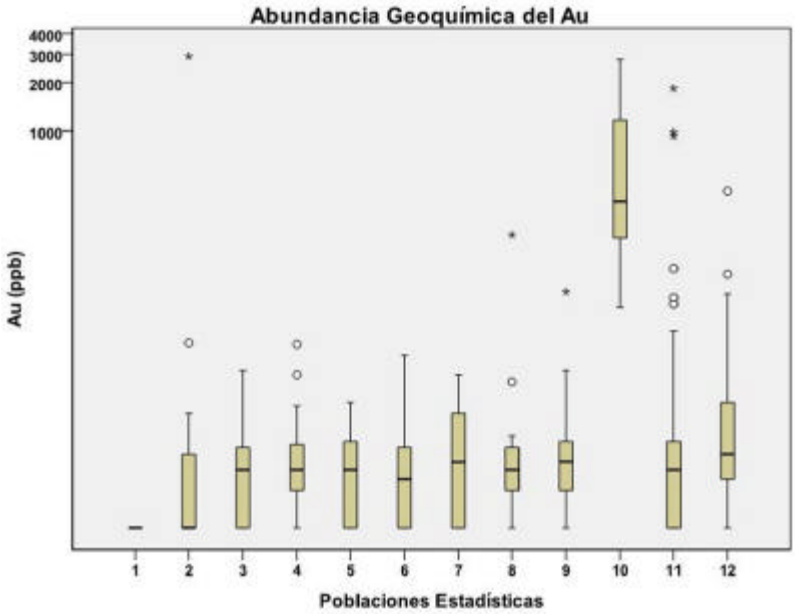


Figura 5.21 Box plot de níquel en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión de la plata

Los valores de fondo no varían sustantivamente en las poblaciones determinadas, encontrándose en un rango de 0,04 y 0,98 ppm. Con los umbrales sucede casi lo mismo, salvo la población de intrusivos del Paleozoico inferior, donde alcanza 18 ppm (ver tabla 5.22 y figura 5.23).

Tabla 5.22
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de plata en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Ag	0,10	0,04	0,08	0,09	0,09	0,1	0,05	0,10	0,04	0,17	0,1	0,09
Umbral geoquímico Ag	0,98	0,16	0,24	0,33	0,24	0,5	0,21	0,27	0,23	18,00	0,4	0,29

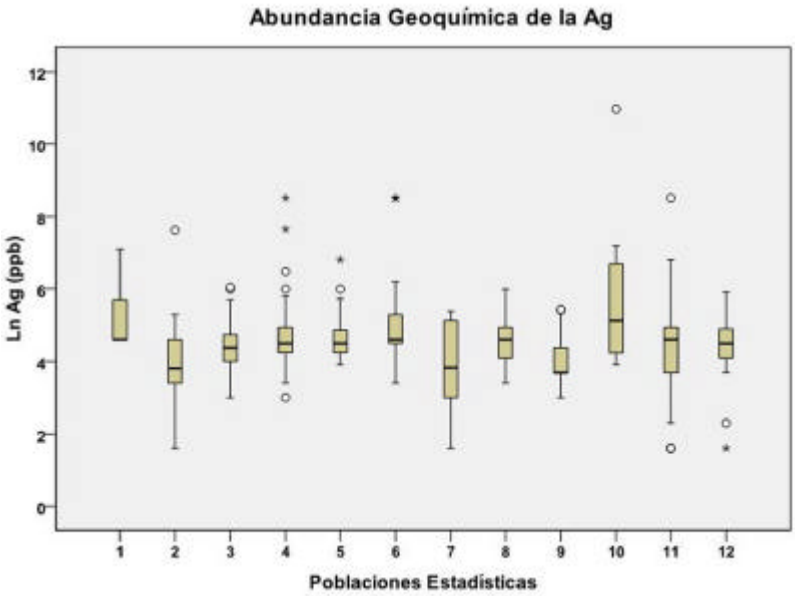


Figura 5.23 Box plot de plata en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del plomo

No hay mayor variación en las poblaciones investigadas, salvo el caso de los intrusivos del Paleozoico inferior, donde destacan notablemente los niveles de fondo y umbral, con 71 y 387 ppm respectivamente (ver tabla 5.23 y figura 5.24).

Tabla 5.23
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de plomo en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Pb	23	15	18	21	23	25	18	21	15	71	17	21
Umbral geoquímico Pb	70	25	35	41	42	46	52	43	24	387	46	74

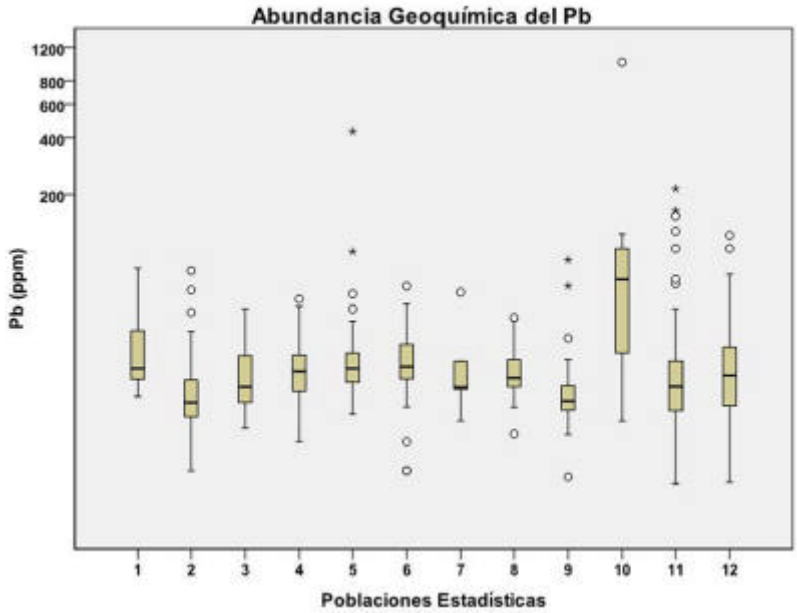


Figura 5.24 Box plot de plomo en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del uranio

Los valores de fondo van de 0,24 a 1,19, excepto el caso de intrusivos del Neógeno, donde se ha estimado en 17 ppm. Con relación a los umbrales, sucede algo parecido, alcanzando en dicha población los 59 ppm, en contraposición a los silicoclásticos del Jurásico superior, donde apenas llega a 0,49 ppm (ver tabla 5.24 y figura 5.25).

Tabla 5.24
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de uranio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo U	17	0,90	0,64	0,30	0,26	0,24	0,8	0,91	0,57	0,96	1,19	2,32
Umbral geoquímico U	59	1,92	1,27	3,48	0,49	1,17	1,0	9,70	1,68	2,06	4,99	6,12

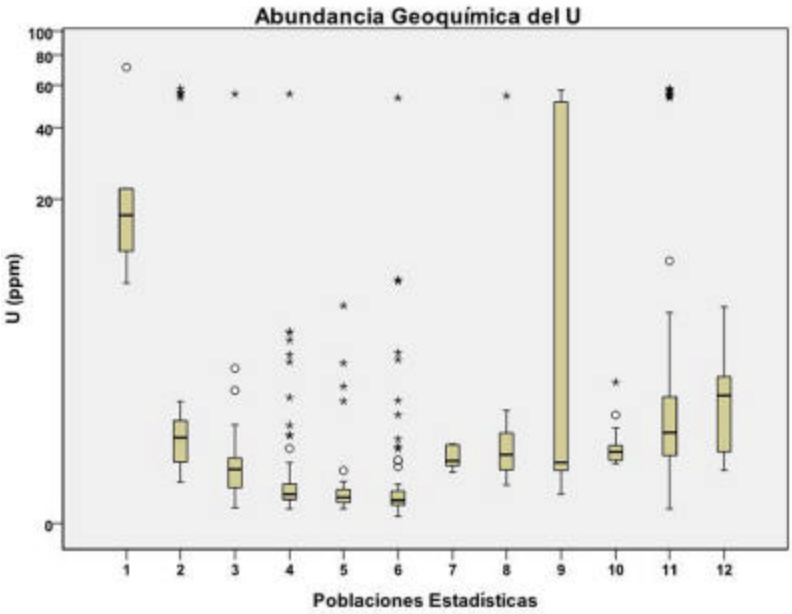


Figura 5.25 Box plot de uranio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del vanadio

Los valores de fondo varían de 19 a 49 ppm, sin resaltar notablemente alguno de ellos; en cambio, destaca el umbral de los intrusivos del Neógeno, con 356 ppm (ver tabla 5.25 y figura 5.26).

Tabla 5.25
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de vanadio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo V	41	49	22	25	24	19	28	48	40	37	34	27
Umbral geoquímico V	356	88	71	63	40	41	44	67	80	85	80	87

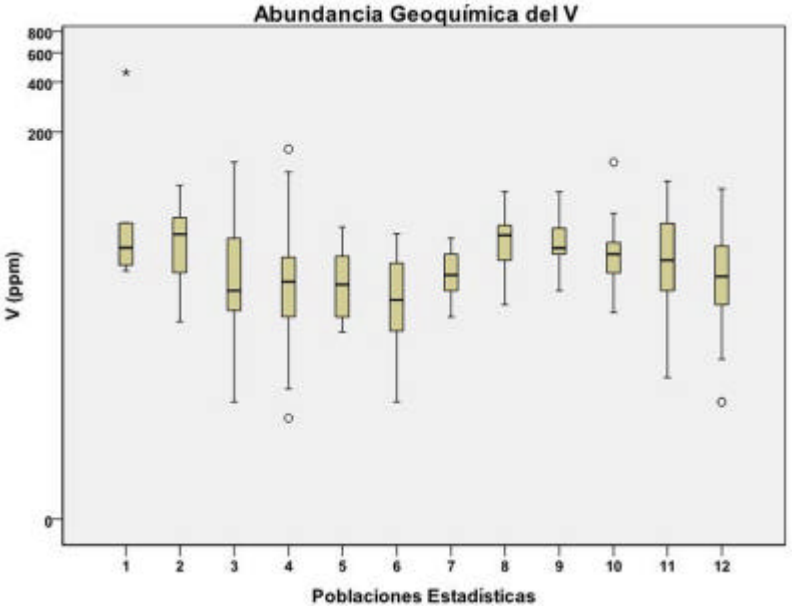


Figura 5.26 Box plot de vanadio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del wolframio

En general, los niveles de abundancia son bajos: entre 0,05 y 0,4 de nivel de fondo, excepto para el caso de intrusivos del Neógeno, cuyo valor de fondo es de 9 ppm, con un umbral de 24 ppm (ver tabla 5.26 y figura 5.27).

Tabla 5.26
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de wolframio en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo W	9	0,05	0,20	0,05	0,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,30	0,1	0,4
Umbral geoquímico W	24	2,19	1,85	1,24	0,7	2,30	0,90	5,00	0,75	1,39	1,1	3,8

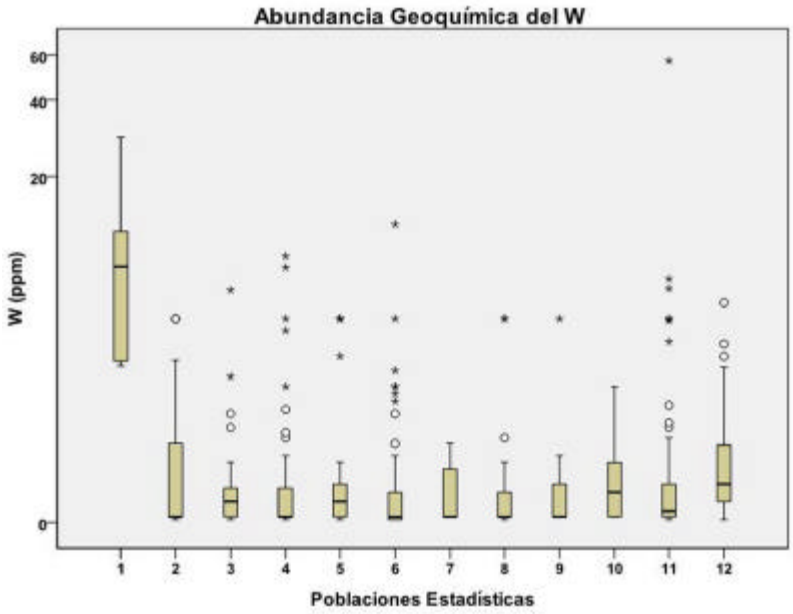


Figura 5.27 Box plot de wolframio en doce poblaciones estadísticas.

Dispersión del zinc

En cuanto a los niveles de fondo, destaca un máximo con 279 ppm (intrusivos del Paleozoico inferior) y un mínimo con 57 ppm (sedimentarios silicoclásticos y pelíticos del Carbonífero inferior). Los umbrales corresponden a las mismas poblaciones mencionadas, con 912 ppm y 100 ppm, respectivamente (ver tabla 5.27 y figura 5.28).

