



INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

DIRECCION DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

PROGRAMA DE METALOGENIA

PROYECTO GE 33

“METALOGENIA Y GEOLOGÍA ECONÓMICA POR REGIONES”



MEMORIA SOBRE LA GEOLOGÍA ECONÓMICA DE LA REGIÓN PUNO

Preparado por:

Jorge ACOSTA, Italo RODRIGUEZ, Michael VALENCIA & Alexander FLORES

Lima - Perú

2011

PRESENTACIÓN

INGEMMET y la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, en su misión de difundir y fomentar la inversión minera, presenta en este estudio, una información de la geología económica, recursos minerales; minas y proyectos de la región Puno.

Esta publicación se ha denominado “**Memoria sobre la Geología Económica de la Región Puno**”, que pretende ser un medio de consulta ligera donde se integran datos actualizados, que ponga al alcance de los gobernantes, inversionistas, comunidad científica e interesados, la información detallada del estado y perspectivas de cada uno de los principales proyectos mineros metálicos.

El presente estudio proporciona información completa, veraz y actualizada sobre el detalle de las operaciones mineras y proyectos que comprende la región Puno. Para cada operación minera, proyecto y prospectos, se he compilado y registrado la información de ubicación geográfica, coordenadas geográficas, aspectos geológicos como estratigrafía, mineralización, alteración, reservas y potencial minero con sus respectivas leyes y nivel de producción.

En la actualidad, el Perú tiene una expectante posición competitiva en la minería mundial, manteniendo un liderazgo minero en Latinoamérica. Es el mayor productor de oro, zinc y plomo, segundo productor en estaño, plata y cobre. Puno, es una región privilegiada por contar con concentración de recursos metálicos.

Por estas razones, INGEMMET y el Programa de Metalogenia de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos; contribuyen a mantener la difusión de las principales actividades mineras, en beneficio y apoyo al desarrollo sostenible de la región Puno.

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES	3
1.1. Ubicación y accesibilidad	3
1.2. Geomorfología	5
CAPÍTULO II: MARCO GEOLÓGICO	7
2.1. Unidades litoestratigráficas	7
2.2. Rocas intrusivas	11
CAPÍTULO III: GEOLOGÍA ECONÓMICA	14
3.1. Principales depósitos minerales	14
3.2. Franjas metalogenéticas	39
3.3. Producción y reservas metálicas	42
CAPÍTULO IV: ACTIVIDAD MINERA	44
4.1. Situación del entorno legal	44
4.2. Principales iniciativas de apoyo	44
4.3. Plantas de beneficio	45
REFERENCIAS	47

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Ubicación y accesibilidad

La Región Puno se ubica al extremo sur este del Perú, entre los paralelos 13°00'00" y 17°17'30" de latitud sur y los meridianos 71°06'57" y 68°48'46". Limita por el norte con la Región Madre de Dios, por el este con la República de Bolivia, por el sur con la Región Tacna y la República de Bolivia, y por el oeste con las regiones de Moquegua, Arequipa y Cusco.

El territorio puneño tiene una extensión territorial de 71,999 Km², comprende 43,886.36 Km² de sierra (61.0%) y 23,101.86 Km² de zona de selva (32.1%), 14.5 Km² de superficie Insular (0.02%) y 4996.28 Km² (6.9%) que corresponden a la parte peruana del Lago Titicaca. La región abarca un perímetro fronterizo de 1108 Km que representa el 11% de línea de frontera del Perú. Puno es la quinta región más grande en el ámbito nacional.

La capital de la región es la ciudad de Puno, ubicada a orillas del Lago Titicaca, a una altura media de 3827 msnm, la segunda ciudad más importante es Juliaca, a 65 Km de Puno, a una altura media de 3825 msnm. La región Puno abarca el altiplano entre los 3812 y 5500 msnm, la ceja de selva y la selva alta entre los 4200 y 500 msnm.

Se puede acceder a la Región Puno por vía aérea a través del aeropuerto internacional Inca Manco Capac ubicada en la ciudad de Juliaca. El acceso vía terrestre se realiza a través de diferentes caminos asfaltados como se muestra en el cuadro siguiente (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1.- Acceso a la region Puno por vía terrestre.

Vías de Acceso	Distancia (Km)	Tiempo (hora aprox.)	TIPO DE VÍA	VÍA PRINCIPAL
Arequipa - Puno	250	6	Asfaltada	Arequipa - Puno
Cuzco - Puno	300	7	Asfaltada	Cuzco - Puno
Juliaca - Puno	45	1	Asfaltada	Juliaca - Puno
Desaguadero - Puno	140	3	Asfaltada	Desaguadero - Puno
Moquegua - Puno	400	8	Asfaltada	Moquegua - Puno
Tacna - Puno	550	10	Asfaltada	Tacna - Puno

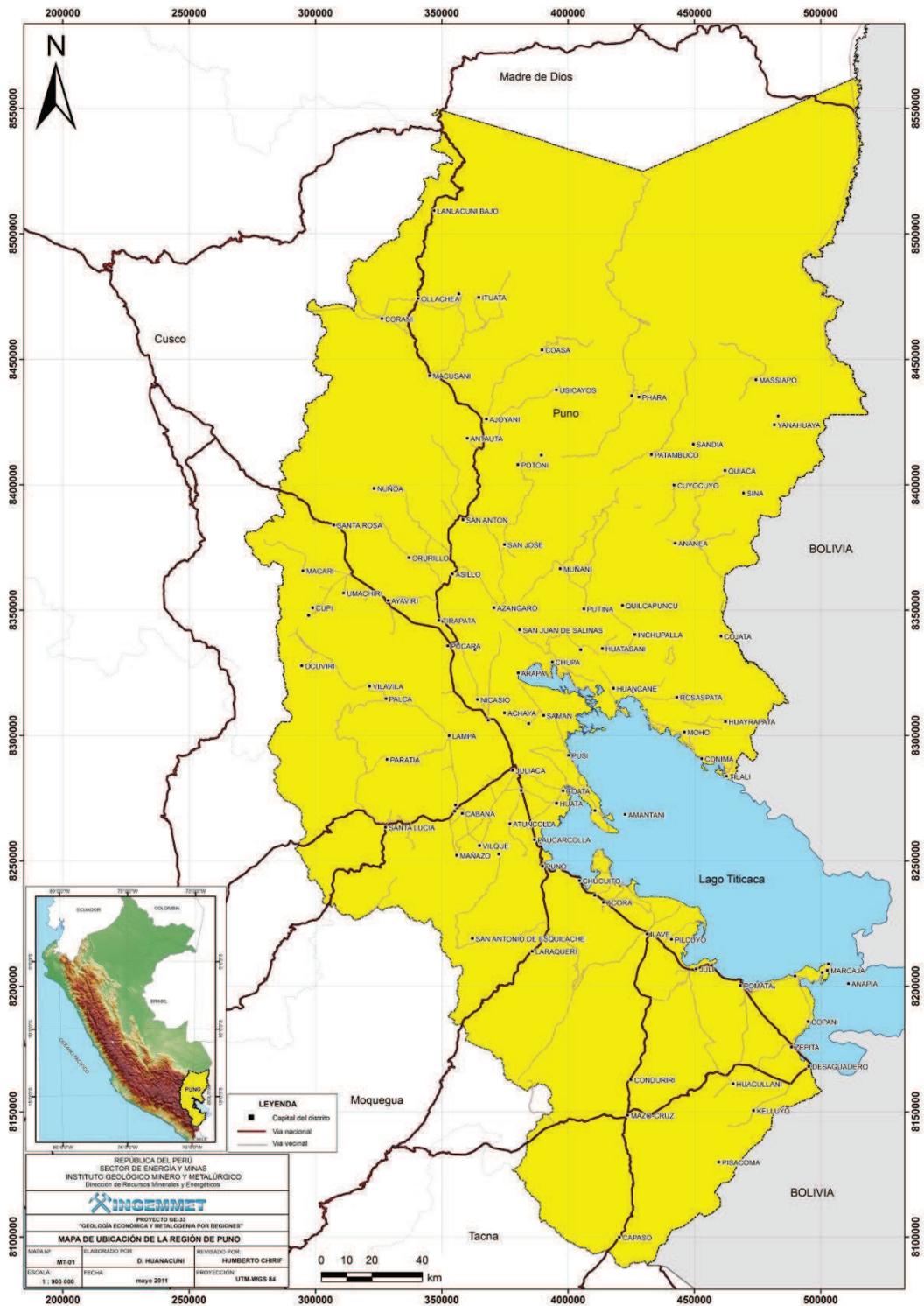


Figura 1.1.- Mapa de ubicación de la región Puno.

1.2. Geomorfología

Se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas dominantes o mayores en la región:

CORDILLERA OCCIDENTAL

Esta unidad cubre la parte sur de la región con alturas entre los 3800 y 5000 msnm, se caracteriza por constituir una cadena montañosa conformada por elevaciones y aparatos volcánicos en avanzado estado de erosión, algunos de los cuales son cubiertos por nieve perpetua.

La intensa glaciación Pleistocénica ha producido la erosión de rocas cuyas edades van desde el Jurásico hasta el Plio-Cuaternario configurando la actual topografía, disectada por numerosos valles amplios y de poco recorrido.

MESETA DEL COLLAO O ALTIPLANO

Geomorfológicamente se trata de una meseta elevada conocida como la “Meseta del Collao” ó genéricamente “Altiplano”, formada entre las cordilleras Occidental y Oriental. El Nudo de Vilcanota la separa de la Depresión Andina al norte constituyendo una cuenca cerrada con drenaje radial. Se desarrolla sobre los 3810 msnm interrumpido por la fosa tectónica que ocupa el Lago Titicaca, cuyo fondo lacustre, desciende hasta la cota 3540 msnm y las cumbres que flanquean la meseta, se elevan hasta 6384 msnm.

La evolución geomorfológica de la región está ligada al levantamiento Andino, que determinó el afloramiento de rocas mesozoicas, cubiertas a su vez por una potente secuencia volcánica cenozoica. La tectónica y la acción climática, esencialmente glaciario y fluvio-glaciario, han contribuido a configurar la expresión geomorfológica típica del área, cubierta por zonas de bofedales, terrazas fluviales y fondos fluviales.

CORDILLERA ORIENTAL

Esta unidad se extiende en la parte norte de la región entre los 2500 y 4800 msnm de altitud, se caracteriza por presentar una cadena de elevaciones pronunciadas, donde se observan superficies accidentadas y disectadas, las que en conjunto dan lugar al relieve cordillerano.

Se encuentra afectada por una intensa erosión glaciario y fluvio-glaciario que da lugar a depósitos formando colinas y coberturas, generándose un gran número de pequeñas lagunas que constituyen la principal fuente de alimentación hídrica de las cuencas.

FAJA SUBANDINA

Esta ladera se localiza entre los 500 y 2500 msnm, se presenta como una faja de montañas con cumbres bastante disectadas, valles con gran pendiente, y cañones profundos, configurando un relieve abrupto y accidentado. Este relieve está conformado por rocas de edad Paleozoica cuyo buzamiento muchas veces condiciona la pendiente.

LLANO AMAZÓNICO

Se localiza en el extremo norte de la región con cotas que van desde los 200 hasta los 500 msnm, morfológicamente comprenden un relieve bastante peneplanizado, con pequeñas lomadas, los ríos desarrollados aquí discurren de manera sinuosa dado la poca pendiente, el relieve por otra parte está conformado por unidades jóvenes de edad Neógeno-Cuaternario.