Tabla 5.27
Valores de fondo y umbrales geoquímicos de zinc en las doce poblaciones estadísticas

Población	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valor de fondo Zn	100	72	90	70	107	96	107	90	57	279	83	89
Umbral geoquímico Zn	156	129	129	181	185	169	177	216	100	912	183	399

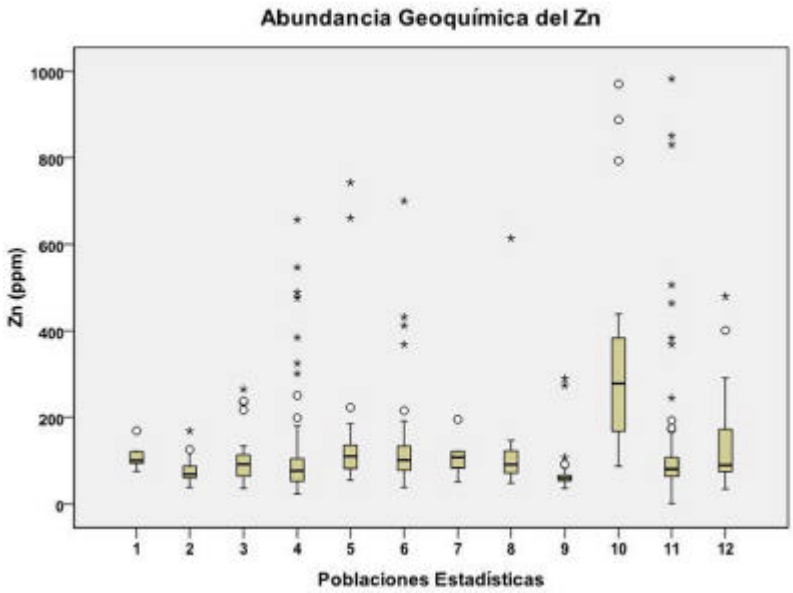


Figura 5.28 Box plot de zinc en doce poblaciones estadísticas.

Determinación de asociaciones geoquímicas por poblaciones estadísticas

Mediante la estadística multivarial se han determinado asociaciones geoquímicas que distinguen a cada población conformada; evidentemente, al haber poblaciones que por tener un número de muestras insuficientes para este tipo de análisis, solamente se ha aplicado este a siete poblaciones que cumplen con la condición mencionada.

Como se sabe, el análisis de componentes principales nos permite identificar las asociaciones geoquímicas, en tanto que con el análisis *cluster* se determina cómo se conforman las mismas. A continuación, se presentan las asociaciones geoquímicas de acuerdo al análisis de componentes principales (PC1, PC2, etc.), así como las derivadas del análisis *cluster.*

Como se podrá apreciar en los cuadros respectivos, en algunos casos se muestra que algunos elementos están presentes en más de un componente (o asociación), por lo que también presentamos las asociaciones de acuerdo al análisis *cluster*, en donde se define la asociación predominante de los elementos.

Asociaciones geoquímicas en sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno (pob. 2)

El análisis de componentes principales (ACP), entre otras, muestra la importante asociación Au-Pb-Zn-Ag, la cual ocurre en la cuarta componente (ver tabla 5.28). El Cd se encuentraen una asociación poco común con el Sr-Mo-Ni (ver cuadro 5.1), conformando una asociación más geogénica.

Tabla 5.28
Matriz de componentes rotados en sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno

Elemento	Componente				
	1	2	3	4	5
Ln_Ag	0,030	0,536	-0,033	0,648	0,052
Ln_Au	-0,181	-0,108	0,128	0,818	-0,084
Ln_Cd	0,118	0,907	0,125	0,247	0,061
Ln_Ce	0,482	-0,788	-0,230	-0,113	0,061
Ln_Co	0,238	0,101	0,410	0,247	0,700
Ln_Cr	0,026	-0,093	0,304	0,059	0,804
Ln_Cu	-0,001	0,368	-0,041	0,185	0,804
Ln_Ga	0,629	-0,217	0,658	-0,013	0,025
Ln_Hf	0,790	0,167	-0,007	0,094	0,013
Ln_Hg	0,346	-0,607	-0,372	0,370	0,075
Ln_In	0,358	0,082	0,715	0,240	0,200
Ln_La	0,493	-0,756	-0,272	-0,128	0,061
Ln_Li	-0,068	0,397	0,770	0,254	0,095
Ln_Lu	0,841	0,122	0,342	-0,005	0,071
Ln_Mo	0,249	0,837	0,123	0,022	0,296
Ln_Ni	0,226	0,752	0,232	0,115	0,429
Ln_Pb	-0,043	-0,016	0,031	0,770	0,327
Ln_Rb	0,492	-0,688	0,190	-0,117	0,047
Ln_Sc	0,266	0,312	0,741	-0,091	0,429
Ln_Sr	0,248	0,870	0,132	-0,253	0,171
Ln_Tb	0,817	-0,407	0,122	-0,093	0,052
Ln_Th	0,885	-0,246	-0,156	-0,096	-0,031
Ln_Tl	0,597	0,522	0,238	-0,212	0,166
Ln_U	0,692	0,610	0,194	0,177	-0,052
Ln_V	0,113	0,454	0,677	0,037	0,361
Ln_Y	0,877	0,143	0,153	-0,114	0,202
Ln_Yb	0,834	-0,008	0,344	0,054	0,012
Ln_Zn	-0,095	0,300	0,278	0,707	0,351
Ln_Zr	0,692	0,039	-0,053	-0,371	0,096

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Cuadro 5.1

Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior - paleoceno (pob. 2), según análisis de componentes principales

PC1: Th-Y-Lu-Yb-Tb-Hf-Zr
PC2: Cd-Sr-Mo-Ni
PC3: Li-Sc-In-V-Ga-Co
PC4: Au-Pb-Zn-Ag

Por otro lado, el análisis *cluster* confirma las asociaciones resultantes del ACP, incluyendo, además, la asociación Cr-Cu (ver figura 5.29 y cuadro 5.2); en este caso, la relación del Cu con los metales preciosos y los otros metales base es bastante distante.

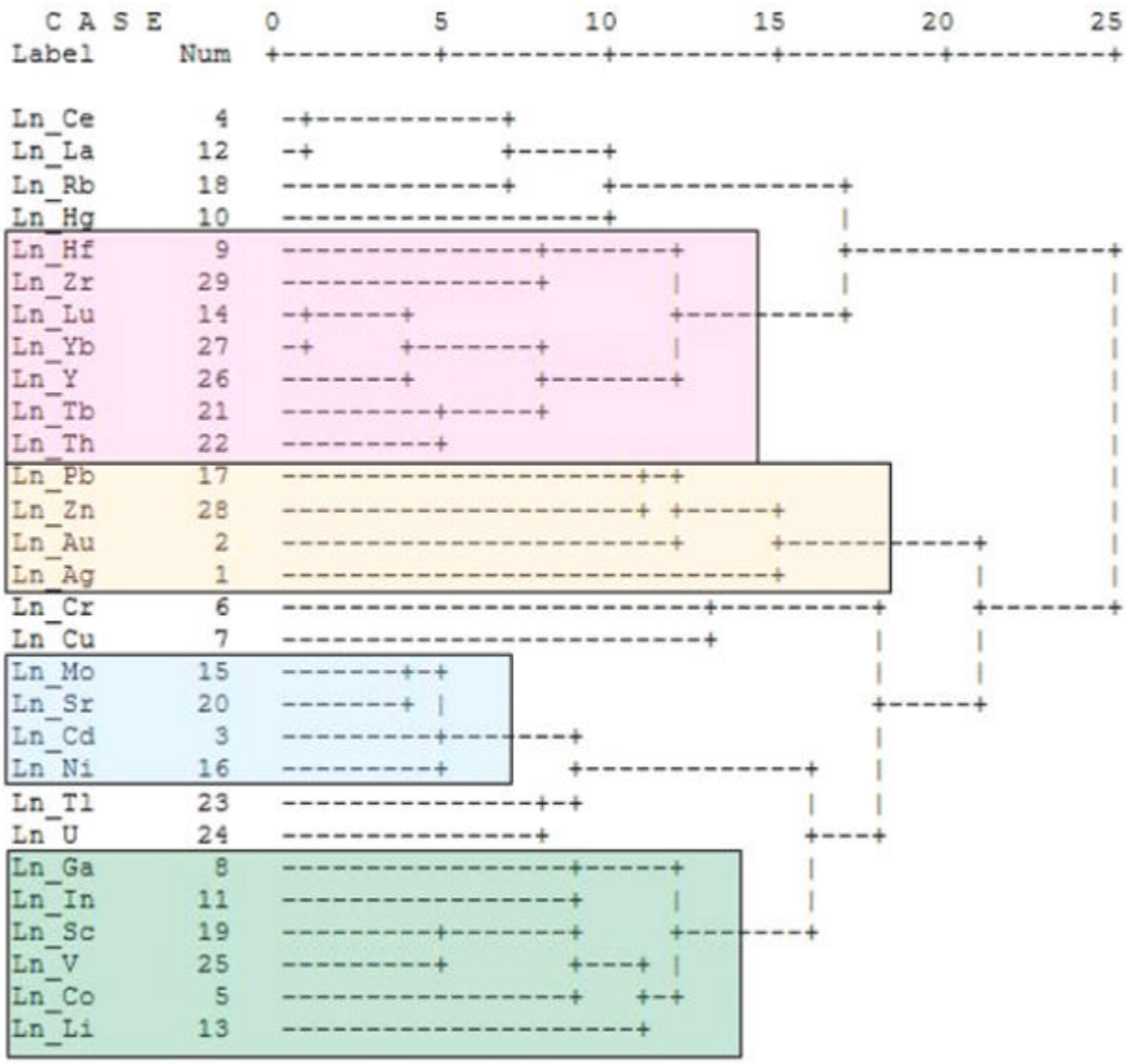


Figura 5.29 Dendograma de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno (pob. 2).

Cuadro 5.2
Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior - Paleoceno (pob. 2), según análisis *cluster*

1. Lu-Yb-Y-Tb-Th-Hf-Zr
2. Mo-Sr-Cd-Ni
3. Sc-V-Co-Li-Ga-In
4. Pb-Zn-Au-Ag
5. Cu-Cr

Asociaciones geoquímicas en sedimentarios carbonatados del Cretáceo (pob. 3)

Con el ACP, se tienen tres componentes principales a destacar (ver tabla 5.29), el que involucra las tierras raras (componente 1), el de los metales residuales (componente 2) y el de los metales de interés: Pb-Zn-Ag-Cu-Au-Cd (ver cuadro 5.3).

Tabla 5.29
Matriz de componentes rotados en sedimentarios carbonatados del Cretáceo

Elemento	Componente				
	1	2	3	4	5
Ln_Ag	-0,352	-0,139	0,708	-0,054	-0,241
Ln_Au	0,285	-0,354	0,650	-0,044	-0,078
Ln_Cd	-0,020	0,264	0,641	0,615	0,088
Ln_Ce	0,959	0,144	-0,054	-0,007	-0,028
Ln_Cr	0,455	0,833	0,031	-0,066	0,161
Ln_Cu	-0,241	0,133	0,668	-0,370	-0,034
Ln_Ga	0,664	0,629	-0,002	-0,003	0,204
Ln_La	0,956	0,085	-0,007	-0,008	-0,011
Ln_Li	0,476	0,735	-0,128	0,047	0,286
Ln_Lu	0,813	0,386	-0,220	0,175	0,125
Ln_Nb	0,660	0,070	0,191	0,010	0,578
Ln_Ni	0,334	0,702	-0,012	0,074	-0,443
Ln_P	0,822	-0,134	-0,010	0,261	0,276
Ln_Pb	-0,005	-0,065	0,862	-0,019	0,069
Ln_Sc	0,068	0,867	-0,065	0,104	-0,192
Ln_Sn	0,754	0,499	-0,022	-0,122	0,009
Ln_Sr	0,447	0,431	-0,364	0,635	-0,113
Ln_Tb	0,825	0,423	-0,129	0,036	-0,118
Ln_Th	0,813	0,334	-0,169	-0,005	-0,371
Ln_U	0,698	0,200	0,066	0,451	0,059
Ln_V	0,134	0,818	0,051	0,196	0,074
Ln_Y	0,838	0,365	-0,156	0,194	-0,041
Ln_Yb	0,838	0,366	-0,172	0,192	0,083
Ln_Zn	-0,073	0,063	0,858	0,187	0,310
Ln_Zr	0,471	0,560	-0,267	0,325	-0,222

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Cuadro 5.3
Asociaciones geoquímicas de sedimentarios carbonatados del Cretáceo (pob. 3), según análisis de componentes principales

PC1: Ce-La-Yb-Y-Tb-Th-Lu
PC2: Cr-Ga-Li-Ni-Sc-V
PC3: Pb-Zn-Ag-Cu-Au-Cd

El análisis *cluster* define mejor la asociación Ga-Li-Cr, en tanto que Ni-Sc-V conforman separadamente otra asociación (ver figura 5.30 y cuadro 5.4). Destaca la asociación que conforman los metales base con los preciosos junto al Cd, de elevada movilidad en condiciones de dispersión secundaria.

Cuadro 5.4
Asociaciones geoquímicas de sedimentarios carbonatados del Cretáceo (pob. 3), según análisis cluster

1. Ce-La-Th-Lu-Yb-Y-Tb
2. Ga-Li-Cr
3. Pb-Zn-Cd-Ag-Cu-Au

Asociaciones geoquímicas en sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior (pob. 4)

La particularidad en estos ambientes es que la Ag no conforma ninguna asociación, en tanto que el Au aparece en el componente 7 asociado al In (ver tabla 5.30). Los dos primeros componentes corresponden a las tierras raras, esto es, a factores geogénicos, mientras que el 3, 4 y 7 son factores de mineralización polimetálica (ver cuadro 5.5).

Cuadro 5.5
Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior (pob. 4), según análisis de componentes principales

PC1: Tb-Yb-Lu-Be-Y
PC2: La-Ce-U-Th-Rb
PC3: Co-Mn-Ni-Cu-Pb
PC4: Mo-Cd-Sr-Sb-Zn
PC7: Ag-In

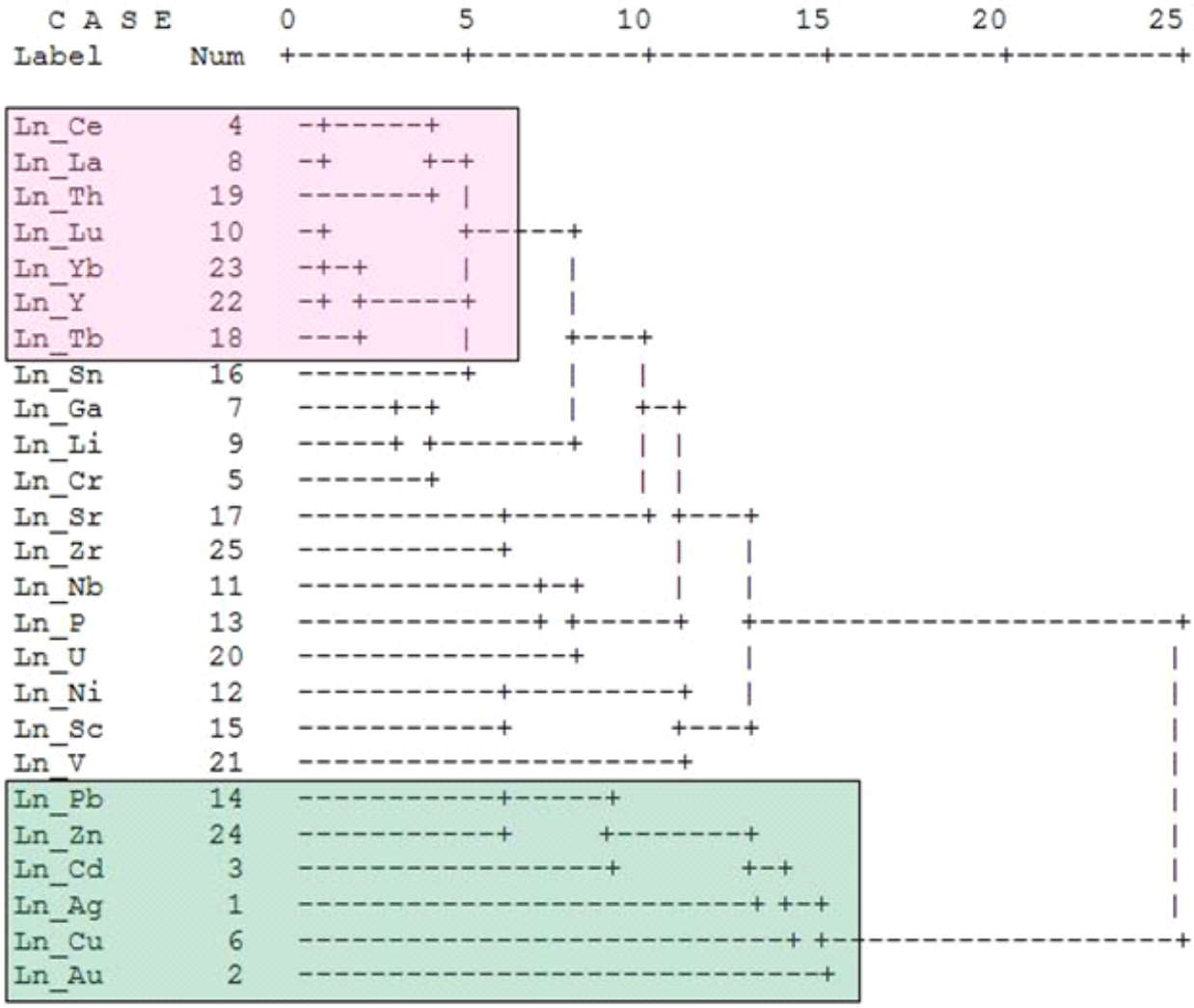


Figura 5.30 Dendograma de sedimentarios carbonatados del Cretáceo (pob. 3).

Tabla 5.30
Matriz de componentes rotados en sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior

Elemento	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ln_Ag	-0,406	-0,111	0,493	0,202	-0,046	0,228	0,069	-0,304
Ln_As	-0,106	0,307	-0,056	0,370	0,787	0,050	0,064	0,042
Ln_Au	0,043	0,080	0,041	0,026	0,009	0,118	0,754	0,204
Ln_Be	0,776	-0,084	0,355	-0,099	-0,001	0,245	-0,019	-0,058
Ln_Bi	0,280	-0,108	-0,014	0,008	-0,080	0,596	0,537	0,027
Ln_Cd	0,004	-0,003	0,474	0,746	0,148	0,001	0,081	0,050
Ln_Ce	0,324	0,857	-0,171	-0,012	0,063	0,084	-0,014	-0,053
Ln_Co	0,048	-0,330	0,872	-0,019	-0,047	0,022	-0,088	0,054
Ln_Cr	0,266	0,061	0,255	0,090	-0,316	0,763	0,031	0,016
Ln_Cs	0,012	0,233	0,096	-0,013	0,863	-0,185	-0,199	-0,108
Ln_Cu	-0,125	-0,054	0,633	0,253	-0,106	0,069	0,437	0,092
Ln_Ga	0,408	0,420	0,239	-0,087	-0,072	0,597	-0,028	0,283
Ln_Hf	0,544	0,029	-0,273	-0,023	0,062	0,147	0,027	0,059
Ln_Hg	0,162	-0,359	0,126	0,251	0,562	-0,136	0,157	-0,121
Ln_In	0,173	-0,229	0,438	0,331	0,134	-0,230	0,560	-0,304
Ln_La	0,203	0,901	-0,178	-0,001	0,091	0,073	0,006	-0,001
Ln_Li	0,493	0,074	0,230	0,051	-0,128	0,639	0,115	0,326
Ln_Lu	0,859	0,250	-0,098	0,192	0,036	0,163	0,179	0,157
Ln_Mn	0,115	0,092	0,710	0,028	0,204	0,312	-0,019	-0,051
Ln_Mo	0,085	0,173	0,201	0,883	-0,027	-0,078	0,009	0,036
Ln_Nb	0,097	0,472	-0,054	-0,042	0,276	0,562	0,106	0,161
Ln_Ni	0,359	-0,213	0,678	0,406	-0,136	0,044	-0,222	-0,035
Ln_P	0,274	0,587	-0,031	0,399	0,402	0,187	0,029	0,008
Ln_Pb	-0,057	-0,096	0,597	0,431	0,233	-0,034	0,145	-0,174
Ln_Rb	0,074	0,638	0,313	-0,309	0,188	0,065	-0,454	0,060
Ln_Sb	0,111	-0,122	-0,109	0,625	0,433	0,183	0,026	0,107
Ln_Sc	0,475	-0,382	0,383	0,117	0,400	-0,147	-0,135	0,159
Ln_Sn	0,202	0,248	0,428	0,073	-0,135	0,196	0,382	0,132
Ln_Sr	0,441	0,231	0,092	0,646	0,126	0,057	0,027	-0,119
Ln_Tb	0,906	0,193	0,143	0,101	-0,075	0,174	0,074	0,027
Ln_Th	0,205	0,730	-0,156	-0,009	-0,082	-0,069	0,041	0,476
Ln_Tl	0,378	0,396	0,244	0,220	0,419	-0,176	-0,430	0,088
Ln_U	0,078	0,756	-0,165	0,356	-0,007	0,083	0,054	0,349
Ln_V	0,032	0,014	0,015	0,439	-0,453	0,355	0,103	0,483
Ln_W	-0,018	0,290	0,019	0,076	-0,024	0,278	0,223	0,811
Ln_Y	0,768	0,413	0,187	0,215	0,044	0,032	-0,112	-0,246
Ln_Yb	0,868	0,353	-0,017	0,209	0,079	0,092	0,064	-0,003
Ln_Zn	0,082	-0,165	0,522	0,588	0,254	-0,069	0,200	0,183

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Además de las señaladas por el ACP, se ha determinado el *cluster* 4 de Ga-Li-Cr-Bi-Sn-V-W(ver figura 5.31 y cuadro 5.6).

Mediante este método, se aprecia que el Cd-Zn está asociado al Pb, y que el In no está realmente junto a la Ag, sino al Cu-Mo. La Ag está levemente asociada a los anteriores.

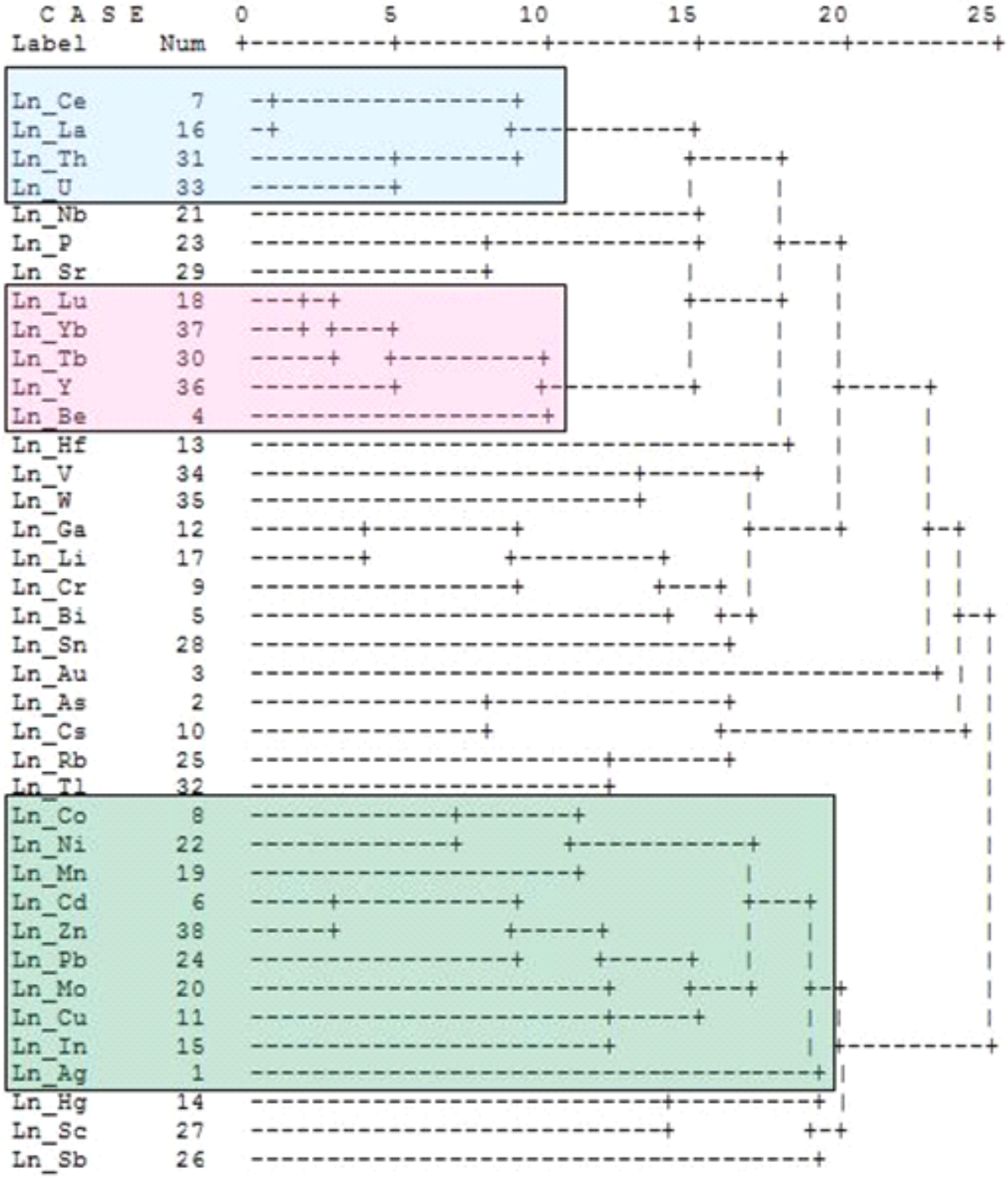


Figura 5.31 Dendograma de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior (pob. 4).