VALLES

Estos valles se presentan en casi toda la zona de estudio diferenciándose valles fluvio-glaciares y fluviales. Los valles fluvio-glaciares se desarrollan a altitudes mayores de 2500 msnm, presentan

fondos en forma de “U” con grandes escarpas y acantilados como resultado de los procesos de erosión glaciár. Los valles fluviales se desarrollan a alturas menores a 2500 msnm, son profundos con niveles simétricos, encañonados y fondo en forma de “V”, desarrollando terrazas en las partes bajas.

CAPÍTULO II

MARCO GEOLÓGICO

2.1. Unidades litoestratigráficas

La región Puno está caracterizada geológicamente por rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas, las secuencias estratigráficas cubren edades desde el Cámbrico hasta el Cuaternario. Se describe la estratigrafía de la región considerando los siguientes dominios morfoestructurales debido a que controlan los afloramientos de las unidades:

- Cordillera Occidental y Altiplano
- Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llano Amazónico

2.1.1. Cordillera Occidental y Altiplano

PALEOZOICO

Complejo Iscaybamba (Cambriano)

Aflora en el cuadrángulo de Quincemil situado al norte del cuadrángulo de Corani. El complejo está compuesto por una sucesión de cuarcitas en capas de 50 - 80 cm, intercalándose paquetes gruesos de esquistos de más de 5 m de grosor.

Formación Calapuja (Ordovícico)

Conformada por lutitas arenosas, intercaladas con niveles de areniscas y cuarcitas. Tiene su localidad tipo en los alrededores del poblado de Calapuja en los cerros Sara, Catacora e Iquiñito, noroeste de la ciudad de Juliaca. Alcanza una potencia aproximada de 3500 m.

Formación Chagrapi (Ordovícico a Silúrico)

Aflora en el cuadrángulo de Juliaca y Huancané. La litología consiste de capas delgadas, laminadas, de limolita micácea con finas intercalaciones de areniscas limolíticas y rocas fangolíticas. El contacto superior con la Formación Lampa es un pasaje transicional, y el inferior con la Formación Calapuja es en parte fallado. Su potencia aproximada es 1100 m.

Grupo Cabanillas (Silúrico a Devónico inferior)

Litológicamente está constituido por lutitas oscuras ferruginosas intercaladas con cuarcitas y areniscas de grano medio. Su localidad tipo se encuentra en el río Cabanillas, provincia de Lampa. Se encuentran en los cuadrángulos de Puno, Acora e llave y al sureste de la ciudad de Puno. Su potencia es de 3000 m aproximadamente.

Formación Lampa (Devónico)

Aflora en el cuadrángulo de Juliaca, y esta compuesta por areniscas y limolitas. El contacto con la unidad suprayacente, Grupo Ambo, es una discordancia de bajo ángulo. Su potencia es aproximadamente 1200 m en el cerro Llanquera.

Grupo Ambo (Misisipiano)

En el área el Grupo Ambo ha sido reconocido en el cuadrángulo de Puno y tiene su mejor desarrollo en el cuadrángulo de Juliaca. Consiste en areniscas, lutitas carbonosas, niveles conglomerádicos,

limolitas rojas, lentes delgadas de carbón y a veces tufos volcánicos. Aflora al norte del poblado de Palca. Alcanza una potencia aproximada de 2700 m.

Grupo Copacabana (Pérmico inferior)

Constituidos por afloramientos de pizarras gris oscuras, lutitas, calizas gris azuladas y niveles dolomíticos. Aflora al noreste del poblado de Caminaca (cuadrángulo de Huancané). Su potencia aproximada es de 1800 m.

Grupo Iscay (Pérmico a Triásico inferior)

Tiene una secuencia inferior de flujos de lava y una superior tobácea, su localidad tipo se encuentra en el cerro Iscay, al norte de la ciudad de Juliaca. Alcanza una potencia aproximada de 600 m.

MESOZOICO

Grupo Lagunillas (Jurásico superior)

Presenta areniscas cuarzosas, calizas lutáceas, niveles de chert y gredas con intercalaciones de calizas grises. Tiene su localidad tipo alrededor de la laguna Lagunillas y laguna Sara Cocha. Alcanza una potencia aproximada de 1200 m.

Grupo Yura (Jurásico superior a Cretáceo inferior)

Constituido por cuarcitas, areniscas cuarzosas, lutitas y calizas. Se extiende dentro del área de estudio, principalmente hacia la Cordillera Occidental. Tiene una potencia aproximada de 1260 m.

Formación Sipín (Jurásico superior a Cretáceo inferior)

Está conformada por calizas, lutitas y areniscas calcáreas. Aflora en los alrededores de Sipín, provincia de Huancané. Su potencia aproximada es de 33 m.

Formación Huancané (Cretáceo inferior)

Presenta areniscas gruesas, cuarzosas con estratificación cruzada, lentes de areniscas conglomerádicas y delgados lechos de lutitas. Aflora en los alrededores del poblado de Huancané y alcanza una potencia aproximada de 600 m.

Formación Ayavacas (Cenomaniano–Cretácico superior)

Constituido por calizas grises y calizas lutáceas. Su localidad tipo se encuentra en el poblado de Ayavacas. Tiene una potencia aproximada de 300 m.

Formación Vilquechico (Cretácico superior)

Presenta lutitas silíceas de color gris olivo oscuro, con lechos de cuarcita. Su localidad tipo se encuentra alrededor de Vilquechico, provincia de Huancané. Su potencia aproximada es de 728 m.

CENOZOICO

Grupo Puno (Terciario inferior)

Constituido por sedimentos molásicos (capas rojas), areniscas arcósicas, areniscas tufáceas, conglomerados y lutitas yesíferas. Su localidad tipo se encuentra alrededor de la ciudad de Puno.

Grupo Tacaza (Oligoceno tardío a Mioceno medio)

Está representado por secuencias de basaltos y arcosas en la base y aglomerados de andesita con tufos de dacita hacia el tope. Tiene su localidad en los alrededores de la mina Tacaza, distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa. Alcanza una potencia aproximada de 3600 m.

Grupo Palca (Mioceno inferior a superior)

Presenta ignimbritas intercaladas con sedimentos arenosos, limolitas, areniscas tobáceas y conglomerados. Su localidad tipo se ubica alrededor del poblado de Palca. Su potencia aproximada es de 6000 m.

Grupo Sillapaca (Mioceno medio)

Conformado por lavas dacíticas y traquiandesíticas, niveles de areniscas arcósicas y conglomerados. Tiene su localidad tipo en la Cordillera de Sillapaca. Dentro del área de estudio aflora alrededor de los poblados de Ocuvi y Palca. Alcanza una potencia aproximada de 2000 m.

Grupo Maure (Mioceno medio a fines del Mioceno superior)

Constituido por tobas aéreas, lavas andesíticas y sedimentos lacustres (limolitas, fangolitas, calizas, areniscas, conglomerados, lutitas negras). Sus afloramientos se extienden desde el norte del poblado de Ichuña hacia el sur del poblado de Mazo Cruz. Alcanza una potencia aproximada de 1000 m.

Grupo Barroso (Plioceno al Pleistoceno inferior)

Conformado por derrames andesíticos, piroclásticos y brechas volcánicas. Dentro del área de estudio aflora principalmente alrededor de los poblados de Ilave, Huaitire y Mazo Cruz. Tiene una potencia aproximada de 2200 m.

Formación Azángaro (Plioceno al Pleistoceno)

Representado por limos, areniscas calcáreas y areniscas cuarzosas con estratificación cruzada. Su localidad tipo se ubica entre el cerro Alarcón y la laguna Luncha (Juliaca). Alcanza una potencia aproximada de 100 m.

Volcánicos Ubinas (Pleistoceno superior al Holoceno)

Constituida por flujos lávicos andesíticos negros, bancos irregulares de lapillis y cenizas. Aflora al norte del poblado de Ubinas.

2.1.2. Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llano Amazónico**PALEOZOICO**

El Paleozoico es ampliamente conocido en toda la Cordillera Oriental del Perú por su litología aparentemente similar. En el sureste del Perú sus afloramientos cubren la totalidad de los cuadrángulos de Sandía y San Ignacio, constituye una de las rocas más antiguas del área de edad Ordoviciano (Paleozoico inferior) cartografiados como Grupo San José.

Grupo San José (Ordovícico)

Secuencia sedimentaria compuesta de pizarras con algo de cuarcitas que se encuentra extensamente distribuida en los ríos Quitari e Inambari, sector NO y SE de la región. El Grupo San José está integrado por las formaciones Iparo y Purumpata, litológicamente compuesto por sedimentos de facies pizarrosas, pelíticas y metalutitas, sobreyacen a ellas las formaciones Sandía y Ananea de secuencias flichoides y pizarras que en su conjunto están plegados y fallados.

Formación Sandía (Ordovícico superior)

Secuencia de pizarras y cuarcitas que aflora entre Cuyo Cuyo y las inmediaciones de Sandía y que se extiende ampliamente hacia el NE del cuadrángulo de Sandía. La litología en general consta de una alternancia monótona de pizarras y cuarcitas de diferentes espesores. Se podría correlacionar con la Formación Calapuja del cuadrángulo de Juliaca.

Formación Ananea (Siluro-Devoniano)

Secuencia gruesa de lutitas negras afectadas con esquistosidad de flujo, finamente estratificadas que afloran en la localidad de Ananea, en el valle, así como en la Cordillera Oriental descansando en aparente concordancia sobre la Formación Sandia. Esta formación se encuentra ampliamente distribuida en el cuadrángulo de la Rinconada. El espesor de la Formación puede sobrepasar los 800 m a la altura de Queluma. Esta Formación al parecer es carente de fósiles por lo que la edad de acuerdo a la posición estratigráfica y considerando que la Formación Sandia es de edad Caradociano, estas pizarras esquistosas cuarzosas podrían ser Siluro-Devoniano.

Grupo Ambo (Missisipiana)

El Grupo Ambo ha sido reconocido en el cuadrángulo de Puno y tiene su mejor desarrollo en el cuadrángulo de Juliaca. En el cuadrángulo de Ocuvi, se tiene una secuencia intercalada de areniscas y limolitas lajosas y es asignada en base a su litología al Grupo Ambo. Se halla expuesta una potencia de aproximadamente 1000 m. Dentro del cuadrángulo de Juliaca la potencia varía entre 120 y 200 m.

Grupo Mitú (Permico)

En el cuadrángulo de Juliaca, se evidencia una sucesión de capas rojas que le sobreyace forman secuencias litológicas no unificables. El nombre de Grupo Mitú ha sido restringido a la secuencia sedimentaria, habiéndose retenido su nombre por razones históricas, mientras que el nombre de Grupo Iscay se adoptó para la secuencia volcánico-volcanoclástica. El contacto con el Grupo Ambo es una discordancia de bajo ángulo, estando suprayacido con el Grupo Iscay y en partes discordantemente por la Formación Angostura de edad Cretácea. Su potencia varía de 300 a cerca de 450 metros.

Grupo Iscay (Permo-Triásico)

El grupo deriva su nombre del cerro Iscay Pucará, cuadrángulo de Juliaca. Este grupo puede ser dividido en dos litologías principales: una secuencia inferior de flujos de lava que producen un tono pálido y una unidad superior tobácea que ocasiona tonos más pálidos. La parte basal de la secuencia está expuesta en la hacienda Chañocachua donde brechas y tufitas descansan sobre areniscas del Grupo Mitú.

MESOZOICO

Los afloramientos del Mesozoico corresponden al Grupo Oriente de edad Cretácea, constituido por secuencias clásticas, arena limosas, arcillitas y en menor proporción calizas, tomando coloraciones que van desde blanquecino, gris verdoso y rojizo. Se trata de rocas de ambiente transicional, variando desde fluviales hasta deltáicas. Afloran extensamente en los cuadrángulos de Quincemil y Masuco. Las formaciones se extienden a lo largo de una faja de rumbo NO-SE, conformando la Faja Subandina.