Cuadro 5.6
Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior (pob. 4), según análisis *cluster*

1. Ce-La-Th-U
2. Lu-Yb-Tb-Y-Be
3. Cd-Zn-Pb-Mo-Cu-In-Co-Ni-Mn-Ag
4. Ga-Li-Cr-Bi-Sn-V-W

Asociaciones geoquímicas en sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (pob. 5)

Según el ACP, los factores 1 y 3 son de naturaleza geogénica, mientras que los factores 2, 4 y 5 están ligados a mineralización, donde Cd-Zn está asociado a Cu-Sr, en tanto que el Pb lo está con los minerales residuales Cr-Ni, además de la Ag (ver tabla 5.31). El oro no muestra asociación alguna (ver cuadro 5.7).

Tabla 5.31
Matriz de componentes rotados en sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior

Elemento	Componente				
	1	2	3	4	5
Ln_Ag	0,511	0,394	-0,070	-0,068	0,558
Ln_Au	-0,331	0,151	-0,078	-0,414	0,441
Ln_Cd	0,228	0,876	0,029	0,139	0,214
Ln_Ce	0,938	0,035	0,099	0,109	0,036
Ln_Co	0,377	0,250	0,160	0,789	0,119
Ln_Cr	0,152	0,039	0,381	0,279	0,771
Ln_Cu	0,238	0,639	0,151	0,129	0,520
Ln_Ga	0,791	0,118	0,319	0,293	0,164
Ln_La	0,946	0,016	0,035	0,101	0,042
Ln_Li	0,676	0,305	0,293	0,337	0,045
Ln_Lu	0,057	0,018	0,955	0,017	0,072
Ln_Mn	0,250	0,322	0,115	0,807	0,028
Ln_Mo	0,594	0,331	0,056	0,279	0,509
Ln_Nb	0,687	0,144	0,402	0,351	0,142
Ln_Ni	0,271	0,171	0,303	0,612	0,584
Ln_P	0,737	0,266	0,209	0,396	0,131
Ln_Pb	0,088	0,145	0,042	-0,014	0,847
Ln_Rb	0,719	-0,041	0,195	0,455	0,134
Ln_Sr	-0,041	0,856	0,093	0,223	0,051
Ln_Tb	0,451	0,140	0,756	0,217	0,095
Ln_Th	0,849	-0,027	0,233	0,049	0,026
Ln_U	0,798	0,122	0,168	0,157	0,227
Ln_Y	0,499	0,238	0,603	0,384	0,189
Ln_Yb	0,299	0,153	0,832	0,137	0,107
Ln_Zn	0,020	0,909	0,140	0,062	0,092

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Cuadro 5.7
Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (pob. 5), según análisis de componentes principales

PC1: La-Ce-Th-U-Ga-P-Rb-Nb-Li-Mo
PC2: Zn-Cd-Sr-Cu
PC3: Lu-Yb-Tb-Y
PC4: Mn-Co-Ni
PC5: Pb-Cr-Ni-Ag

Mediante el análisis *cluster*, se han determinado cuatro principales asociaciones: dos geogénicas (1 y 3) y dos de mineralización (2 y 4). Se puede observar que el Au se encuentra marcadamente solo, mientras que los metales base están asociados independientemente de distintos elementos, como es el caso del Pb (con Cr-Ni), el Cu (con Mo-Ag) o Cd-Zn (con el Sr), como se aprecia en la figura 5.32 y el cuadro 5.8.

Cuadro 5.8
Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (pob. 5), según análisis *cluster*

1. Ce-La-Th-U-Ga-Li-Nb-P-Rb
2. Cd-Zn-Sr
3. Tb-Y-Lu-Yb
4. Mo-Ag-Cu-Cr-Ni-Pb

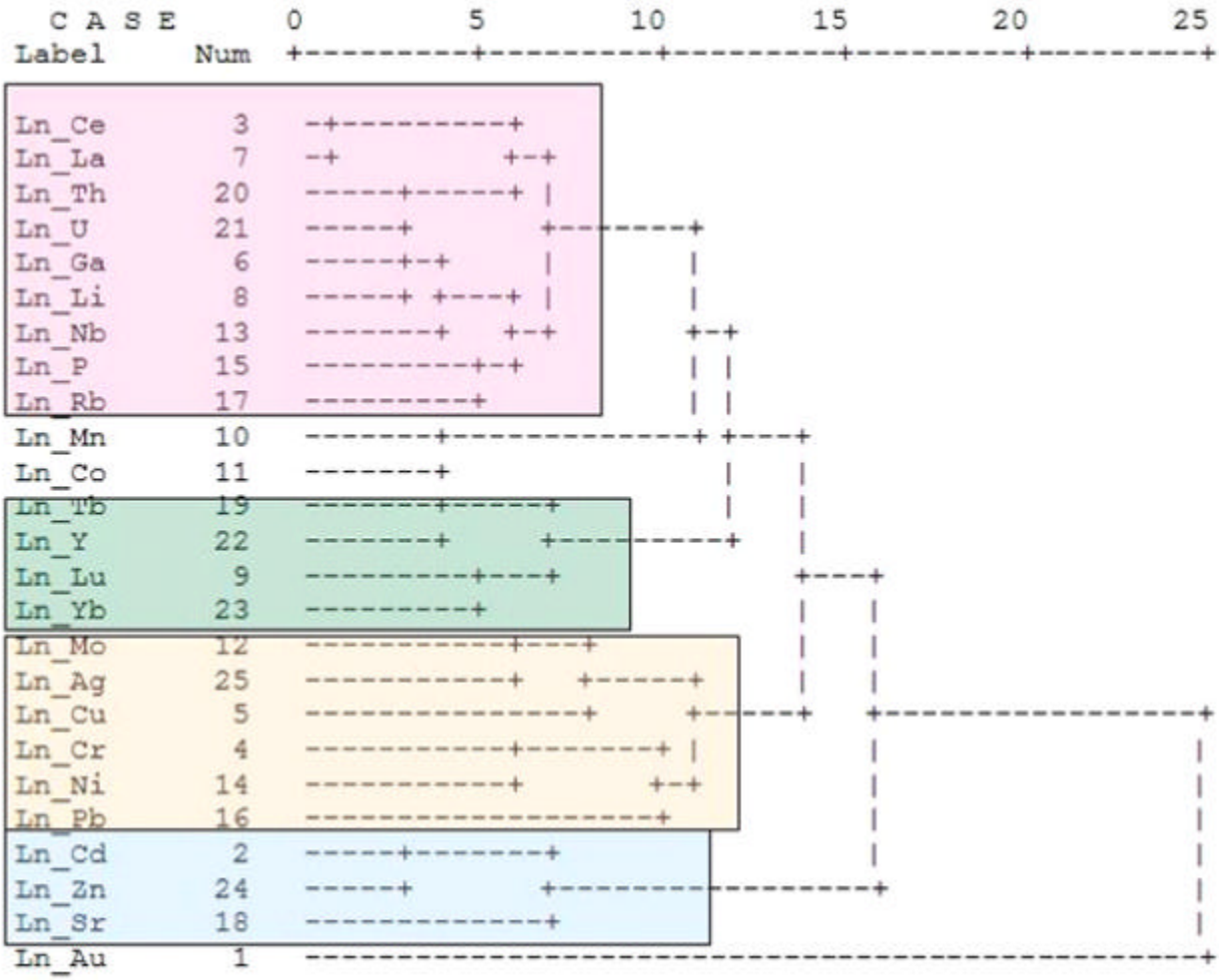


Figura 5.32 Dendograma de sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (pob. 5).

Asociaciones geoquímicas en sedimentarios pelíticos del Jurásico superior (pob. 6)

Destacan los primeros siete componentes (ver tabla 5.32). El primer componente no corresponde a tierras raras, como en los casos anteriores, sino que corresponde a un factor de mineralización en el que figura el Cd (elemento guía del Zn). Componentes a resaltar son el 5, 6 y 7, como factores de mineralización, principalmente la última de ellas, en el que los metales preciosos están asociados al Cu (ver cuadro 5.9).

Cuadro 5.9

Asociaciones geoquímicas de sedimentarios pelíticos del Jurásico superior (pob. 6), según análisis de componentes principales

PC1: Mn-Co-Nb-Ni-P-Mo-U-Cd
PC2: Lu-Bi-V-Yb-Tb-W-Bi
PC3: La-Ce-Th-Ga-Li
PC4: Sc-Rb
PC5: Sr-Zn
PC6: Sb-As-Pb
PC7: Au-Cu-Ag

Tabla 5.32
Matriz de componentes rotados en sedimentarios pelíticos del Jurásico superior

Elemento	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
Ln_Ag	0,195	-0,482	0,154	-0,007	0,213	0,314	0,521
Ln_As	0,053	0,094	0,317	0,141	0,171	0,765	0,120
Ln_Au	0,018	0,099	-0,005	-0,020	-0,009	0,132	0,830
Ln_Be	0,006	0,634	-0,045	0,375	0,565	0,027	0,101
Ln_Bi	-0,136	0,806	0,033	-0,020	0,157	0,176	0,279
Ln_Cd	0,580	0,099	0,184	-0,075	0,570	0,249	0,291
Ln_Ce	0,369	0,166	0,831	0,072	-0,012	0,184	0,105
Ln_Co	0,847	0,156	0,140	0,376	0,125	-0,098	-0,114
Ln_Cr	0,431	0,169	0,360	0,424	0,109	-0,206	0,422
Ln_Cu	0,325	-0,218	0,180	0,513	0,177	0,090	0,581
Ln_Ga	0,244	0,379	0,684	0,323	0,380	-0,063	0,012
Ln_La	0,378	0,093	0,839	-0,023	0,001	0,209	0,148
Ln_Li	0,003	0,480	0,618	0,201	0,507	-0,020	-0,103
Ln_Lu	0,176	0,889	0,203	0,209	0,096	0,070	-0,009
Ln_Mn	0,850	0,048	0,072	0,087	0,308	-0,079	-0,112
Ln_Mo	0,701	-0,038	0,480	0,219	0,049	0,153	0,258
Ln_Nb	0,791	0,169	0,202	0,010	0,003	0,035	0,182
Ln_Ni	0,743	0,112	0,215	0,477	0,267	-0,034	0,009
Ln_P	0,706	-0,040	0,341	0,081	0,287	0,197	0,270
Ln_Pb	0,111	0,193	0,029	0,503	0,040	0,548	0,342
Ln_Rb	0,309	-0,244	0,365	0,581	0,263	0,055	-0,165
Ln_Sb	-0,039	0,119	0,069	-0,054	0,056	0,799	0,051
Ln_Sc	0,095	0,201	-0,213	0,862	0,029	0,096	0,056
Ln_Sr	0,376	0,043	0,055	0,086	0,719	0,057	-0,030
Ln_Tb	0,306	0,678	0,321	0,507	0,050	0,113	0,031
Ln_Th	0,258	0,379	0,766	-0,078	0,085	0,172	-0,010
Ln_U	0,670	0,203	0,518	-0,052	0,048	0,178	0,097
Ln_V	0,173	0,794	0,225	-0,124	0,067	0,049	-0,185
Ln_W	0,129	0,643	0,431	-0,278	0,023	0,276	-0,141
Ln_Y	0,537	0,342	0,354	0,542	0,094	-0,123	-0,047
Ln_Yb	0,306	0,759	0,235	0,433	0,086	0,051	0,103
Ln_Zn	0,271	0,363	0,123	0,100	0,693	0,352	0,201

El análisis *cluster* ha permitido definir siete asociaciones, las dos primeras de carácter geogénico. Destaca la asociación Cd-Zn-Sr como reflejo de mineralización; tanto Au como Ag muestran una relación no tan cercana al Sc-As-Sb, así como el Cu al Cr (ver figura 5.33 y cuadro 5.10).