Formación Agua Caliente (Albiano - Cenomaniano)

Se trata de areniscas cuarzosas bien seleccionadas de grano fino a medio, blancas a amarillentas, en capas medianas a gruesas, tomando aspecto de cuarcitas. Aflora en el río Inambari conformando los núcleos de anticlinales como el que se observa en el puente Inambari, donde alcanza un espesor de 80 a 100 m. No se ha encontrado fósiles, sin embargo por la posición estratigráfica y los estudios regionales realizados por las compañías petroleras, se conoce que el Grupo Oriente corresponde al Cretácea siendo sus unidades inferiores de edad Aptiano-Albiano; la Formación Agua Caliente que es la unidad superior de este grupo debe corresponderle una edad Albiano-Cenomaniano.

Formación Chonta (Cretáceo superior)

Secuencia arcillo limosa, constituida por lutitas gris verdosas, limolitas rojo marrón, margas gris

rojizas, calizas grises, areniscas cuarzosas. Sus afloramientos pueden ser observados a lo largo del río Inambari. El espesor es muy variado, no obstante en la quebrada Espirene y el río Nusiniscato, tributario del río Marcapata, alcanzó los 713.70 m, de espesor para la Formación Chonta. Se le correlaciona con los afloramientos similares que se encuentran a lo largo de la Faja Subandina del Perú central (cuenca Ucayali) y norte (cuenca Marañón).

Formación Vivian (Cretáceo superior)

Secuencia de areniscas blancas cuarzosas sacaroides de grano fino a grueso, las que en parte muestran coloraciones amarillentas por oxidación de los minerales ferromagnesianos. Sus afloramientos conforman una faja continua de rumbo NO-SE a lo largo de la Faja Subandina, alcanzando espesores que pueden variar de 150 a 237 m. Estratigráficamente sobreyace a la Formación Chonta e infrayace a las capas rojas del Grupo Huayabamba, en ambos casos en contacto concordante. Esta formación es asignada al Cretáceo superior y aunque carece de fósiles, su posición estratigráfica y los numerosos estudios realizados por compañías petroleras, permiten confirmar su edad como Cretáceo superior probablemente Cenoniano.

CENOZOICO

Formación Quenamari (Mioceno superior - Pleistoceno)

Inimbritas que afloran en la meseta de Quenamari, al NO de Macusani. Valencia y Arrollo (1985) la designan con el rango de formación. La unidad se caracteriza por su naturaleza félsica y su carácter peraluminoso.

CUATERNARIO

Representado por depósitos fluvio-glaciares, morrénicos, fluvioaluviales y coluviales.

Depósitos Morrénicos

Estos depósitos se encuentran rellenando valles glaciares antiguos, por encima de los 4200 m, son generalmente morrenas que están constituidas por brechas de composición variada.

Depósitos Glaciofluviales

Estos depósitos provienen de la erosión y removilización de los depósitos morrénicos debido a la deglaciación.

Depósitos Aluviales

Son aquellos depósitos que se acumulan en los flancos de los valles y quebradas tributarias, también se encuentran formando superficies subhorizontales.

Depósitos Fluviales

Estos depósitos se encuentran ubicados en los fondos y riberas de los ríos.

2.2. Rocas intrusivas

La región Puno presenta afloramientos de rocas plutónicas e hipabisales. Las rocas plutónicas se componen de grandes cuerpos intrusivos o batolitos, presentes al norte de esta región e intrusivos menores, de naturaleza ácida a intermedia, distribuidos a lo largo de toda la región. También, de rocas hipabisales o subvolcánicas, distribuidas en la parte central de Puno, conforman pequeños cuerpos de tipo stock, diques y sills con una naturaleza predominante ácida.

BATOLITO DE COASA

De edad Pérmico-Triásico, aflora en la parte central de las provincias de Carabaya y Sandia. Se

compone por rocas de composición ácida a intermedia, con facies de granito a sienita. Dataciones radiométricas indican un rango de 180 a 216 Ma, indican que el plutón de Coasa sería del Triásico superior.

BATOLITO DE SAN GABÁN

Aflora en la provincia de Carabaya al oeste de Ayapata. Se trata de un cuerpo batolítico con una dirección NE-SO. Se compone principalmente de rocas graníticas y monzograníticas con textura granular gruesa, con mega cristales de ortosa, tiene una edad Pérmico-Triásico.

INTRUSIVOS MENORES

Conjunto de pequeñas estructuras intrusivas (stock, diques y sills) que se distribuyen mayormente en la parte central de Puno, conformando las distintas cordilleras. Presentan composición ácida a intermedia (granito a diorita). La edad de emplazamiento va desde el Cretáceo al Paleógeno.

Intrusivo Cerro Kcinota

Stock tonalítico de edad Triásica, se encuentra en contacto con areniscas y lutitas de la Formación Chagrapí.

Intrusivo Cerro Yanamayo

Stock granítico de edad Pérmico-Triásico, esta cortando areniscas finas y cuarcitas de la Formación Sandía, se asume que esta relacionado con la mineralización de vetas auríferas Santa Teresa – Corimayo, ubicado a 5 Km al noroeste del cuerpo.

Intrusivo Collque Orco

Stock de sienita, aflora en la cabecera de los ríos Blanco y Mariposa, afluentes del río Tambopata, al norte de la provincia de Sandía. Se encuentra emplazado dentro de una falla regional, cortando secuencias de rocas de la Formación Sandía, por lo que se le asigna una edad Pérmico-Triásico.

Intrusivo Huisaroque

Stock tonalítico de edad Triásica, se ubica a 4 Km al SE del poblado de Santiago de Pupuja, cerro Titiri, intruye a lutitas de la Formación Chagrapí.

Intrusivo San Francisco de Quenamari

Plutón monzogranítico de edad Neógena, aflora a 25 Km al SE de Macusani. Constituye el núcleo del nevado San Francisco de Quenamari, de naturaleza ácida, compuesto principalmente por granodiorita y monzogranito porfiríticos. Se encuentra intruyendo rocas de la Formación Ananea y del Grupo Ambo, se le asigna una edad Oligoceno - Mioceno. Es importante por que esta relacionada a la mineralización de las minas San Rafael, Anisarte, el Cóndor, entre otros.

Intrusivo San Judas Tadeo

Stock monzogranito que alcanza un área aproximada de 40 Km², se ubica a 9 Km de la ciudad de Cabanillas, constituye los cerros Crusanu, Camallata, entre otros.

Intrusivo Sienita Macusani

Stock de edad Jurásico inferior, aflora a lo largo del río San Gabán entre Macusani y Ollaechea, al sur del plutón de San Gabán, parte central de la provincia de Carabaya. Conformar parte de la Cordillera Oriental.

Intrusivo Versalles

Stock granodiorítico, se ubica a 4 Km al oeste de la ciudad de Lampa, intruye a las rocas de la Formación Lampa y del Grupo Mitú.

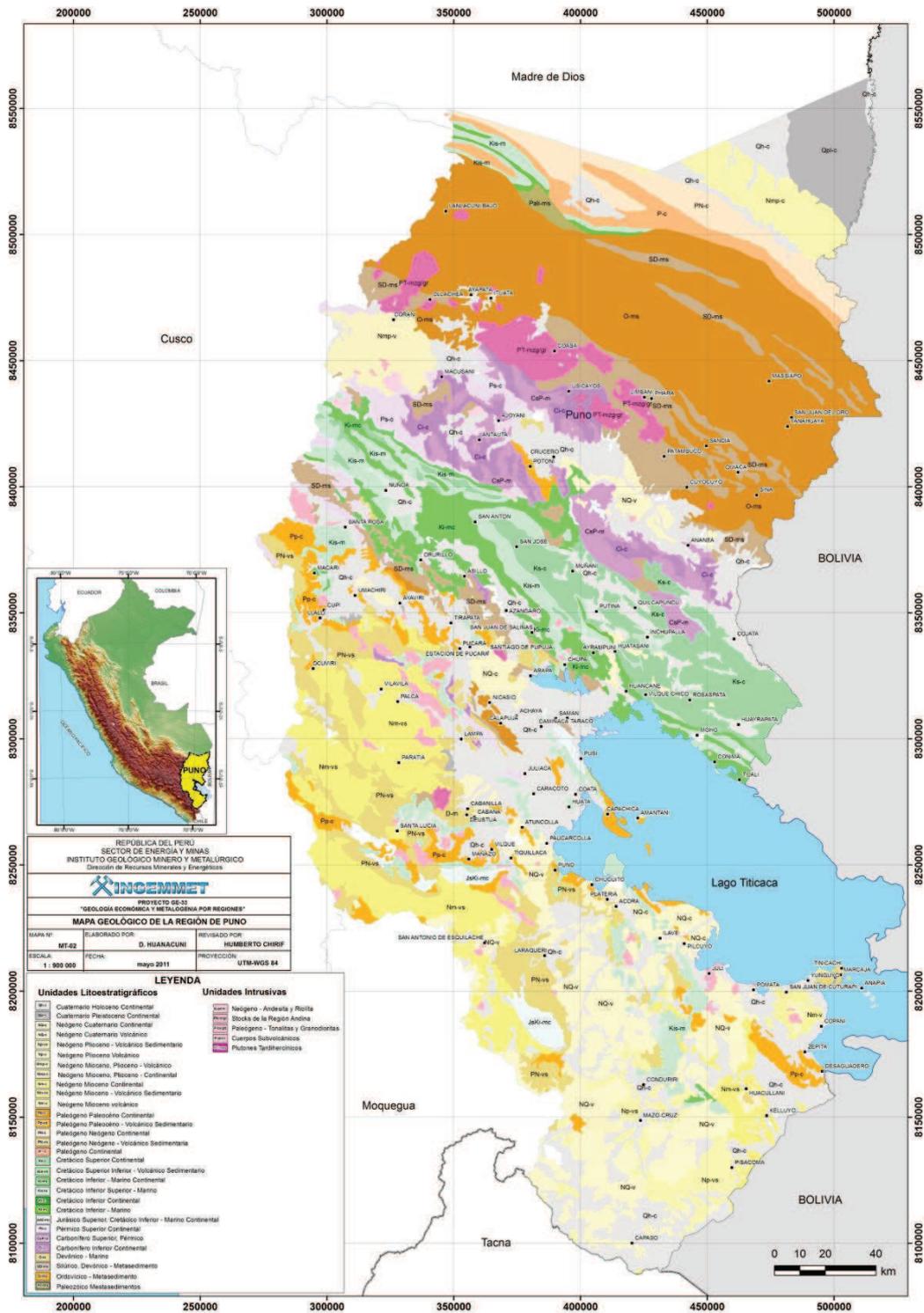


Figura 2.1.- Mapa geológico de la región Puno.

CAPÍTULO III

GEOLOGIA ECONÓMICA

3.1. Principales depósitos minerales

El departamento de Puno presenta toda la gama de yacimientos auríferos, clasificados en yacimientos de concentración mecánica (placeres) que se han formado por erosión de los filones auríferos de la Cordillera Oriental de Sandía y Carabaya; yacimientos eluviales, que se caracterizan por ser material morrénico de poco transporte, mayormente se encuentran cerca de su origen; y yacimientos aluviales, que se caracterizan porque los materiales producto de la desintegración de las cumbres de la cordillera primitiva, y con ellos las partes altas de las vetas auríferas ha sido arrastrado hacia las partes bajas y depositado lejos de su origen.

3.1.1. Operaciones mineras activas y cerradas

En la Cordillera Oriental de Sandía y Carabaya, se han emplazado depósitos de relleno de fisuras (filones), de origen hidrotermal, los que atraviesan los estratos de pizarras lutitas y esquistos pizarrosos y en algunos casos, ocurren en forma concordante a la estratificación, en forma de mantos.