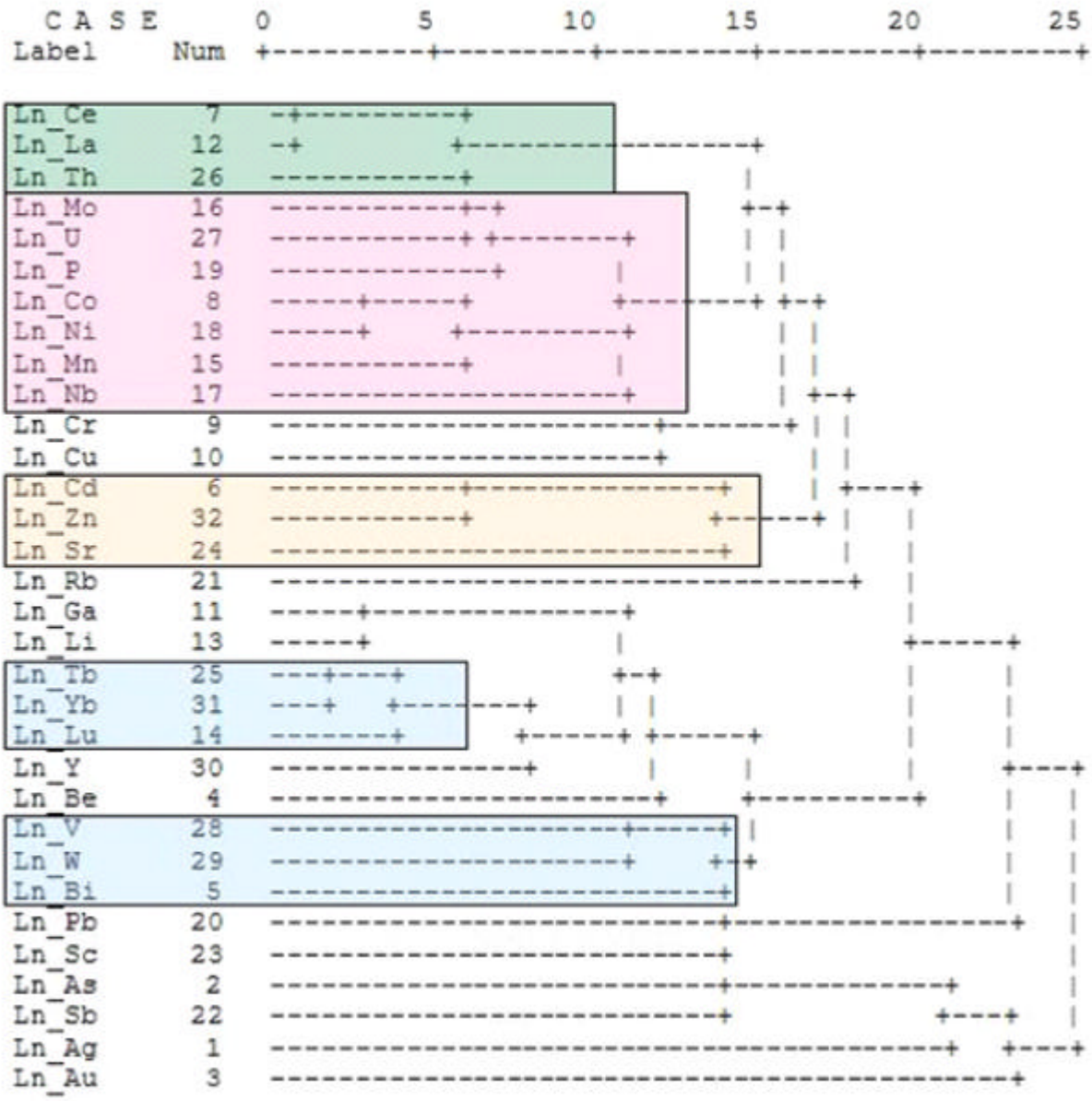


Figura 5.33 Dendograma de sedimentarios pelíticos del Jurásico superior (pob. 6).

Cuadro 5.10

Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (pob. 6), según análisis *cluster*

1. Ce-La-Th
2. Tb-Yb-Lu
3. Co-Ni-Mn-Nb-Mo-U-P
4. Cd-Zn-Sr
5. V-W-Bi
6. Cu-Cr
7. Sc-As-Sb-Ag-Au

Asociaciones geoquímicas en metamórficos del Neoproterozoico (Pob. 11)

Mediante el ACP, se tienen siete asociaciones (ver tabla 5.33). Se puede destacar aquella en la que el Mo está asociado al Cd-Pb-Zn en el componente 3, o aquella donde el Ni lo está a Cu-Ag en el componente 5, o el In al Au en el componente 7 (ver cuadro 5.11); los metales preciosos se manifiestan separados de los metales base.

Tabla 5.33
Matriz de componentes rotados en metamórficos del Neoproterozoico

Elemento	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
Ln_Ag	-0,0520	0,1180	0,2410	-0,2190	0,5140	0,4500	0,2320
Ln_As	-0,2140	-0,3040	0,3600	0,4110	-0,0620	-0,3030	0,3920
Ln_Au	-0,0770	0,0400	0,2370	0,0200	-0,0940	-0,1140	0,7280
Ln_Be	-0,3780	-0,0050	0,1280	0,7700	-0,2790	-0,0550	0,1910
Ln_Bi	-0,0180	-0,1910	0,1430	0,6940	-0,0900	-0,0490	0,2520
Ln_Cd	-0,0530	0,1080	0,9120	-0,0310	-0,0010	-0,1250	0,0990
Ln_Ce	0,9250	0,1260	-0,0500	-0,0280	0,0020	0,0850	-0,1780
Ln_Co	0,0700	0,3300	0,1600	0,7460	0,3930	-0,0330	-0,1690
Ln_Cr	0,0530	0,7820	0,1370	0,2280	0,3550	-0,1070	-0,1550
Ln_Cs	-0,0970	0,1950	-0,1360	-0,1640	0,4210	0,7630	-0,0480
Ln_Cu	0,2330	0,1350	0,0900	-0,0460	0,8200	0,1450	0,1620
Ln_Ga	0,3360	0,6520	-0,1980	0,1650	0,2350	0,3530	-0,0160
Ln_Hg	-0,4190	-0,1076	0,1116	0,1015	0,2106	-0,1021	0,5433
Ln_In	-0,2633	-0,0657	0,0019	0,3356	0,3421	0,4181	0,5641
Ln_La	0,9270	0,0610	-0,0060	0,0050	-0,0250	0,0380	-0,1520
Ln_Li	-0,0830	0,4170	0,1310	0,6790	0,2720	0,2510	-0,2980
Ln_Lu	0,8150	0,4680	-0,0850	-0,1350	-0,0730	-0,0200	0,0810
Ln_Mo	-0,2110	0,0400	0,7040	0,2690	0,2490	0,1720	-0,0270
Ln_Nb	0,3600	0,7400	-0,0240	0,0270	-0,0540	0,2530	-0,0530
Ln_Ni	-0,1210	0,1510	0,1480	0,1020	0,8260	0,1050	-0,1180
Ln_P	0,7560	0,0330	-0,0830	-0,2090	0,1920	0,0120	-0,0910
Ln_Pb	-0,1010	-0,3010	0,7690	0,0020	0,0720	-0,0110	0,2060
Ln_Rb	0,3690	0,4920	-0,2140	0,0040	0,0640	0,6920	-0,1310
Ln_Sb	-0,1760	-0,4680	0,3700	0,3800	-0,1580	-0,1930	0,1650
Ln_Sc	-0,1240	0,6620	-0,1360	-0,0380	0,2850	0,3380	0,3610
Ln_Sn	0,2240	0,7960	0,0630	0,1900	0,0050	0,2840	-0,0870
Ln_Tb	0,9510	0,1320	-0,1320	0,0940	-0,0360	0,0360	-0,0820
Ln_Th	0,8930	-0,0660	-0,1120	0,0210	0,0890	0,0670	-0,2060
Ln_Tl	0,2070	0,4120	0,1380	0,0960	0,0080	0,7210	-0,1440
Ln_U	0,6180	0,5850	0,0720	-0,2680	-0,0180	0,1060	-0,0620
Ln_V	0,2790	0,7810	-0,1170	-0,2900	0,1000	0,0860	0,0720
Ln_Y	0,8200	0,4490	-0,1410	-0,1560	-0,0510	0,0630	0,0680
Ln_Yb	0,8320	0,4390	-0,0970	-0,1320	-0,0820	-0,0270	0,1000
Ln_Zn	-0,0800	-0,0010	0,7590	0,3510	0,1290	-0,0130	0,0730

Cuadro 5.11
Asociaciones geoquímicas de metamórficos del Neoproterozoico (pob. 11), según análisis de componentes principales

PC1: Tb-La-Ce-Th-Yb-Y-Lu-P-U
PC2: Sn-Cr-V-Nb-Sc-Ga
PC3: Cd-Pb-Zn-Mo
PC4: Be-Co-Bi-Li
PC5: Ni-Cu-Ag
PC6: Cs-Tl-Rb
PC7: Au-In-Hg

Mediante el análisis *cluster*, se confirman las asociaciones determinadas mediante el análisis de componentes principales, tanto para metales base como para metales preciosos; se define al Cs dentro de la asociación resultante en el PC5 (Ni-Cu-Ag). Asimismo, se confirma la asociación determinada en PC3 (Cd-Zn-Pb-Mo). Igualmente ocurre con el Au, asociado al In-Hg en PC7 (ver figura 5.34 y cuadro 5.12).

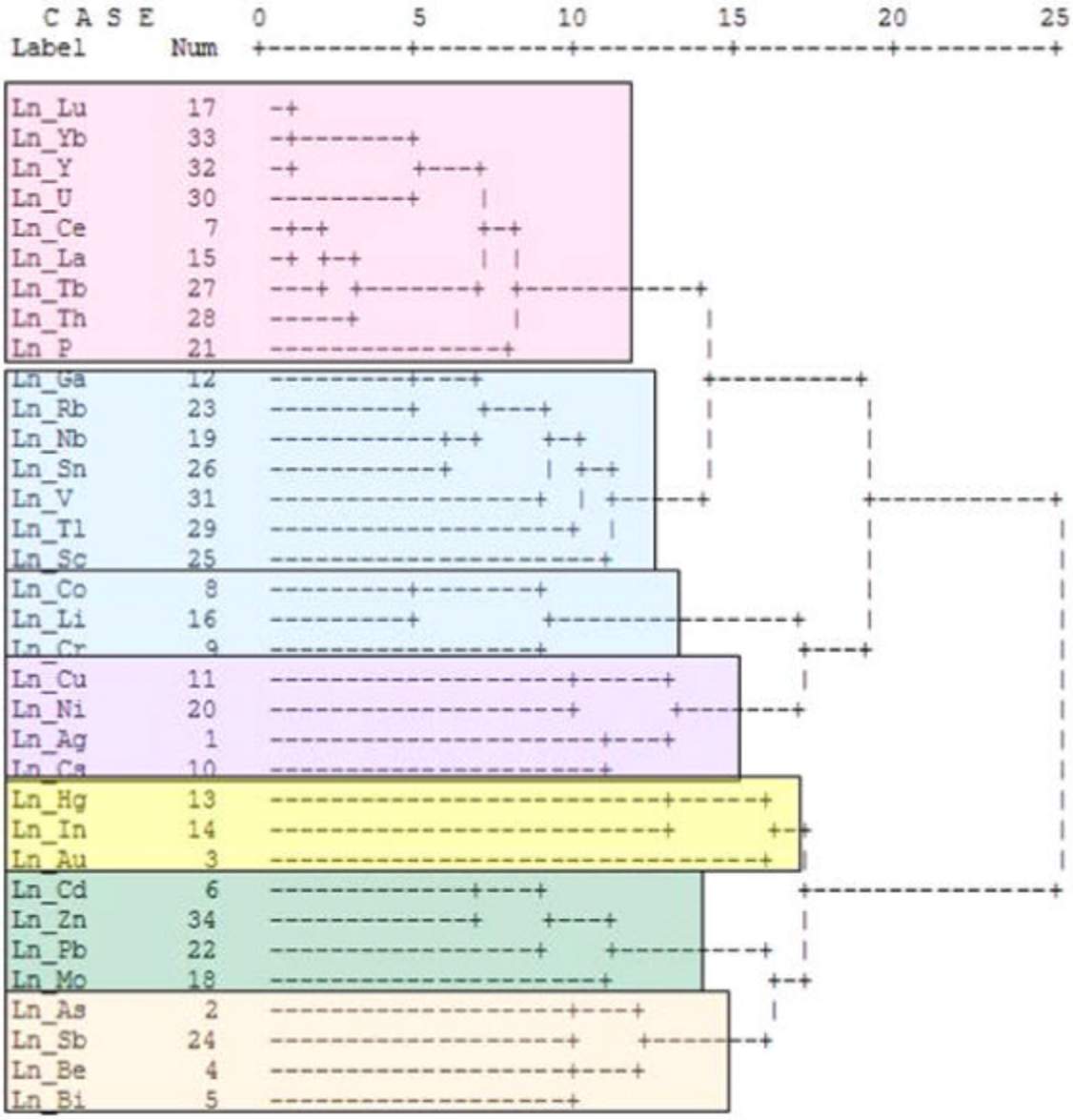


Figura 5.34 Dendograma de metamórficos del Paleozoico (pob. 11).

Cuadro 5.12
Asociaciones geoquímicas de metamórficos del Neoproterozoico (pob. 11), según análisis *cluster*

1. Lu-Yb-Y-U-Ce-La-Tb-Th-P
2. Ga-Rb-Nb-Sn-V-Tl-Sc
3. Co-Li-Cr
4. Cd-Zn-Pb-Mo
5. Cu-Ni-Ag-Cs
6. As-Sb-Be-Bi
7. Hg-In-Au

Asociaciones geoquímicas en intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior (pob. 12)

Se tiene al factor 1 como una manifestación geogénica, mientras que los restantes factores corresponden a mineralización (ver tabla 5.34 y cuadro 5.13).

Cuadro 5.13
Asociaciones geoquímicas de intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior (pob. 12), según análisis de componentes principales

PC1: Tb-Yb-Lu-Y-La-Ce-Th-P-U-Ga
PC2: Sb-As-Mn-Zn-Cd-Tl-Hg-Pb-Cs
PC3: Sc-Co-V-Li-Cu
PC4: Cr-Ni-Sn-Hg
PC5: Cs-Rb
PC6: W-Au

Mediante el análisis *cluster* se han definido seis asociaciones principales, confirmando la mayoría de ellas que resultaron del ACP (ver figura 5.35 y cuadro 5.14). El Cu aparece separado de otros metales base.