ANANEA

Se ubica en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina. Se localiza en las siguientes coordenadas: 451,040E y 8°37'939N. Es un yacimiento de tipo aluvial. Se presenta en forma diseminada. Se estima en reserva 580,000 t con 42 g/t de Au (DREM Puno, 2004). La unidad minera viene siendo ejecutada por Corporación Minera Ananea S.A.

ARASI

Se ubica en el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa. Tiene las siguientes coordenadas 303,000E y 8°31'3,000N. Es un yacimiento de tipo epitermal de alta sulfuración. Presenta sistemas de vetas desplazadas en roca andesita. Se estima en reserva 112.7 Mt con 0.63 g/t Au (MINEM, 2008). La unidad minera viene siendo ejecutada por la Cía Arasi SAC.

CACACHARA

Se ubica a 3.5 Km al SE del proyecto Pavico, distrito de Acora, provincia del Collao; con una altitud de 4600 msnm. Tiene las siguientes coordenadas UTM: 8°15'511N y 386°064E. El yacimiento corresponde a un depósito hidrotermal con mineralización de Pb y Cu, debido a las soluciones mineralizantes que se emplazaron en las fracturas pre-existentes, se le considera un depósito mesotermal a epitermal filoniano. Las vetas tienen forma lenticular en la zona de bonanza, conformando la típica estructura en rosario; se tienen como minerales: pirargirita, esfalerita, galena y en menor cantidad calcopirita. La información sobre las reservas de la mina Cacachara en 1985, reportaron 142,180 t probables. El análisis de una muestra de la veta 103187, arrojó los siguientes resultados: 12.4 oz/t de Ag, 5.3% de Zn, 0.12% de Cu y 0.7 g/t de Au), con una potencia de 0.8 m (INGEMMET, 2000).

CECILIA

La mina Cecilia se ubica en el paraje denominado Minastitra, del distrito de Muñani, provincia de Azangaro. A unos 150 Km al NNE de la ciudad de Juliaca; y a una altura promedio de 4500 msnm. Las coordenadas geográficas aproximadas del yacimiento son Longitud 69° 50.5'W y Latitud 14° 30'S. Las características que presentan este yacimiento indican que se trata de un yacimiento Hidrotermal

de facies Mesotermal a Epitermal (300°C a 50°C). El yacimiento esta emplazado en sedimentos Permocarboníferos (grupos Copacabana y Tarma), ubicados en la zona de máxima deformación de la tectónica Hercinica y Andina, y cerca de la Cordillera Oriental; por esta razón, entre otros eventos se registra un notable plegamiento.

CORANI

La mina Corani se encuentra ubicada en el paraje Negrominas, de la región de Ccollpa, distrito de Corani, de la provincia de Carabaya, departamento de Puno. Las coordenadas geográficas son Longitud 70°35'W y Latitud 14°08'S. La altura varía entre 4800 y 5100 msnm. En los alrededores de la región a unos 20 kilómetros se encuentra la secuencia del Jurásico superior-Cretácico inferior constituida principalmente por calizas, arenisca y cuarcitas. Cubriendo esta secuencia y ya en la zona de la Mina se encuentra una serie de capas volcánicas evidentemente terciarias, conformada principalmente por tufos, brechas y lavas epigenéticas. Existen tres tipos de estructuras mineralizadas, que son: a) Vetas de rellenos de fracturas, b) Stockworks o cuerpos mineralizados por vetillas de cuarzo, limonitas psilomelano y minerales de plata principalmente, C) Manto de aglomerado, con minerales de Plomo-Plata y Zinc diseminados y dentro de estos mantos existen estructuras de tipo lenticular, las mas importantes de la zona, desde el punto de vista de su riqueza en valores de Plomo-Plata.

GUARNACABO

Se ubica en la meseta del Collao o del Titicaca, a una altitud media de 3600 msnm. El yacimiento consiste en sedimentos Pleistocénicos y actuales de origen glacial, con contenido de oro nativo libre. La mineralización esta constituida por granos detríticos de oro libre, por cantos rodados y bloques de cuarzo aurífero. La granulometría y distribución del oro en los lentes de grava y arena, es diferente a los de los bancos conglomerados de origen glacial, estos lentes están ubicados en los niveles superiores de los depósitos fluvio-glaciares, sus espesores varían, pudiendo llegar hasta los cinco metros. El volumen de estos depósitos supera los 100 millones de metros cúbicos. Solamente en las morrenas de Viscachani y de Pampa Blanca, las leyes probadas del material aurífero superan los 0.350 gramos por metro cúbico (Olivari, 1992).

PALCA XI

El área de "Recuperada", esta situada en el Cerro Choquipirgua, en el distrito de Palca en la Provincia de Lampa. A una altitud que comprenden 4000 a 5000 msnm. De acuerdo a los datos tomados de la Carta Geológica Nacional, el yacimiento tiene la siguiente posición geográfica: Longitud 70°40'W y Latitud 15°10'S. Las características que presentan el yacimiento son de origen primario; puesto que la mineralización ha venido directamente de soluciones residuales. Epigenético, el origen de los depósitos es posterior a la formación de las rocas adyacentes. Filoniano, porque presenta crustificación, presencia de geodas y fragmentos de rocas encajonantes con incrustaciones del mismo filón. Se tiene minerales como esfalerita, galena, calcopirita, calcosita y tetrahedrita. Las rocas que afloran en la localidad comprendida en la zona de estudio, pertenecen al grupo volcánico Tacaza. Se tiene como antecedentes que las reservas de este yacimiento alcanzaron los 501,707 ton., teniendo como datos 326,357 toneladas de mineral probado y 175,350 toneladas de mineral probable (Rivera, 1970).

PAVICO

Se ubica a 42 Km al NE del poblado de Huaitire, distrito de Acora, provincia del Collao. Tiene las siguientes coordenadas UTM: 8'161,255N y 383,454E con una altitud de 4800 msnm. El yacimiento corresponde a un cuerpo de brechas de forma circular y cilíndrica de 150 m de diámetro reconocido. La mineralización metálica esta diseminada en la matriz de una brecha andesítica, consta de galena, esfalerita, pirargirita, tetrahedrita, polibasita y electrum. El electrum es abundante, donde el oro alcanza 0.30 oz/t. La roca encajonante de andesitas y dacitas pertenece al Grupo Tacaza. El análisis geoquímico de una muestra referencial tomada durante el examen de campo reporta valores de 383

ppm de Ag, 0.683 g/t de Au, 5.3% de Zn, 5.2% de Pb, y 1200 ppm de Cu (INGEMMET, 2000).

LA RINCONADA (ANA MARÍA)

Esta ubicado en el distrito de Ananea, provincia de Sandía, a una altura promedio de 5200 msnm. Sus coordenadas geográficas son: Longitud 69°26'00"W y Latitud 14°37'00"S. Es un yacimiento filoniano, donde la mineralización cuarzo-oro, piritita y arsenopiritita rellenan planos de estratificación en las pizarras alcanzando las vetas una dirección NO-SE. En la zona afloran pizarras y lutitas de la formación Ananea. El oro se presenta en mantos de cuarzo ahumado, estratificados en los esquistos y cuarcitas del Paleozoico inferior. El yacimiento cuenta con 44 mantos y su reserva en mineral potencial en forma conservadora es de 2.24 Mt con 14.53 g/t. La ley promedio es de 10 a 20 g/t de Au; sin embargo, su repartición es muy errática y puede ocurrir bolsionadas de oro macizo del tamaño de un puño; la roca encajonante es la pizarra y esta débilmente alterada (Cueva, 1992).

SAN RAFAEL

La mina San Rafael esta ubicada en el Nevado Quenamari de la Cordillera de Carabaya, un segmento de la Cordillera Oriental, a una altitud de 4500 msnm. Siendo las coordenadas geográficas Longitud 70° 19'W y Latitud 14° 14'S. La mineralización se emplaza en las pizarras y cuarcitas de la Formación Sandía (Ordovícico) y el stock de San Rafael, que es un cuerpo epizonal de monzogranito el cual forma parte de la suite del Intrusivo Picotani, asociada al magmatismo Cenozoico. Este intrusivo ha sido datado en 24.6 y 24.7±0.2 Ma (Clark et al., 2000) y es fuertemente peraluminoso, de grano algo fino en partes y que exhibe diques anulares porfiríticos. En los alrededores de la mina se encuentran rocas del Paleozoico superior.

El depósito se emplaza en el denominada zona de cizallamiento frágil de fallamiento noroeste, que a pequeña escala es de rumbo sinistral, a la izquierda del juego dilatacional de la veta San Rafael, y que fue controlada por el desarrollo de la cizalla con fracturas concéntricas y radiales cerradas, al margen oriental del stock. La veta San Rafael representa el 16% de las reservas de mineral de la mina San Rafael. La mina San Rafael es de propiedad de Minsur S.A. En sus inicios fue productora de cobre en la parte alta y de estaño como subproducto. Ahora y en profundidad es la única mina de estaño en el Perú y la segunda productora mundial.

Las zonas clorotizadas gradan hacia una débil a moderada alteración sericitica, que afecta a las plagioclasas de los granitos. La alteración de álcalis a los niveles superiores del Stock San Rafael, es considerada inalterada o débilmente alterada; sin embargo preservan la textura megascópica fenocristalina gruesa y su asociación mineral. Pese a esto, la mayor cantidad del Stock y diques definen una alteración envolvente en vetas, con un moderado a intenso metasomatismo de álcalis y una alteración hidrolítica. Este metasomatismo, puede ser disperso o concentrado a lo largo de vetas, y sus facies revelan un origen cogenético, en forma de magmatismo tardío y fluidos ortomagmáticos con tardía participación de hidrofracturamiento.

Las estructuras mineralizadas parecen ser superficialmente inalteradas en superficie, pero en profundidad esta intensivamente y extensivamente metasomatizada. La veta San Rafael forman un zonamiento vertical: una zona rica en calcopiritita sobreyace a una de casiterita. Como mena tenemos casiterita, estañita y calcopiritita, en menor proporción bismutinita. Otros minerales son: valamorfita, esfalerita, galena, enargita, estibina, scheelita, wolframita. Los minerales de ganga son: cuarzo, clorita, sílice, piritita, arsenopiritita, turmalina, calcita, fluorita, marcasita, pirrotita, rodocrosita, siderita y adularia. Minerales secundarios por oxidación o por enriquecimientos supergénicos son: bornita, calcocita, covelita, cuprita, malaquita, cobre nativo, acantita en una ganga con goethita, limonita, pirolusita, psilomelano (Arenas, 2001).

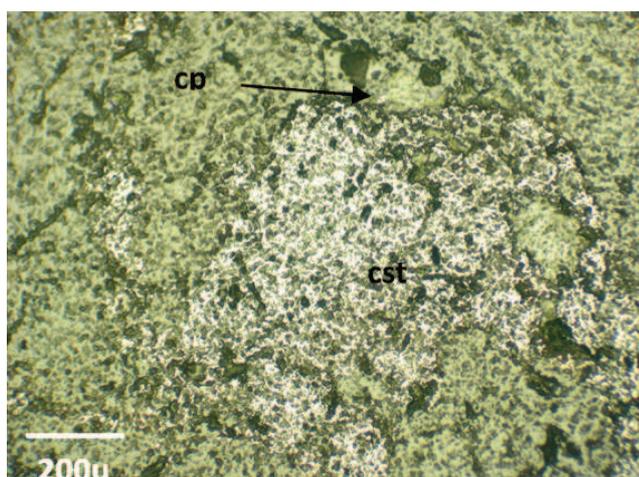


Figura 3.1.- Casiterita (cst) y calcopirita (cp) en el cuerpo mineralizado del Stock de San Rafael.

La evolución paragenética se inicia con el Stock San Rafael (Kontak & Clark, 2002):

Etapa I, dominada por enjambres de venas de cuarzo-turmalina y brechas hidrotermales con poca arsenopirita y pirrotita hexagonal, con nada de casiterita ni calcopirita. Estas venas y brechas están ampliamente desarrolladas en la parte superior.

Etapa II incorpora el 97% de la casiterita en la veta San Rafael, y en las asociadas. En la parte superior de la zona de Sn, se tiene casiterita botroidal y finamente laminada denominada “estaño madera”, íntimamente intercrecida con clorita y cuarzo. El desarrollo de cada textura, no paralelas, probablemente indica que la temprana etapa II fue supersaturada en fluidos con Sn. También predomina una casiterita cristalina de grano grueso de formas botroidal y difundidas en la etapa II. En los más jóvenes ensambles de la etapa II, dominan la veta San Rafael, marcando un incremento de la depositación de cuarzo y un posterior decrecimiento de casiterita, y una menos pervasiva, clorita como menas minerales.

Etapa III, ensambles con dominios de sulfuros que incorpora abundante clorita. La etapa es caracterizada por calcopirita, pirrotita grande hexagonal, piritita y luego predomina el sulfuro de Fe. Casiterita acicular (“agujas de casiterita”) se encuentra directamente relacionada con la calcopirita en la parte inferior de la zona rica en Cu. El final del evento III se caracteriza por el desarrollo de venas de cuarzo clorita carentes de sulfuros.

Etapa IV, el evento final fue la de venas de calcita y cuarzo (en parte amatista), con fluorita y estibina. El ordenamiento mineral de las perfitas nos indica una fuerte evidencia de enfriamiento rápido.

Los sistemas de venas de metales base de Sn, son coetáneos con el Stock San Rafael: la etapa I de venas de cuarzo-Turmalina, datada en 24.10 ± 0.5 Ma, estaría en concordancia con la ebullición retrógrada del magma granítico (Kontak & Clark, 2002). Esto implica que la parte superior del stock sufrió una ebullición retrógrada a alta temperatura. Breves episodios de actividad hidrotermal estéril, se presentaron después de su emplazamiento, mientras la mineralización económica fue decayendo y fue posteriormente, termalmente progradando, con respecto al intrusivo granítico.

Entonces, la mineralización Sn-Cu fue generada por una excepcional conjunción de magmatismo, tectónica regional y local, que originaron los procesos hidrotermales. La trayectoria de la evolución

hidrotermal del Stock de San Rafael, es igual a las obtenidas en muchos otros centros de alteración hidrotermal, en donde hay presencia de agua meteórica. Se ha reconocido tres tipos de fluidos: (1) Fluidos hipersalinos de K-Na con 35-65 % de salinidad, temperaturas de 280° y 540°C; (2) Moderadamente salinos de 10-20% de salinidad, con temperaturas de homogenización a 230° y 470°C; (3) Baja salinidad de fluidos de 0 - 10% de salinidad, con temperaturas de homogenización a 200 y 350°C.

Los fluidos tardíos ingresaron por la parte superior del granito San Rafael y sobre todo por la zona de cizalla, en especial, para la veta San Rafael que canalizaron los fluidos que proveyeron el contraste de abrupta mezcla de dos fluidos. De esta forma, es muy posible que el Sn derive en gran medida de la fusión de magma basáltico.

San Rafael es la más importante fuente de casiterita desde fines del siglo XX, que llegó a tener 37,409 y 38,182 ft de estaño concentrado en los años 2000 y 2001 respectivamente, y con reservas in situ de 14,460 Mt con leyes de 5.14% de Sn y 0.04 % de Cu.

LA RINCONADA (ANANEA)

Se ubica al este de Ananea, en Puno, emplazadas en las cuarcitas y areniscas cuarzosas gris plomas interestratificadas con niveles de pizarras de la silurodevoniana Formación Sandia. Los niveles de pizarras se encuentran comúnmente silicificadas, pero evidencian algunas características relevantes como su aspecto masivo y su buena pizarrosidad, con niveles de cuarzo estéril de 1 cm de grosor (Figura 3.1). Le sobreyacen las pizarras negras bastante foliadas de la Fm. Ananea. Solo se ha reconocido un pequeño intrusivo en Comuni, y un dique de 10 a 15 cm de grosor que algunos le asignan una edad posterior a los mantos mineralizados.

Estructuralmente algunos mantos en los estratos de pizarra masiva silicificada tienen orientaciones en N75° y buzan 19° SE, con fallas que cortan el manto principal en azimuth N70° y son estériles, otras diaclasas menores no tienen mineralización. Otros mantos tienen orientaciones de N280°/30° SO, N340°/20° NE y N242°/90°. Otros mantos tienen un azimuth de N38°-075° y buzan 24°-22° al SE. La alteración predominante de la zona es una fuerte silicificación en las pizarras (Figura 3.2).

Mineralógicamente se describe argentita, cuarzo, pirita, arsenopirita, óxidos de hematita, sulfatos de Cu y cuarzo con oro diseminado. En algunos sectores tenemos calcopirita, pirita y esfalerita en textura bandeada. Texturalmente presenta también estructura de tipo "cebra" en espesores de 25 cm a 1 mm. El cuarzo se presenta en general ahumado y lechoso. Algunas vetas de cuarzo cortan la secuencia de pizarras.

En general, los mantos tienen la ley más constante; mientras las vetas son mucho más irregulares y todos en promedio tienen 15 a 18 g/t de Au. En otros sectores tenemos variaciones que abarcan desde 11 a 100 g/t Au, como en el caso del sector de Comuni con valores de 24-30-100 g/t Au. Las leyes máximas que en algunos puntos alcanza los 65 g/t de Au, mientras en otros, tiene 25 g/t de Au; sin embargo se han reportado hasta 800 g/t de Au. En nuestro trabajo de campo hemos reportado valores de 55 g/t Au y 44 g/t Ag. Las potencias del manto tienen de 3-8 cm de grosor.

Este depósito de tipo orogénico ha sido formado de una mezcla de fluidos conteniendo oro primario, que migró por conductos estructurales como fallas. Este fluido reductor interactuó con las rocas encajonantes y depósito el oro orogénico. Así, este oro fue remobilizado por los eventos tectónicos hidrotermales que afectaron sus rocas hospedantes en épocas posteriores. (Castillo et al, 2001).

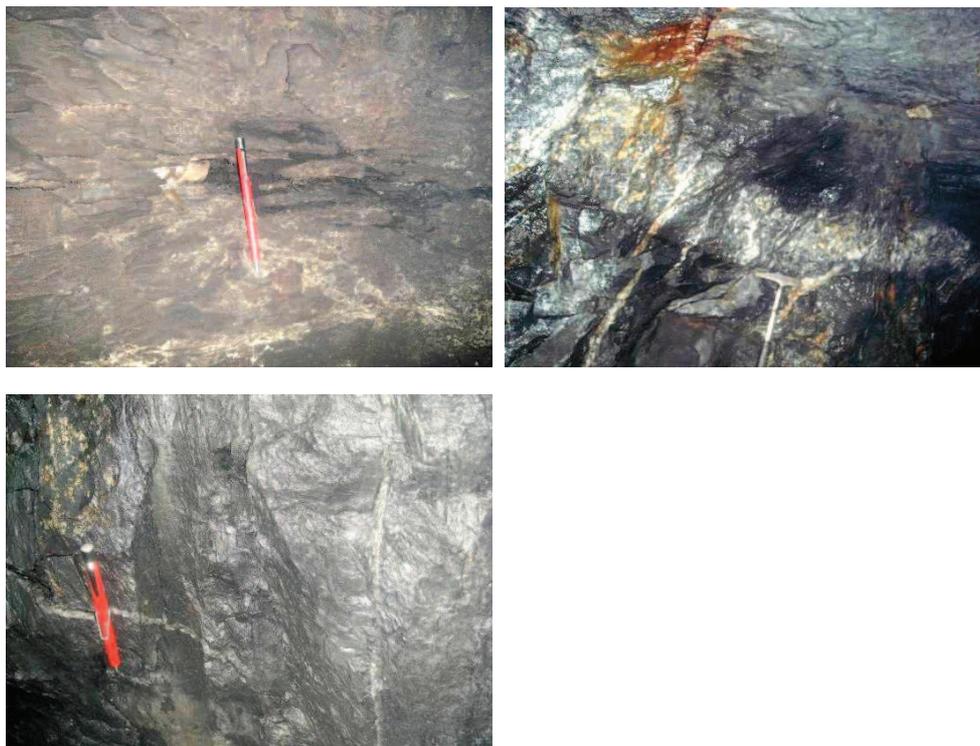


Figura 3.2.- Arriba, pizarras silicificadas y fuerte pizarrosidad de la Fm Sandia, y manto en estructura tipo cebrá en las cuarcitas de dicha formación. Abajo, silicificación en las pizarras y areniscas de Fm Sandia con venillas de cuarzo.

SANTO DOMINGO

La mina Santo Domingo se ubica en la provincia de Carabaya, departamento de Puno, a una latitud sur de 13°50' y longitud Oeste de 69°37', hacia el este del río Inambari. La mina que se encuentra alrededor de 1750 msnm. Las rocas del área consisten de una serie de pizarras negras y grises, filitas pizarrosas y cuarcitas de edad probablemente devoniana, que han sido intruidas por diques y sills de composición diorítica y diabásica. Los filones de cuarzo aurífero se presentan como vetas que siguen las fracturas, como redes ramificadas en las rocas competentes fracturadas, y en filones de cuarzo estratificados en las pizarras.

UNTUCA

La mina Untuca se ubica al NE de Ananea (Puno) en el medio de la cuenca Paleozoica del Siluro-Devoniano, sobre el actual eje de la Cordillera Oriental. Se emplaza en las pizarras, filitas y cuarcitas con intercalación rítmica y en bandas milimétricas de la Fm Sandia (Chavez et al., 1996) con orientaciones de pizarrosidad de 175° y con bajos buzamientos, que alcanzan los 20° al SO (Figura 3.3). En la mina Untuca, la Fm Sandia se le ha dividido en tres secuencias: superior con cuarcitas y pizarras; media de filitas y cuarcitas blancas de 1-30 mm, con cuarcitas que alcanzan los 15 cm; y finalmente la secuencia inferior de esquistos.

A unos 7 Km al este de la mina aflora un pequeño stock granítico llamado Limacpampa o Utccuccacca que intruye a la Formación Sandia, y probablemente estuvo controlado por un sistema de fallamiento regional NO-SE (Chávez et al., 1996). Relacionado a este intrusivo, en las inmediaciones de la mina, tenemos un pequeño afloramiento de un cuerpo intrusivo de un leucogranito gneisificado de cuarzo de extinción ondulante, con muscovita deformada y orientada, además de cordierita anhedral con

fracturas. Dataciones efectuadas en Canadá por Actlabs indican valores en K-Ar de 148.8 ± 3.9 Ma y 172.7 ± 7.7 Ma, es decir, edad Jurásico superior a medio; pero debido a los procesos metamórficos que las han afectado, podemos hablar que el intrusivo ha sufrido pérdida de Ar radiogénico (Faure y Mensing, 2005), por lo tanto tendría una edad mayor al Jurásico, en este caso sería también permotriásico. El intrusivo se muestra en partes silicificado y en otras oxidado.