Cuadro 5.14
Asociaciones geoquímicas de intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior (pob. 12), según análisis *cluster*

1. Lu-Yb-Y-Tb-Ce-La-Th-P-U
2. Cr-Ni-Cd-Zn-Pb-Mo-Ag
3. Ga-Nb-Rb-Sn
4. Co-Sc-V-Li-Cu

Tabla 5.34
Matriz de componentes rotados en intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior

Elemento	Componente					
	1	2	3	4	5	6
Ln_Ag	-0,3050	0,2880	0,1640	0,4950	-0,1290	-0,3260
Ln_As	-0,1290	0,8360	0,0430	0,1280	0,1480	0,3250
Ln_Au	0,0930	0,1790	0,3230	0,0980	-0,1410	0,6890
Ln_Cd	-0,4332	0,7105	0,4387	0,0476	-0,1801	0,0719
Ln_Ce	0,9160	0,0090	0,1180	-0,1210	0,2440	-0,0420
Ln_Co	0,0770	0,1970	0,9070	0,0960	-0,0090	-0,1060
Ln_Cr	-0,1380	0,2250	0,2380	0,8630	0,1600	0,0800
Ln_Cs	0,1230	0,5820	-0,1360	0,0850	0,7420	0,0090
Ln_Cu	0,2560	0,1990	0,5750	0,5530	-0,1320	-0,1080
Ln_Ga	0,6140	-0,1910	0,5530	0,2450	0,3390	0,1990
Ln_Hg	0,0350	0,6620	-0,2950	0,6160	0,0560	0,0180
Ln_La	0,9170	0,0510	0,1110	-0,1010	0,2550	-0,0200
Ln_Li	0,0560	-0,0220	0,7750	0,2490	0,2760	0,2880
Ln_Lu	0,9600	-0,0290	0,0880	0,0720	-0,0120	0,1550
Ln_Mn	0,2360	0,7400	0,1320	0,3150	0,1760	-0,1230
Ln_Mo	-0,4100	0,3740	0,2120	0,3800	-0,3950	0,2630
Ln_Nb	0,4910	-0,2090	0,3990	0,3910	0,3620	0,3160
Ln_Ni	-0,3180	0,2750	0,2950	0,7880	0,0070	-0,0050
Ln_P	0,8110	0,1220	0,0690	-0,2870	-0,1030	0,0500
Ln_Pb	-0,0750	0,6230	0,5760	0,1220	-0,1870	-0,0330
Ln_Rb	0,5940	0,1140	0,2990	0,2510	0,6290	-0,0400
Ln_Sb	-0,0330	0,8530	-0,2250	-0,0720	-0,0420	0,0210
Ln_Sc	0,2750	-0,1300	0,9090	-0,0350	-0,0600	-0,1180
Ln_Sn	0,5080	-0,0010	0,0950	0,6770	0,2790	0,2290
Ln_Tb	0,9790	-0,0350	0,0360	-0,0920	0,0950	0,0410
Ln_Th	0,8780	-0,3280	-0,0320	-0,1290	-0,1130	-0,1050
Ln_Tl	-0,0090	0,6910	0,0370	0,2850	0,4410	-0,2060
Ln_U	0,7710	0,0340	0,0380	0,2780	0,1950	0,3160
Ln_V	0,0740	0,0260	0,8840	0,1470	0,0060	0,1240
Ln_W	0,3600	0,0190	-0,1930	-0,0590	0,0620	0,7060
Ln_Y	0,9570	-0,0970	0,0830	0,0120	0,0130	0,1480
Ln_Yb	0,9620	-0,0430	0,0830	0,0710	-0,0300	0,1650
Ln_Zn	-0,1027	0,7366	0,5248	0,2618	-0,0383	0,1387

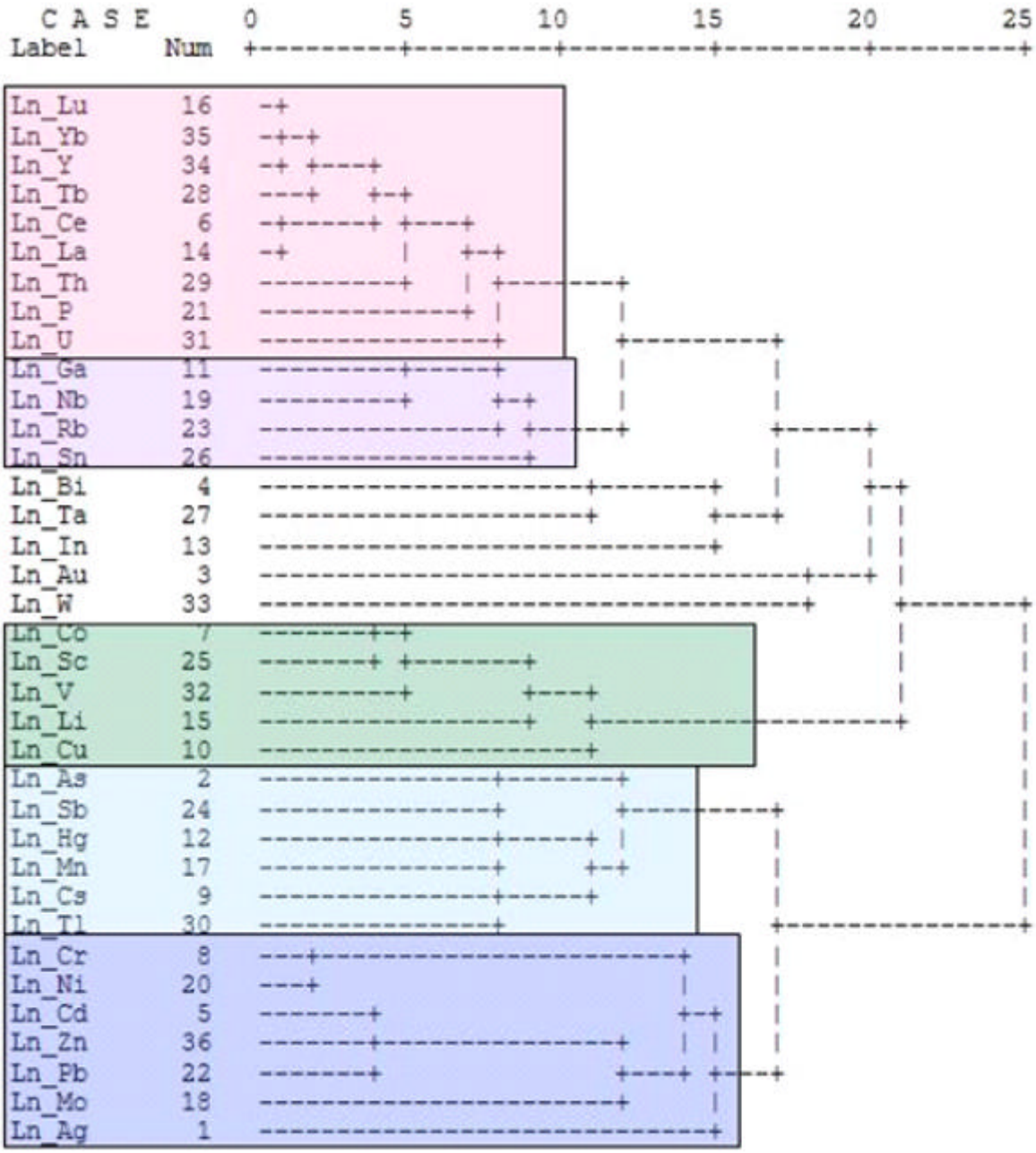


Figura 5.35 Dendograma de intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior (pob. 12).

ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS

A partir del procesamiento,se han determinado 279 anomalías geoquímicas de los elementos traza tratados. Con dicha información se han elaborado mapas geoquímicos a escala 1:150,000.En el mapa MAF-GE9-08-02, se pueden apreciar las muestras anómalas con sus respectivas áreas de influencia, polígonos asumidos con un área máxima de 10km^2.En los otros mapas geoquímicos, se presentan las anomalías considerando su intensidad (débil, moderado, fuerte o muy fuerte), así como las asociaciones que distinguen a cada ambiente geológico.

En los mapas geoquímicos, se incluye la ubicación de minas, prospectos u ocurrencias mineras, de manera que se puede determinar la relación de estas con las anomalías resultantes, esto es, si son producto de contaminación o no. En ese sentido, un 10% de las anomalías determinadas son resultado de contaminación minera.

Anomalías en metamórficos del Paleozoico

Esta unidad se distribuye a partir del río Marañón, hacia el oriente, con importantes yacimientos de oro y polimetálicos, principalmente en el sector septentrional del área de trabajo (mapa MAF-GE9-08-03). Se tienen dos asociaciones:

- Cd-Pb-Zn-Mo-Au, con ocurrencia en el sector septentrional, en las que algunos elementos alcanzan valores anómalos muy fuertes, como en los ríos Cajas (anomalía Culluna), 6km al este de Tayabamba; la anomalía Secseragra, aguas abajo de la mina de oro Pariwachu (ver foto 5.1); y el río Llacuabamba, aguas abajo de la mina de oro Santa Mónica. Anomalías sin aparente influencia o contaminación minera son la del río Lúcuma, 8km al este de Huancaspata e identificada a lo largo de 10km de dicho río (muestras 17i-SGQ08-196, 17i-SGQ08-194, 17i-SGQ08-185 y 17i-SGQ08-193).
- Ni-Cu-Ag-Cs, principalmente ocurre en el sector meridional, con un contraste de anomalía que llega a moderado en Ag y se denomina Condorcocha I (18j-SGQ08-006), a lo largo del río Pinra. Destacan también las anomalías de la quebrada Aurita, Jaujín (18j-SGQ08-022 y 18j-SGQ08-031), en el extremo meridional del área de trabajo. Igualmente se tiene la anomalía en el río Chunqui, la cual en la parte alta se muestra como una anomalía débil de Cs (18i-SGQ08-272, 18i-SGQ08-252, 18i-SGQ08-250), y una vez que confluye al río Marañón se refleja como una anomalía débil de Ag (18i-SGQ08-258).

Foto 5.1 Anomalía Secseragra (muestra 17i-SGQ08-034), en la quebrada Cañaracra, con valores anómalos muy fuertes de Pb-Zn (se aprecian rodados de esquistos con trazas de pirita y granodioritas silicificadas y oxidadas).

Anomalías en intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior

Sus afloramientos son bastante limitados, principalmente hacia el extremo noroccidental, entre Sitabamba y el río Mayas, por la margen izquierda del río Marañón (mapa MAF-GE9-08-04). Las dos asociaciones que destacan son:

- Au-Sc-Co-V-Li-Cu, la anomalía más significativa es de Au, con un contraste muy fuerte, se denomina Mollebambita y se ubica aunos 3km al oeste de la mina Don Eusebio (Ag, Pb, Zn). Otras anomalías de Au, de contraste débil, ocurren en quebrada Casga (anomalía Idatbamba), en la quebrada Molino (anomalía Atash), ver foto 5.2.
- Zn-Cd-Pb-Mo-Ag-Ni-Cr, las anomalías más destacadas son las que ocurren en la quebrada Chinchango y que, aunque los metales base tengan contrastes anómalos débiles, en el caso del Cr, este llega al rango de moderado.

Foto 5.2 Quebrada Molino, Huataullo, donde se aprecian rodados de granitos gneisificados, con moderada oxidación de Fe.

Anomalías en sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior

Se ubican en el sector occidental del área de trabajo, en los cursos medios a superiores de los ríos que drenan al río Marañón, entre Sihuas y Piscobamba (mapa MAF-GE9-08-05). Se tiene una única asociación.

- Pb-Cr-Ni-Ag-Cu-Mo-Au, siendo el Pb y el Cr los elementos que alcanzan un contraste anómalo muy fuerte, como en la anomalía Cuchicancha, donde el Ni tiene contraste fuerte, mientras que el Au y Cu tienen un contraste débil. Aparentemente esta anomalía no es resultado de contaminación minera. A pocos kilómetros aguas abajo se tiene la anomalía Shinhua, moderada también en Pb. Otra anomalía interesante de mencionar es la Grande, fuerte en Ag, moderada en Mo y débil en Pb, Cu y Cr; a 13km aguas arriba de esta, se ubica la mina Wicrococha, de Ag,Pb,Zn.

Anomalías en sedimentarios pelíticos del Jurásico superior

Al igual que el grupo anterior, estas unidades se ubican en el sector occidental de la zona de trabajo, entre Sihuas y Piscobamba, conformando todo el paquete sedimentario Jurásico (mapa MAF-GE9-08-06). Dos asociaciones han sido distinguidas.

- Sb-As-Pb-Au, las anomalías determinadas son débiles.Se pueden mencionar las de Au en la cuenca del río Yurma: San Francisco y Cruz Pampa; así como la anomalía Yauya, cerca a la localidad del mismo nombre (ver foto 5.3).
- Mn-Co-Nb-Ni-P-Mo-U, en las cabeceras del río Grande ocurren anomalías muy fuertes de Mo-U (Mesapata y Morococha I), alcanzando rangos de fuerte en Co y moderado en Mn y Nb. Destacables también son las anomalías de U, dispuestas en las cabeceras del río Cullupampa, alcanzando un contraste anómalo fuerte en el caso de Tingopampa.