Estructuralmente, las fallas regionales tienen orientación NO-SE, con direcciones $N320^\circ$ - 350° y buzamientos de 70° - 85° al NE; otro grupo de fallas tienen orientaciones menores de 40° - 60° , tales como San Miguel, Gallocunca, Pomarani, Santa Rosa y Pullucunuyoc, que alcanzan desplazamientos de hasta 120 m como en Santa Rosa, y están controladas todas por dos grandes fallas regionales de orientación NE-SO: Azoguine y Ananea, las cuales forman un gran corredor estructural de 2 Km (Minera Coripuno).

La mineralización se presenta en forma de venillas de cuarzo-clorita y vetillos de cuarzo gris cuarzo-feldespato, asociados a sulfuros de hierro, controladas por las zonas de debilidad como fallas tensionales de orientación NO-SE, fracturas, planos de estratificación y contactos litológicos. Como menas tenemos oro libre, pirrotita, pirita, arsenopirita, telururos como la calaverita. Además, como ganga tenemos cuarzo tenemos óxidos de hierro y arsénico (Minera Coripuno). Se han individualizado varias zonas en el depósito como La Torre, Pomarani, Santa Rosa, Huancasayane, Pullucunuyoc.

Las tectónicas que afectaron el área de la mina fueron las responsables de los esfuerzos compresivos, que originaron el cizallamiento intenso y dieron lugar a las fallas inversas de bajo ángulo, produciendo las zonas de debilidad. Estas zonas facilitaron el desplazamiento de los fluidos hidrotermales, originados en el metamorfismo regional que afectó la zona junto con las tectónicas.

Se ha establecido una ley promedio de 2.8 g/t de Au para la secuencia media y valores de 0.7 g/t de Au para la secuencia superior; pero se tienen registros de 25-30 g/t de Au en el sector de La Torre de la secuencia media. Nuestras muestras recolectadas dan valores de 3.5-4.4 g/t de Au para el mismo sector de La Torre, secuencia media de la Fm. Sandía. Se han estimado valores en otras áreas con 0.5-0.8 g/t de Au (Minera Corimina).

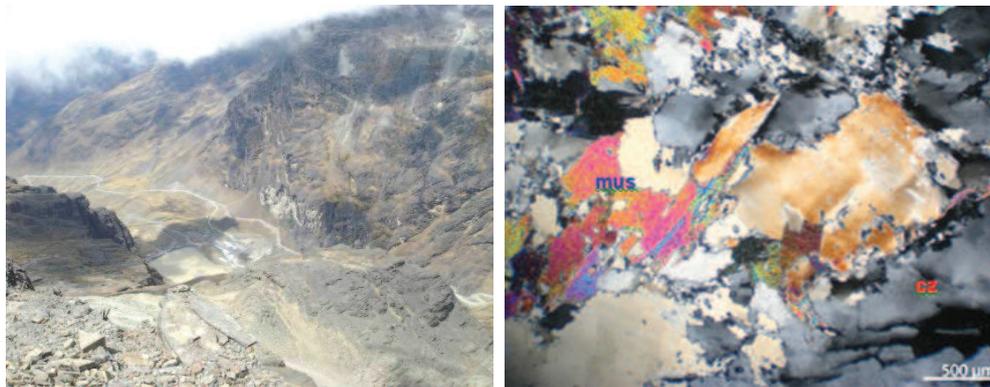


Figura 3.3.- Secuencias de pizarras de Fm. Sandía en la Mina Untura, y microfotografía en nícoles cruzados de un granito gneisificado con cuarzo suturado de extinción oscilante (cz) y muscovita (mus) del Intrusivo de Untuca.

SARITA

La mina Sarita está ubicada al norte de Crucero (Puno) de donde se toma una trocha carrozable hacia Huasacorral cerca al depósito. El depósito se emplaza en el intrusivo de Aricoma que corta a los

sedimentos Siluro-Devonianos de las formaciones Sandía y Ananea al este, y carboníferos del Gpo Ambo al oeste. Las litologías del intrusivo abarcan desde los granitos hasta las dioritas, monzogranitos y sienogranito albitico (Candiotti, 1983). Presenta afloramientos ligeramente falladas y fracturadas, y atravesadas con diques de andesitas a microdioritas cloritizadas verdosas y vetas de cuarzo, así como diques lamprófidos y aplitas (Candiotti, 1983). Una datación en U-Pb arrojó 230 ± 10 Ma (Laubachert, 1978), es decir, una edad Permiana superior. Estructuralmente, se tiene dos fallas: la mayor orientada al NNO; y la menor orientada al norte. Ambas fallas convergen al borde norte del intrusivo y continúan hacia el norte con una dirección NNO, hasta truncarse con el sistema de fallas inversas de Usicayos.

La zona mineralizada presenta dos sistemas de fracturas: una N-S con buzamiento variado al este; y otro como un sistema de dos juegos que se entrecruzan y tienen direcciones 350° - 340° y 010° - 020° con buzamientos empinados al este. De esta forma, la falla de la denominada Galería 1, tiene dirección N-S y buza 75° E y se encuentra rellenada y metasomatizada, y que tiene prolongaciones con orientación $N335^\circ/70^\circ$ NE. Además, se ha encontrado algunas fallas mineralizadas con orientación $N280^\circ/70^\circ$ NE. Candiotti (1983) propone que estas últimas fallas son de post-greusificación (albitización), que produjo reactivaciones de falla anteriores y el control del emplazamiento de diques lamprófidos y aplitas. El tajo Fortuna II, y las galerías, Ivón y Fortuna presenta una mineralización en vetas centimétricas, así como cuerpos con mineralización diseminada, hospedados en un intrusivo; sus vetas de cuarzo tienen orientaciones de $N90^\circ/72^\circ$ O y $N170^\circ/80^\circ$ NE. Los diques lamprófidos, cortan a todas las secuencias intrusivas anteriores y tienen grosores de 0.2 a 3 m, con longitudes de hasta 1 Km y orientaciones norte-sur. Se aprecian asociados cuarzo lechoso y propilitización con piritización (Candiotti, 1983).

El depósito presenta una fuerte seritización, por alteración de feldespatos, y sectores con propilitización, específicamente cloritización, entre moderada a fuerte en las biotitas, además de una débil argilitización (BMP, 1978). Pequeños cuerpos lenticulares de greisen biotítico con cuarzo, microlina perfitica, muscovita y turmalina radial, reemplazan gradualmente a la roca albitizada a lo largo de fracturas discontinuas. Sin embargo, es notable el empobrecimiento de muscovita y turmalina debido probablemente a que es un intrusivo menos alcalino y relacionado con un intrusivo albitizado. Por tanto, este greisen del yacimiento se denomina greisen de biotita-cuarzo (Candiotti, 1983). La mineralización se presenta a manera de cuerpos, vetas y venillas. Los cuerpos contienen calcopirita diseminada junto con clorita y sericita. Las vetas son centimétricas y consisten de cuarzo con venillas de calcopirita y pirita, además se tienen vetas de cuarzo-turmalina cortando a las rocas aplíticas, así como también venillas de cuarzo-clorita-epídota. Los diques cloritizados que las cortan contienen diseminación de pirita, venillas de cuarzo y hasta 15 % de minerales de titanio (rutilo y esfena).

Como minerales de mena se tienen pirita, calcopirita y turmalina, y como minerales de ganga, cuarzo, clorita, sericita y epídota. Así, se han descrito 7 cuerpos mineralizados de greisen biotítico tabulares a lenticulares de hasta 7 a 60 m por a 20-40 m (Candiotti, 1983), en estructura angosta, con leyes de 4.4 a 10.8% de Cu, y 1.1 a 43.3 g/t de Ag. Las estructuras, tienen direcciones $N300^\circ$ a $N350^\circ$ buzamientos de 77° al NE y 84° al SO. En la zona de Aznucocha tenemos dos cuerpos mineralizados con orientación $N5^\circ/84^\circ$ SE. Los anchos de estas estructuras varían desde 0.5 m hasta 12 m, encontrándose casos de hasta longitudes de 40 m. Algunos diques-vetas de sienita cuarzosa tienen sulfuros con valores que dieron 1448 ppm de Zn. Además, se encuentra muscovita, epídota diseminada, zoisita asociada al cuarzo y minerales opacos.

Finalmente, se describen vetas estériles de cuarzo lechoso y pirita con orientaciones norte-sur y buzamientos verticales. La mineralización ocurre como cuerpos aislados en planos de fracturamiento. Algunos presentan sombrero de hierro. El cobre alcanza valores de 5 a 6.10% de Cu encontrándose en algunos puntos hasta más de 10% de Cu, especialmente en los diques-vetas de calcopirita y bornita. En nuestras muestras se ha registrado valores de Cu de hasta 1% en algunos de estos

cuerpos de veta, se ha registrado además valores de 34.4 g/t de Ag.



Figura 3.4.- Diseminaciones de calcopirita de los cuerpos mineralizados, y vetas de cuarzo turmalina cortando el intrusivo en el yacimiento de Sarita.

Se han identificado también impregnaciones de malaquita, azurita, crisocola, y bajas proporciones de wolframio, molibdeno y estaño. La secuencia paragenética sería la siguiente: magnetita, ilmenita, esfalerita, molibdenita, bornita, calcopirita, cuarzo, pirrotita, pirita, diseminados dentro de los cuerpos del intrusivo. Como minerales secundarios tenemos: marcasita, digenita, covelita y limonita. Aparentemente, el depósito estaría relacionado a un depósito con notable presencia de wolframio (0.96%) y estaño (0.20%) con soluciones hipercríticas post-magmáticas, relacionadas con una fase gaseosa de formación, según datos de inclusiones fluidas, que originaron un metasomatismo alcalino con las moléculas NaO y K₂O, por lo tanto relacionados con los denominados yacimientos neumatolíticos. Este metasomatismo, generó una albitización, en donde posteriormente ocurre una inversión del proceso, debido a la disminución de la presión y temperatura, que originó un fracturamiento en el borde superior del intrusivo y trajo consigo el metasomatismo potásico. El potasio fue removido de los niveles inferiores del intrusivo, y constituyó cuerpos lenticulares de greisen biotítico y microclina. Durante esta greisificación las soluciones hipercríticas pasan a la fase hidrotermal y depositan diseminaciones de calcopirita, sheelita, casiterita y molibdenita. Posteriormente a todo este proceso, se emplaza el subvolcánico granodiorítico, los diques de aplita y lamprófidos, y finalmente las vetas de cuarzo lechosos con pirita de una mineralización tardía (Candiotti, 1983).

Las reservas ascendían en los primeros años a 157,000 t con 2.96% de Cu, 24.4 g/t de Ag y como mineral prospectivo 226,000 t con 2.54% de Cu, y 22.7 g/t de Ag (BMP, 1972). En 1980 se estimó un potencial aproximado de 1'822,000 t con leyes entre 1.5, 2.3 y 3 % de Cu y de 11 a 12 y 17 a 24 g/t de Ag.

SANTA BARBARA

Esta mina abandonada se ubica en la localidad de Pucomoro, distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa y departamento de Puno, sus coordenadas UTM de referencia son 322,281E y 8'267,358N, a una altitud de 4139 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Lagunillas (32-u). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Juliaca – Santa Lucía (Ruta PE-34A), se sigue este camino hasta la localidad de Pucomoro, para luego tomar una trocha carrozable hasta las labores.

Los afloramientos del área se tratan de estratos volcánico-sedimentarios pertenecientes al Grupo Tacaza de edad Mioceno (Valdivia y Rodríguez, 2001). Esta unidad se compone de coladas de andesitas de textura porfíricas, intercaladas con brechas y coladas de composición riódacíticas. Los

volcánicos del Grupo Tacaza fueron cortados por una diatrema constituida por un tufo brechoso de composición dacítica de coloración blanquecina. (Tumialán, 2000). A lo largo del río Verde se tiene cartografía una falla de dirección N135°, además puede notarse el suave plegamiento de los estratos volcánicos. A nivel local, la mineralización esta controlada por fracturas orientadas N75°/60°NE, N128°/90°, N180°/55°E y N30°/70°SE.

Se trata de un yacimiento de Ag, Cu y Pb, de tipo filoniano, hidrotermal de alcance epitermal superior - mesotermal inferior, con procesos de enriquecimiento secundario en superficie, hipogeo-primario a profundidad, directamente relacionado a una diatrema volcánica. La alteración se presenta en la zona mineralizada produciendo arcillas por argilización moderada, con fenocristales cloritizados y cortado por venillas de calcita. La mineralización se da en vetas controladas localmente por una falla normal de orientación N30°/70°SE. Estas vetas presentan venillas con óxidos de cobre como malaquita, azurita y neotocita rellenas con bauxita, venillas con esfalerita, galena, calcopirita y cuarzo, venillas con pirita, calcopirita y calcosina rellenas con yeso, y venillas con calcita con orientaciones N75°/60°NO, N128°/90° y 180°/55°E.

SANTA CATALINA

Esta mina abandonada se ubica en la localidad de Santa Catalina, distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa y departamento de Puno, sus coordenadas UTM de referencia son 322,397E y 8'268,112N, a una altitud de 4173 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Lagunillas (32-u). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Juliaca – Santa Lucía (Ruta PE-34A), se sigue este camino hasta la localidad de Santa Catalina, se prosigue por una trocha carrozable hasta las labores.



Figura 3.5: Arriba, vista de las labores de la mina abandonada Santa Catalina y detalle de una veta con óxidos de hierro. Abajo, detalles de la mineralización con óxidos de cobre y venillas con cuarzo y bormita.

En el área existen afloramientos de rocas volcánica-sedimentarias pertenecientes al Grupo Tacaza de edad Mioceno (Valdivia y Rodríguez, 2001). Estas rocas están compuestas por coladas de andesitas de textura porfírica, con 70% de matriz, intercaladas con brechas de composición andesítica, que presentan una dirección de N10°-30° y buzamiento de 10°-15° hacia el SO. Se ha cartografiado una falla a lo largo del río Verde, además puede notarse el suave plegamiento de los niveles volcánicos. Localmente, la mineralización esta controlada por fracturas orientadas N78°/90°, N70°/82°NO, N175°/78°NE, N165°/80°NE, N100°/88°NE y N90°/90°.

La alteración se produce en las andesitas presentando la argilización de la matriz y los feldspatos a arcillas, estando asociado a óxidos de hierro con alteración supergenea, y venillas de cuarzo por silicificación. La mineralización se presentan en forma de vetas de 0.5 m de ancho, orientadas en N78°/90° y N70°/82°NO, y controlada localmente por la falla N175°/78°NE. Estas vetas muestran mineralización de óxidos de cobre como crisocola, malaquita y neotocita, también óxidos de cobre con galena (UTM 322,300 y 8°268,310N). Además, se observan venillas de 2 cm de ancho con cuarzo gris y blanco con bornita, malaquita y óxidos de manganeso, venillas de 1 cm de ancho con calcopirita y bornita, y venillas de 2 cm de ancho con óxidos de cobre.

BERENGUELA

El depósito de Berenguela pertenece al distrito de Cabanillas y Santa Lucia, provincia de Lampa, departamento de Puno y cuyas coordenadas geográficas son: Longitud 70° 34'W y Latitud 15°40'S. El yacimiento corresponde a depósitos hidrotermales hipógenos y epigenéticos. (Reemplazamiento en carbonatos). En el área del depósito afloran capas de caliza con algunas lutitas y areniscas, pertenecientes al grupo Moho del Cretaceo, las cuales se encuentran plegadas y en algunas zonas falladas, siendo el rumbo de las fallas NO y NE. La mineralización consiste de óxidos de manganeso amorfos ("Wad") conteniendo finísimas diseminaciones no visibles de cobre y plata y ocurre dentro de las calizas dolomíticas de la Formación Ayavaca, el cuerpo mineralizado tiene una forma alargada en la dirección E-W y se encuentra limitado en la base por una capa de yeso de espesor desconocido y por calizas no mineralizadas de la misma formación. En base a los datos de perforación diamantina y a los muestreos realizados en labores subterráneas se estimó en el año 2008 para el depósito de Berenguela las reservas probadas de 21.6 Mt con 126.36 g/t de Ag y 0.87% de Cu.

PABLOBAMBA

Pablobamba se encuentra ubicado en el distrito de Yanahuaya, provincia de Sandia. Se encuentra a una altura promedio de 2000 msnm, en el cruce de las siguientes coordenadas geográficas: Longitud 69°04'00"W y Latitud 14°19'38"S. El yacimiento corresponde a los determinados placeres auríferos. En el yacimiento de Pablobamba afloran las rocas metamórficas de la Formación San José (Paleozoico) y los sedimentos aluviales del Cuaternario. Los depósitos aluviales están constituidos por material detrítico semiconsolidados con clastos subangulares a subredondeados cementados por una matriz areno-arcillosa. La distribución del oro en los depósitos aluviales es errática. Las reservas de mineral para el yacimiento aurífero de Pablobamba, de acuerdo al muestreo sistemático utilizado se concluyen en un volumen de 75,600 m³ con ley de 0.807 gr/m³ (Mamani, 1994).

SAN ANTONIO DE POTO

El yacimiento San Antonio de Poto se encuentra en los parajes de Pampa Blanca y Vizcachani, distrito de Ananea, Provincia de Sandia. Geográficamente se ubica en Longitud 69°32'W y Latitud 14°41'S, a una altura de 4600 msnm. El yacimiento corresponde a los determinados placeres auríferos, donde el oro se encuentra en varias formas, como chispas, pepitas o diseminado. Las formaciones auríferas de San Antonio de Poto y las que suceden a lo largo del flanco sur-occidental de la Cordillera de Carabaya, corresponden a formaciones morrénicas de acción glacial típica y complejos fluvio-glaciares del Terciario superior y Cuaternario, que descansan sobre metamórficos mineralizados de edad Paleozoica con pizarras y esquistos predominantes. Las leyes promedio de oro en este yacimiento son de 0.29 g/m³, cuyas reservas alcanzan los 168'000,000 de toneladas de material

aluvial. En la zona de Pampla Blanca, las concentraciones de oro son mayores que en la de Ananea, teniendo en la parte central hasta 60 m de grosor, con reservas mayores a los 400'000,000 m³, probablemente influenciada por su cercanía a la mina de oro vetiforme La Rinconada.

SAN JUAN

El yacimiento San Juan se ubica en el flanco Occidental de los Andes Meridionales Peruanos, políticamente pertenece al distrito de Cabana, Provincia de San Román. Geográficamente su punto central se ubica en las coordenadas siguientes: Longitud 70°43'55"W y Latitud 15°57'15"S. A una altitud promedio de 4400 msnm. El yacimiento se le considera del tipo hidrotermal hipogénico y pigenético de facies mesotermal a epitermal, con relleno de soluciones hidrotermales en fracturas consistentes de: calcita, cuarzo, galena argentífera, esfalerita, calcopirita y pirita. La litología es variada, mostrando la columna estratigráfica regional es como sigue: Jurásico (Grupo Lagunillas), Cenomaniano (Formación Calizas Ayavacas), Cretáceo superior a Mioceno (Grupo Puno), Oligoceno tardío al Mioceno medio (Grupo Tacaza), Mioceno medio (Grupo Sillapaca), Mioceno medio a superior (Grupo Maure), Plio-pleistoceno (Grupo Barroso) y depósitos del Cuaternario. El potencial estimado para el yacimiento San Juan es de 15'276,800 t, con leyes indicativas promedio de 3.798% de Pb, 2.729% de Zn, 2.455 oz/t de Ag y 0.214% de Cu, y un valor obtenido de US\$ 49.648 por tonelada métrica (Hanampa, 2000).

CONDORIQUIÑA

Condoriquiña es una mina abandonada, ubicada al sur de Cuyocuyo (Puno), al borde SE del Depresión de Crucero-Ananea. Se emplaza en la secuencia detrítica de cuarcitas, intercaladas con niveles de pizarras negras, pertenecientes a Formación Sandía del paleozoico inferior con orientaciones en las pizarras de 126° con buzamiento de 62° al NE, que al norte está intruída por el pequeño stock granítico de Conturene de edad Cretáceo inferior; mientras al este a unos 5 Km, tenemos un stock de 2 Km de diámetro y de composición leucogranítica con muscovita y biotita que indican recristalizaciones metamórficas y deformaciones asociadas. Este metamorfismo está evidenciado por la presencia de andalucita, que disminuye a medida que se aleja del granito, por lo que al intrusivo se le asigna edad Siluro-Devoniana (Chavez et al., 1996). Regionalmente, tenemos un sin número de fallas, producto de la superposición de fases tectónicas eohercínica, tardihercínico y andina las cuales han afectado de diferente forma las unidades geológicas, según la composición litológica; así tenemos la presencia de fallas inversas de orientación NO-SE y de vergencia al SO.



25

Figura 3.6.- Veta de cuarzo, pirita y muscovita en Condoriquiña

La mineralización se presenta en forma de vetas centimétricas de cuarzo-pirita-muscovita, vetas de hematita-goetita-pirita y venillas de cuarzo-turmalina. Las vetas de cuarzo-pirita-muscovita (Figura 3.6) presentan direcciones N115° a N177° con buzamiento de 68° a 82° al SO y orientaciones de N200°/85°NO; las vetas de hematita-goetita-pirita presentan direcciones N290° a N240° con buzamiento de 60° al NE. Otras venillas mostraron orientaciones de 128° con buzamientos de 7° al NE. Como minerales de mena se tiene pirita y turmalina. Como ganga al cuarzo, muscovita, hematita, goetita. Se ha encontrado un valor interesante en una muestra de 3.4 g/t de Ag.

LOS ESPAÑOLES

Los Españoles es una mina abandonada, ubicada cerca de Putina (Puno), está emplazada en cuerpos subvolcánicos porfíroides dacíticos (Figura 3.7) sericitados y argilitizados, y riódacíticos algo cloritizados que intruyen a las pizarras negras de la Formación Ananea del Paleozoico inferior que presentan paquetes de 20 a 80 cm y con orientaciones muy variables de su esquistosidad de entre 36° al SE y 18° NE.



Figura 3.7.- Arriba, vetas de cuarzo, hematita y óxidos de Fe, y mena con pirita y esfalerita del depósito de Los Españoles. Abajo, Microfoto en nicoles cruzados: textura porfírica de grano medio de las dacitas del Intrusivo de Curipata con feldespato potásico (FPK) y plagioclasa (pgl) cloritizada (clt).

Como minerales de mena se tiene pirita, calcopirita, galena y escalerita, como minerales de ganga tenemos cuarzo, hematita y óxidos de hierro (goethita). Las muestras recolectadas evidencian valores

interesantes en 146 a más de 340 g/t de Ag, 7% de Pb y 2% de Zn. Asimismo, se ha reportado valores anómalos en La en 158 ppm y en Y en 390 ppm.

La mineralización se presenta en forma de vetas centimétricas de entre 50 a 90 cm de potencia, conteniendo cuarzo con pirita, calcopirita, hematita y óxidos de hierro, hospedadas en los cuerpos subvolcánicos, como la dacita que contiene cúmulos de esfalerita. También se tienen vetas de cuarzo con galena y calcopirita con una fuerte oxidación y vetas de cuarzo con pirita y galena. Se tiene varios sectores como Mina Superior con orientaciones de la veta entre 120°-136° buzantes en 54°-72° al NE; mientras en el sector de Mina Cecilia, más al sur tiene una orientación de las vetas de 270°-310° y buzantes 55°-60° NE. Además, tenemos vetas de cuarzo con orientación 036° con buzamiento 18° SE y 028° con 58° SE.