Anomalías en sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior

Estas unidades se disponen a manera de franjas de orientación andina, principalmente en la margen izquierda del río Marañón (mapa MAF-GE9-08-07). Además de las anomalías resultantes de contaminación minera, caso de los yacimientos Pueblo VI (Pb,Zn,Ag), San Juan Ag,Pb,Zn), Pasacancha (Ag,Pb), Jancapampa (Ag,Pb), se tienen otras anomalías cuyos elementos están asociados en dos grupos:

- Cu-Ag-In-Au, destaca la anomalía Titicueva, 10 km al noroeste de Parobamba, débil en Ag; también Cospana y Pucatoma, 2km aguas arriba de Pampachacra, débiles en Ag. En las

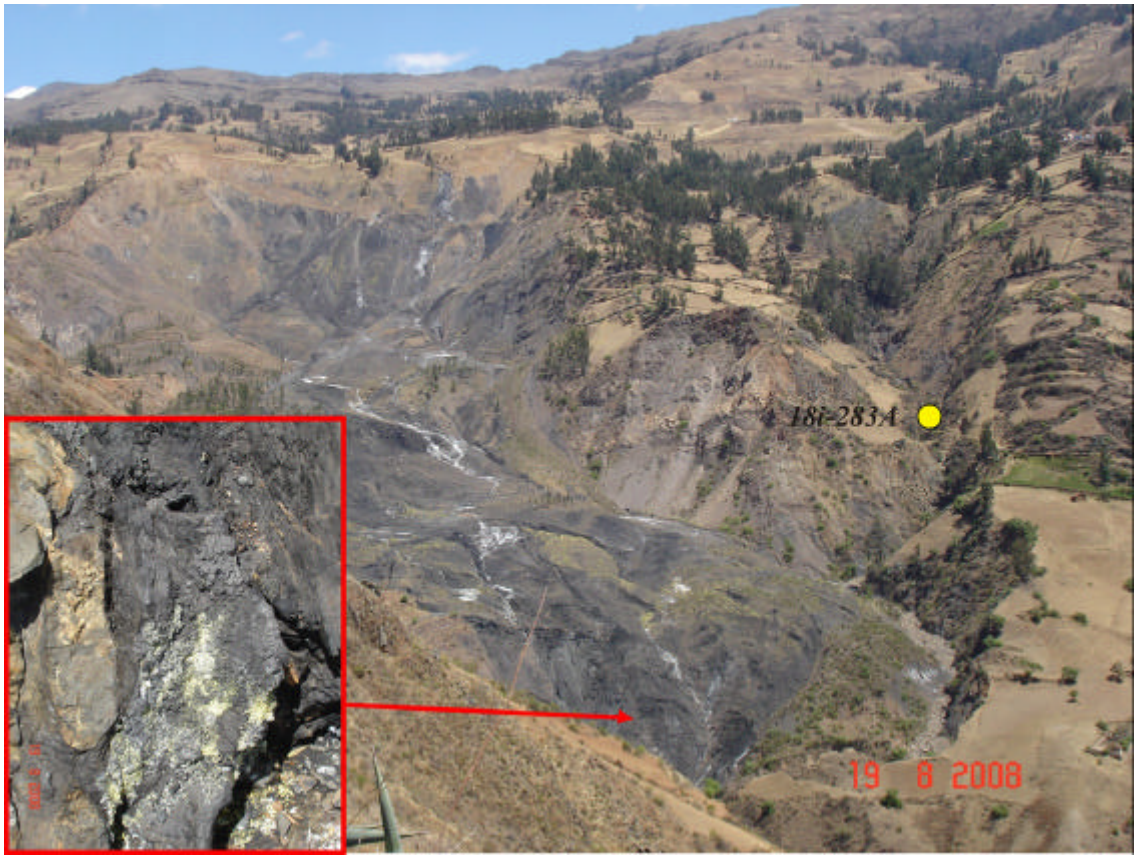


Foto 5.3 Anomalía Yauya (muestra 18i-SGQ08-283) con intensidad débil en Au a lo largo de la quebrada Shaupiragra, donde se observa abundante sulfatación(acercamiento aguas abajo de afloramientos de areniscas y lutitas grises mineralizadas con pirita e intensa silicificación).

cabeceras del río Andaymago, cerca a la mina Pasacancha (Ag,Pb) y sin aparente influencia de esta, se tiene la anomalía Pucagaga, moderada en Au; igualmente, la anomalía Bateanajirca, en las cabeceras de la quebrada Mitobamba, con un contraste anómalo muy fuerte en Cu.

- Co-Mn-Ni-Pb-Zn-Cd-Mo, destaca la anomalía Ocopón, moderada en Zn y ubicada 6km al norte de Quinuabamba; también la anomalía Chacapatac, 10km al oeste de Lucma, con un contraste débil en Zn.

Anomalías en sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior

Con afloramientos bastante reducidos, siguiendo la tendencia andina, principalmente a lo largo de la margen izquierda del río Marañón como de los ríos Cajas (parte alta) y Challas (mapa MAF-GE9-08-08), se presentan anomalías que aparentemente no están afectadas por contaminación minera, salvo Vizcachas (Au,Ag) producto de la contaminación de la mina Gigante (Au). Se distinguen dos asociaciones:

- Au-Pb-Zn-Ag, destaca la anomalía Collpayacu (Ucros), moderada en Pb; en el curso superior del río Cajas, ocurren anomalías de Au, Ag, Pb, con una intensidad fuerte para el primero de ellos, pero débil para los otros.
- Cd-Sr-Mo-Ni, las limitadas anomalías de esta asociación son débiles en Mo, como las identificadas en el río Challas o las débiles de Sr (Ponto y Chihuan) de la subcuenca del río Yanamayo.

PÁGINA EN BLANCO

CONCLUSIONES

1. Se han determinado 279 anomalías, 10% de las cuales son resultado de contaminación minera.
2. Los mayores niveles de fondo y umbrales geoquímicos por Au, Ag, Pb, Zn han sido determinados en el ambiente de intrusivos del Paleozoico inferior, mientras que los del Cu lo han sido en los intrusivos del Neógeno.
3. Las anomalías determinadas en el ambiente metamórfico del Neoproterozoico ocurren en dos asociaciones: Cd-Pb-Zn-Mo-Au y Ni-Cu-Ag-Cs, ligadas ambas a mineralización polimetálica y de oro presente en el área de estudio.
4. Las anomalías en intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferiorse presentan en dos asociaciones: Au-Sc-Co-V-Li-Cu y Zn-Cd-Pb-Mo-Ag-Ni-Cr, notándose al Au separado de los polimetálicos.
5. Las anomalías en sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior siguen la asociación general Pb-Cr-Ni-Ag-Cu-Mo-Au, incluyendo metales base y preciosos.
6. Las anomalías en el ambiente de sedimentarios pelíticos del Jurásico superior ocurren siguiendo dos asociaciones: Sb-As-Pb-Au y Mn-Co-Nb-Ni-P-Mo-U, ligadas a mineralización.
7. Las anomalías en sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior presentan dos asociaciones polimetálicas:Cu-Ag-In-Au y Co-Mn-Ni-Pb-Zn-Cd-Mo.
8. Las anomalías en sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior tienen dos asociaciones: Au-Pb-Zn-Ag y Cd-Sr-Mo-Ni, ambas ligadas a mineralización.
9. El Cd es un conocido elemento indicador, que se ha encontrado asociado a Pb-Zn en casi todos los ambientes geológicos, excepto en el de los sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior (Formación Chota), donde se le halla con el Ni, elemento muy predominante en unidades pelíticas, como es en este caso.
10. Otro importante elemento indicador es el Mo, ligado a la asociación Cd-Pb-Zn, tanto en intrusivos como en sedimentarios y metamórficos, en ambientes como la Formación Chicama, donde predominan las pelitas (este elemento está ligado fuertemente al U).

PÁGINA EN BLANCO

BIBLIOGRAFÍA

Allende, T. (1996) - Geología del cuadrángulo de San Pedro de Chonta. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 68, 223 p.

Bosc, E. (1941) – Aguila. En: Samamé, M. *El Perú minero.* Lima: Editora Perú, t. 4, v. 1, p. 99-112.

Broggi J. (1981) – Buldibuyo. En: Samamé, M. *El Perú minero.* Lima: Editora Perú, t. 4, v. 3, p. 1017-1026.

Caro, M. (1946) – La Estrella. En: Samamé, M. *El Perú minero.* Lima: Editora Perú, t. 4, v. 3, p. 1095-1153

Compañía Minera Ancash Perú (2010a) – *Prospecto: Basílica de la Virgen* (en línea). Lima. (Consulta: 01 diciembre 2009). Disponible en: <http://www.ancashperu.com/basilica.htm>

Compañía Minera Ancash Perú S.A. (2010b) - *ProspectoHuamanya* (en línea). Lima. (consulta: 01 setiembre 2010). Disponible en: <http://www.ancashperu.com/admin/images/upload_f2/0.31199600%201201878432.jpg>

Compañía Minera Ancash Perú (2010c) - *Prospecto Choloque* (en línea). Lima. (consulta: 01 diciembre 2009). Disponible en: <http://www.ancashperu.com/choloque.htm>

Duran Ventures (2010) - *Pasacancha target* (en línea). Ontario. (consulta: 01 setiembre 2010). Disponible en: <http://www.duranventuresinc.com/SiteResources/ViewContent.asp?DocID=231&v1ID=&RevID=544&lang=1>

Haeberlin, Y.; Moritz, R. & Fontboté, L. (2002) - Paleozoic orogenic gold deposits in the eastern Central Andes and its foreland, South America. *Ore Geology Reviews* 22(1-2): 41-59.

Quispe, J., et al. (2008) – *Mapa metalogenético del Perú 2008: herramienta esencial para las exploraciones mineras* (cd-rom). En: Congreso Peruano de Geología, 14; Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, 2008. *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2010) - *Mapa de clasificación climática (en línea).* Lima: DRNAMHI. (consulta: 01 setiembre 2010). Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=0240>

Tapia, M. (2008) - *Formulación de un modelo geológico-estructural, en el sistema de vetas de la franja oeste del yacimiento minero de Parcoy, Consorcio Minero Horizonte*. Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 86 p.

Tumialán, P. (2003) – Compendio de Yacimientos Minerales del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica*, 10, 620 p.

Vidal, C.; Paredes, J.; MacFarlane, A.W. & Tosdal, R.M. (1995) - Geología y metalogenia del distrito minero Parcoy, provincia aurífera de Pataz, La Libertad. En: Sociedad Geológica del Perú. *Volumen Jubilar Alberto Benavides*. Lima, p.351-377.

Viladevall, M. (2008) - *La prospección geoquímica (libro en línea)*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 268 p. (consulta: 01 diciembre 2009). Disponible en: <http://www.publicacions.ub.es/>

Wilson, J.J. & Reyes, L. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pataz. *Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín* 9, 91 p.

Wilson, J.J.; Reyes, L. & Garayar, J. (1995) - Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Actualizado por la Dirección de la Carta Geológica Nacional. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 60, 79 p.

PÁGINA EN BLANCO

ANEXOS

PÁGINA EN BLANCO

Relación de minas, prospectos y ocurrencias

N°	Nombre	Hoja	Elemento	Estado	Norte	Este
1	Acotambo	Pomabamba	Cu	Producción	9 035 850	272 622
2	Águila	Corongo	Cu-Mo	Producción	9 050 180	204 631
3	Aurelio	Pallasca	Pb-W	Producción	9 091 227	205 268
4	Catarina	Pallasca	Au	Prospecto	9 086 312	205 822
5	Cobre 2	Tayabamba	Au-Cu	Prospecto	9 089 759	251 488
6	Cobre Buldibuyo	Tayabamba	Pb-Zn-Au	Prospecto	9 112 429	233 317
7	Cobre Parcoy	Tayabamba	Cu-Ag	Ocurrencia	9 112 942	237 144
8	Don Eusebio	Pallasca	Ag-Pb-Zn	Producción	9 105 671	204 560
9	El Diamante	Corongo	C	Producción	9 055 741	208 571
10	EL Milagro	Corongo	Ag-Pb-Zn	Producción	9 032 749	218 089
11	Flor II	Tayabamba	Au-Pb-Zn	Producción	9 103 742	225 221
12	Fray Martín	Pomabamba	Cu	Producción	9 046 173	272 047
13	Gigante	Tayabamba	Au	Ocurrencia	9 108 147	231 689
14	Huiro-Huiro	Tayabamba	Au	Producción	9 102 944	235 517
15	Jancapampa	Corongo	Ag-Pb	Producción	9 020 783	221 350
16	José Emilio	Tayabamba	Cu-Ag	Prospecto	9 100 790	245 576
17	La Esperanza	Pomabamba	Ag-Pb-Cu	Producción	9 026 341	224 982
18	La Estrella	Tayabamba	Au	Prospecto	9 097 022	247 803
19	La Estrella	Tayabamba	Au-Ag-Cu	Producción	9 094 358	244 174
20	La Paccha	Tayabamba	Au-Ag	Producción	9 101 869	235 677
21	La Poderosa	Corongo	Au-Ag-Pb	Producción	9 040 397	212 500
22	La Rangra	Tayabamba	Au	Ocurrencia	9 101 831	234 330
23	Laguna Negra	Tayabamba	Au	Ocurrencia	9 108 100	239 347
24	Lastenia	Tayabamba	Au	Ocurrencia	9 109 461	230 516
25	Mónica	Pomabamba	Ag-Pb-Zn	Producción	9 006 186	245 287
26	Parcoy	Tayabamba	Au	Producción	9 111 785	228 572
27	Parlwachu	Tayabamba	Au	Ocurrencia	9 095 867	250 136
28	Pasacancha	Corongo	Ag-Pb	Producción	9 040 970	206 530
29	Pomacocha	Tayabamba	Au-Ag-Pb	Prospecto	9 084 279	249 835
30	Pueblo VI	Corongo	Pb-Zn-Ag	Ocurrencia	9 056 716	207 247
31	Retamas	Tayabamba	Au	Ocurrencia	9 112 974	226 849
32	San Juan	Pallasca	Ag-Pb-Cu	Producción	9 087 131	213 565
33	San Juan	Corongo	Ag-Pb-Zn	Ocurrencia	9 048 429	218 258
34	San Martín	Pomabamba	Ag-Pb-Zn	Producción	9 004 509	252 326
35	Santa Mónica	Tayabamba	Au	Ocurrencia	9 111 396	235 376
36	Santa Rosa	Pomabamba	Cu	Prospecto	9 043 224	272 277
37	Senobia	Pomabamba	Ag-Pb-Cu	Producción	9 017 399	244 301
38	Siberia	Tayabamba	Ag-Au-Pb	Prospecto	9 105 051	238 262
39	Sol Naciente	Tayabamba	Cu	Prospecto	9 101 433	239 906
40	Tomac	Tayabamba	Au-Cu-Ag	Prospecto	9 084 249	244 600
41	Tumpa	Pomabamba	Au	Prospecto	9 016 353	239 417
42	Wicrococha	Corongo	Ag-Pb-Zn	Producción	9 011 549	219 579

PÁGINA EN BLANCO

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapas: escala: 1:150 000

MAF-GE9-08-01 Ubicación de muestras

MAF-GE9-08-02 Anomalías geoquímicas

MAF-GE9-08-03 Muestras anómalas y su intensidad metamórficos del Neoproterozoico. Asociación: Cd, Pb, Zn, Mo, Au, y Ni, Cu, Ag, Cs

MAF-GE9-08-04 Muestras anómalas y su intensidad intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior. Asociación: Zn, Cd, Pb, Mo, Ag, Ni, Cr, y Au, Sc, Co, V, Li, Cu.

MAF-GE9-08-05 Muestras anómalas y su intensidad sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior. Asociación: Pb, Cr, Ni, Ag, Cu, Mo, Au

MAF-GE9-08-06 Muestras anómalas y su intensidad sedimentarios pelíticos del Jurásico superior. Asociación: Mn, Co, Nb, Ni, P, Mo, U y Sb, As, Pb, Au

MAF-GE9-08-07 Muestras anómalas y su intensidad sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior. Asociación: Co, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Mo, y Cu, Ag, In, Au

MAF-GE9-08-08 Muestras anómalas y su intensidad sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior – paleoceno. Asociación: Cd, Sr, Mo, Ni y Au, Pb, Zn, Ag

Figuras

Figura 1.1 Mapa de ubicación y accesibilidad

Figura 1.2 Mapa de climas

Figura 1.3 Mapa de unidades geomorfológicas.

Figura 1.4 Mapa de cuencas hidrográficas

Figura 2.1 Mapa de unidades estratigráficas generalizadas

Figura 2.2 Columna estratigráfica generalizada

Figura 3.1 Mapa de unidades estructurales

Figura 4.1 Unidades metalogenéticas

Figura 5.1 Mapa de pH del agua

Figura 5.2 Mapa de conductividad eléctrica del agua

Figura 5.3 Box plot de antimonio en doce poblaciones estadísticas

Figura 5.4 Box plot de arsénico en doce poblaciones estadísticas

Figura 5.5 Box plot de bismuto en doce poblaciones estadísticas

Figura 5.6 Box plot de cadmio en doce poblaciones estadísticas

Figura 5.7 Box plot de cesio en doce poblaciones estadísticas

Figura 5.8 Box plot de cobalto en doce poblaciones estadísticas

Figura 5.9 Box plot de cobre en doce poblaciones estadísticas
Figura 5.10 Box plot de cromo en doce poblaciones estadísticas
Figura 5.11 Box plot de escandio en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.12 Box plot de estaño en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.13 Box plot de estroncio en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.14 Box plot de fósforo en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.15 Box plot de indio en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.16 Box plot de litio en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.17 Box plot de manganeso en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.18 Box plot de mercurio en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.19 Box plot de molibdeno en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.20 Box plot de niobio en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.21 Box plot de níquel en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.22 Box plot de oro en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.23 Box plot de plata en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.24 Box plot de plomo en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.25 Box plot de uranio en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.26 Box plot de vanadio en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.27 Box plot de wolframio en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.28 Box plot de zinc en doce poblaciones estadísticas.
Figura 5.29 Dendograma de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno (pob. 2).
Figura 5.30 Dendograma de sedimentarios carbonatados del Cretáceo (pob. 3).
Figura 5.31 Dendograma de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior (pob. 4).
Figura 5.32 Dendograma de sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (pob. 5).
Figura 5.33 Dendograma de sedimentarios pelíticos del Jurásico superior (pob. 6).
Figura 5.34 Dendograma de metamórficos del Paleozoico (pob. 11).
Figura 5.35 Dendograma de intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior (pob. 12).

Tablas

Tabla 5.1 Conformación de poblaciones estadísticas
Tabla 5.2 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de antimonio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.3 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de arsénico en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.4 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de bismuto en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.5 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cadmio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.6 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cesio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.7 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cobalto en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.8 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cobre en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.9 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de cromo en las doce poblaciones estadísticas.

Tabla 5.10 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de escandio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.11 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de estaño en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.12 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de estroncio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.13 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de fósforo en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.14 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de indio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.15 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de litio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.16 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de manganeso en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.17 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de mercurio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.18 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de molibdeno en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.19 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de niobio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.20 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de níquel en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.21 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de oro en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.22 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de plata en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.23 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de plomo en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.24 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de uranio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.25 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de vanadio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.26 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de wolframio en las doce poblaciones estadísticas.
Tabla 5.27 Valores de fondo y umbrales geoquímicos de zinc en las doce poblaciones estadísticas.

Cuadros

Cuadro 5.1 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno (Pob. 2), según análisis de componentes principales.
Cuadro 5.2 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo superior-Paleoceno (Pob. 2), según análisis cluster.
Cuadro 5.3 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios carbonatados del Cretáceo (Pob. 3), según análisis de componentes principales.
Cuadro 5.4 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios carbonatados del Cretáceo (Pob. 3), según análisis cluster
Cuadro 5.5 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior (Pob. 4), según análisis de componentes principales.
Cuadro 5.6 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Cretáceo inferior (Pob. 4), según análisis cluster.
Cuadro 5.7 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (Pob. 5), según análisis de componentes principales.
Cuadro 5.8 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (Pob. 5), según análisis cluster.
Cuadro 5.9 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios pelíticos del Jurásico superior (Pob. 6), según análisis de componentes principales.
Cuadro 5.10 Asociaciones geoquímicas de sedimentarios silicoclásticos del Jurásico superior (Pob. 6), según análisis cluster.
Cuadro 5.11 Asociaciones geoquímicas de metamórficos del Neoproterozoico (Pob. 11), según análisis de componentes principales.
Cuadro 5.12 Asociaciones geoquímicas de metamórficos del Neoproterozoico (Pob. 11), según análisis cluster.
Cuadro 5.13 Asociaciones geoquímicas de intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior (Pob. 12), según análisis de componentes principales.

Cuadro 5.14 Asociaciones geoquímicas de intrusivos metamorfizados del Paleozoico inferior (Pob. 12), según análisis cluster.

Fotografías

Foto 1.1 Valle glacial, quebrada Huascacocha. Vista mirando al NE.

Foto 1.2 Encañonamiento del río Marañón,en su confluencia con la quebrada Auyubamba (vista mirando al NE)

Foto 1.3 Superficie encañonada en el río Mayas, tributario del Marañón (vista mirando al NE)

Foto 1.4 Superficie encañonada en el poblado de Limón(vista mirando al NE)

Foto 1.5 Cordillera Blanca en la carretera Recuay-Huaraz (vista mirando al NE)

Foto 1.6 Río Marañón cerca del pueblo de San Pablo (vista mirando al NO)

Foto 2.1 Afloramiento del Complejo del Marañón, frente al poblado de Casga

Foto 2.2 Esquistos micáceos cloritosos con vetillas de cuarzo (quebrada Laguna)

Foto 2.3 Esquisto micáceo del Complejo del Marañón, cerca al poblado de San Pablo (margen izquierda del Marañón)

Foto 2.4 Afloramiento del Grupo Mitu en la quebrada Cajón, consistiendo de conglomerados polimícticos en la base que gradan a areniscas pardas rojizas (vista mirando al SE)

Foto 2.5 Afloramiento de tobas líticas (poblado de Querobamba)

Foto 2.6 Afloramientos de areniscas intercaladas con lutitas carbonosas de la Familia Chicama, aguas abajo del distrito de Llama (vista mirando al SE).

Foto 2.7 Afloramiento de areniscas cuarzosas de la Formación Chimú en el río Rúpac (vista mirando al NO)

Foto 2.8 Afloramiento de areniscas cuarzosas de la Formación Chimú (Ki-chi), infrayaciendo a areniscas ferruginosas de la Formación Santa-Carhuaz (Ki-saca), margen derecha de la quebrada Tinco (vista mirando al SE)

Foto 2.9 Pliegues simétricos de la Formación Santa-Carhuaz, en la margen derecha de la quebrada Lucma (vista mirando al NO).

Foto 2.10 Sobreescurrimiento que pone en contacto los conglomerados y areniscas rojizas de la Formación Chota (KsP-ch) con las calizas de la FormaciónJumasha-Celendín (Ks-jc), cerca al poblado de Ollas (vista mirando al SO).

Foto 2.11 Dique de andesita que corta a granito gneisificado, cerca de la quebrada San Mateo.

Foto 2.12 Rodado de granito gnesificado con abundante contenido micáceo (quebrada Chinchango)

Foto 2.13 Xenolitos en cuerpo intrusivo del batolito

Foto 2.14 Afloramiento del Batolito de Pataz, en la quebrada Huascacocha, con alteración sericítica y mineralización de cobre (sulfatos).

Foto 2.15 Dique riolítico alterado (con pirita diseminada), que corta las lutitas y areniscas de la Formación Chicama, en la quebrada Milluatashani (vista mirando al este)

Foto 3.1 Sinclinal sobre el río Rúpac-Uchubamba (vista mirando al SE)

Foto 3.2 Pliegue anticlinal cilíndrico en areniscas cuarzosas de la Formación Chimú, cerca al Hacienda Chuspi, Umbe (vista mirando al NE)

Foto 3.3 Pliegue anticlinal en areniscas de la FormaciónSanta-Carhuaz en la confluencia de la quebrada Huicha (a la derecha) y quebrada Ingenio (a la izquierda) (vista mirando al NO)

Foto 3.4 Pliegue en chevrón en areniscas grises y arcillitas de la Formación Chicama (parte inferior) y areniscas cuarzosas de la FormaciónChimú (parte superior) sobre el río Yurma (vista mirando al NO)

Foto 3.5 Ahijadero, mirando al sureste (Formación Chota infrayaciendo a Formación Jumasha por sobreescurrimiento).

Foto 4.1 Vetas de cuarzo en esquistos, a lo largo de quebrada Urpaycito

Foto 4.2 Parcoy, falla que controla la mineralización

Foto 4.3 MARSA, trabajos de explotación

Foto 4.4 Vetas de cuarzo con pirita y arsenopirita

Foto 4.5 Pórfido de Cu-Mo

Foto 5.1 Anomalía Secseragra (muestra 17i-SGQ08-034), en la quebrada Cañaracra, con valores anómalos muy fuertes de Pb-Zn (se aprecian rodados de esquistos con trazas de pirita y granodioritas silicificadas y oxidadas)

Foto 5.2 Quebrada Molino, Huataullo, donde se aprecian rodados de granitos gneisificados, con moderada oxidación de Fe

Foto 5.3 Anomalía Yauya (muestra 18i-SGQ08-283) con intensidad débil en Au a lo largo de la quebrada Shaupiragra, donde se observa abundante sulfatación(acercamiento aguas abajo de afloramientos de areniscas y lutitas grises mineralizadas con pirita e intensa silicificación)

Anexos

Tabla anexo Relación de minas, prospectos y ocurrencias.

INGEMMET

Av. Canadá 1470 - San Borja, Lima 41, Perú
Teléfono: 051 - 1- 618 9800
Fax: 051-1-225-3063 I 051-1-225-4540
www.ingemmet.gob.pe
comunicacion@ingemmet.gob.pe