MESAFRANCA

Mesafranca es una mina abandonada, ubicada al SO de Usicayos, cerca del eje de la Cordillera Oriental. Se emplazan en las areniscas gris blanquecino a gris, de grano fino, generalmente cuarzosas, con laminación pronunciada del Carbonífero inferior (De la Cruz et al., 1996) con orientación 108° con buzamiento de 32° al NE. Estructuralmente, la zona es denominada como Escamas de Usicayos (Laubacher, 1978) que presentan un sistema de fallas inversas de dirección NO-SE de alto ángulo hacia el este y norte; además de pliegues echados que han afectado principalmente las calizas permianas del Gpo. Copacabana.

La mineralización se presenta en forma de mantos de orientación N50° con buzamiento de 48° al SE y potencia aproximada de 20-23 cm, contenidos en las areniscas de grano fino estratificadas, en forma de capas de cuarzo lechoso (Figura 3.8) y calcopirita diseminada intercalada con cuarzo gris con calcopirita y pirita fina, como minerales de ganga se tiene ankerita y siderita. Se ha reconocido la presencia de cuarzo lechoso, calcopirita, pirita, ankerita y siderita. Algunas muestras dieron valores de 1.5 g/t de Ag.



Figura 3.8.- Intercalación cuarzo gris y lechoso con sulfuros diseminados en Mesafranca.

NICARAGUA

Nicaragua es una mina abandonada, ubicada al sur de Crucero (Puno) se emplaza en niveles calcáreos del Gpo Copacabana, que ha sido afectada por la tectónica andina manifestada en las discordancias entre el Paleozoico y Cretáceo (De la Cruz et al., 1996), presenta un rumbo predominante de las estructuras con orientación 346° con buzamiento de 25° al NE (Monge y Zedano,

1996). Se ha determinado la presencia de brechas de colapso con niveles de texturas de recristalización por hidrotermalismo. La mineralización consiste en galena y pirita diseminada, así como esfalerita y marcasita (Monge y Zedano, 1996).

Las reservas probadas y probables alcanzan las 14,050 t con leyes promedio de Pb en 17.6% y Ag en 27.12 g/t (Monge y Zedano, 1996). En la muestra recolectada se ha encontrado leyes de 4 g/t de Ag y 2.55% de Pb.

TAUCANE

Se trata de una mina abandonada, ubicada al norte de San Antón, emplazada en las areniscas cuarzosas de la Fm Huancané de edad Cretáceo inferior (De la Cruz et al., 1996) y las calizas dolomitizadas del Gpo Moho (Monge y Zedano, 1996) también del Cretáceo, que muestran orientaciones de 340° con buzamientos de 45° al SE.

La mineralización se presenta en forma cuerpos de mena de sulfuros en las areniscas cuarzosas, así como algunas venillas de sulfuros y calcitas en las dolomías del Gpo Moho. Se aprecian abundantes niveles brechados (Figura 3.9) producto de los sistemas de fallas que tienen direcciones de N134°-155° y buzamientos de 50°-90° al SO; en otros puntos tenemos que las orientaciones oscilan entre N110°-174° y buzamientos entre 60°-84° al SO. Además otras estructuras tienen orientaciones de N268°-260° con buzamientos de 44°-83° al NO. Como minerales de mena se tienen sulfuros como pirita, cobre grises, galena y esfalerita. Las muestras recolectadas evidencian valores interesantes en 45 g/t de Ag, 2% de Pb y 1.5% de Zn.



Figura 3.9.- Niveles de brecha en la Mina Taucane

PRINCESA

Es una mina abandonada, ubicada al sur de Crucero (Puno) al borde de la Depresión de Crucero-Ananea. Se emplaza en las estratos de areniscas cuarzosas de la Fm Huancané de edad Cretáceo inferior, que presentan orientaciones muy variables de sus estratos de 070-134° con buzamientos de 32°-40° al E. Ha sufrido el efecto de la tectónica andina, en base a la discordancia angular de la secuencia del Grupo Moho (calizas y lutitas), con las capas rojas de la Formación Arco Aja, y con un fallamiento normal que le pone en contacto con las sedimentitas paleozoicas (Monge y

Zedano, 1996). Los estratos de areniscas tienen una orientación de 070-134° con buzamientos de 32°-40° al este.

La mineralización se presenta en forma de mantos de manganeso de 1.5 m (Figura 3.10) con orientaciones N103°/54°SE y N60°/62°NO, y algunas venillas milimétricas, contenidas en estratos de areniscas cuarzosas y venillas de goetita con óxidos de Mn. Tanto los mantos como las venillas se alojan en areniscas cuarzosas y conglomerados. Aparecen niveles de silicificación en las areniscas cuarzosas. Como minerales de mena se tiene la galena, esfalerita, pirita, cerusita y arsenopirita (Monge y Zedano, 1996), como ganga goetita y óxidos de Mn.

Las reservas probadas y probables alcanzan las 13,000 t con leyes promedio de Pb en 13.86%, Zn en 0.36% y Ag en 320 g/t (Monge y Zedano, 1996). Muestras recolectadas evidencian valores interesantes de 19 a 980 g/t de Ag, 10% de Pb y más de 2% de Zn.



Figura 3.10.- Manto de Manganeso en la mina Princesa.

YANAORCCO

Se trata de una labor abandonada ubicada en el cerro Yanaorcco, distrito de Cabanillas, provincia de San Román y departamento de Puno, sus coordenadas UTM de referencia son 333,157E y 8'253,677N, a una altitud de 4675 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Lagunillas (32-u). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Juliaca – Santa Lucía (Ruta PE-34A), luego se sigue el desvío hacia Llapapata (Ruta PE-34C) hasta el caserío de Champalaya, finalmente se toma una trocha carrozable por 6 Km hasta la mina.

Los afloramientos del área comprenden rocas volcánicas del Grupo Tacaza de edad Paleógeno-Neógeno, y un cuerpo intrusivo de edad Neógeno (Valdivia y Rodríguez, 2001). El Grupo Tacaza está conformado por coladas andesíticas de textura porfírica y afanítica, y brechas de color marrón y verde, intercalada con conglomerados de clastos volcánicos y rioclitos de textura porfírica. El intrusivo se trata de un domo dacítico a rioclitico, de textura porfírica, con plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo, hornblenda y biotitas. Se ha cartografiado un sistema de fallas de dirección andina que ponen en contacto estratos de edad Cretácico con los volcánicos del Grupo Tacaza. Localmente, la mineralización está controlada por fracturas orientadas N160°/78°SO, N65°/54°SE y N80°/82°SE.

La alteración se da en la zona mineralizada produciendo la argilización de la roca hospedante, además se observa alteración supergena con limonitización. La mineralización se presenta en estructuras vetiformes de 1.20 m de ancho, de dirección N160° y buzamiento 78° al SO. Los minerales principalmente se tratan de óxidos de manganeso, siderita, óxidos de cobre (malaquita y crisocola), y baritina, cuarzo, alunita como mineral ganga. Además, en los afloramientos de conglomerados se observan venillas de calcita con siderita orientadas N80°/82°SE, N85°/86°SE y N89°/75°NE, y venillas con calcita, siderita y pátinas de óxidos de cobre.



Figura 3.11.- Arriba, vista de los afloramientos intrusivos en la zona de la labor Yanaorcco y detalle de una brecha con venillas de sílice. Abajo, detalles de la mineralización con óxidos de hierro y manganeso, siderita, y ganga de baritina y alunita.

HUASCAR

Esta mina abandonada se ubica en el cerro Munaypata, distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa y departamento de Puno, sus coordenadas UTM de referencia son 326,930E y 8'256,842N, a una altitud de 4360 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Lagunillas (32-u). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Juliaca – Santa Lucía (Ruta PE-34A), se sigue el desvío hacia Llapapata (Ruta PE-34C) hasta el caserío de Mira Mira y luego una trocha a las labores abandonadas.

En el área afloran rocas sedimentarias de la Formación Saracocha de edad Cretácico inferior (Valdivia y Rodríguez, 2001). Esta unidad está conformada principalmente por conglomerados con clastos polimicticos y matriz limo-arenosa, localmente cuenta con intercalaciones de areniscas arcósicas y feldespáticas, estos estratos presentan una dirección de N80° y buzamiento de 75° al NO. En el área se ha cartografiado un sistema de fallas de rumbo de dirección andina que ponen en contacto los estratos de la Formación Saracocha con los volcánicos del Grupo Tacaza. Localmente, la

mineralización esta controlada por una falla normal orientada N80°/48° NO.

La alteración se presenta en la zona mineralizada produciendo arcillas por argilización de la roca hospedante, estando asociada a óxidos de hierro por alteración supergénica. La mineralización se da principalmente en los conglomerados brechados, en forma de vetas que presentan galena diseminada con jaspe rojo, además óxidos de hierro como goethita y hematita en venillas irregulares y diseminadas, aparentemente la hematita deriva de la alteración del jaspe rojo.

KROMAR

Esta labor cerrada se ubica en el cerro Chachacumani, distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa y departamento de Puno, sus coordenadas UTM de referencia son 326,338E y 8°257,613N, a una altitud de 4224 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Lagunillas (32-u). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Juliaca – Santa Lucía (Ruta PE-34A), se sigue el desvío hacia Llapapata (Ruta PE-34C) hasta el caserío de Mira Mira y a las labores abandonadas.

Los afloramientos en el área comprenden principalmente rocas sedimentarias de la Formación Saracocha de edad Cretácico inferior (Valdivia y Rodríguez, 2001). Esta unidad está conformada por conglomerados con clastos polimicticos y matriz limo-arenosa, que presentan una orientación de N80°/75° NO. Localmente son intruidos por un dique félsico porfirítico de plagioclasas, feldespatos potásicos y cuarzo, de matriz rosada, de 5 m de ancho, y orientación N108°/77° SO. En el área existe un sistema de fallas de rumbo de dirección andina que ponen en contacto los estratos de la Formación Saracocha con volcánicos del Grupo Tacaza y estratos de edad Jurásica. Localmente, la mineralización esta controlada por fracturas orientadas N130°/62° SO y N115°/60° SO.

La alteración se presenta en la zona mineralizada produciendo argilización moderada de los conglomerados, asimismo se observa asociada venillas con baritina y calcita. Se trata de un depósito epitermal con mineralización de óxidos de cobre como malaquita, crisocola, azurita, junto con minerales de baritina en venillas orientadas N130°/62° SO y N115°/60° SO y rellenando espacios.



Figura 3.12.- Afloramientos de estratos conglomerádicos de la Formación Saracocha en la mina Kromar.

CHAUPIORCCO

Las labores abandonadas están ubicadas en el sector de Japaso, distrito de Limbani, provincia de Sandía y departamento de Puno, sus coordenadas UTM de referencia son 423,422E y 8°438,697N, a

una altitud de 3828 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Limbani (29-x). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Juliaca – Macusani (Ruta PE-34B) hasta el poblado de Rosario, de donde se toma el camino a la localidad de Curupata (Ruta PU-104), luego el desvío a la localidad de Limbani (Ruta PU-106), finalmente una trocha hasta la zona de las labores.

En el área afloran rocas sedimentarias metamorfoseadas pertenecientes a la Formación Ananea de edad Siluriano-Devoniano (Sánchez y Zapata, 2001). Se trata de pizarras gris oscuras y azuladas, intercaladas con niveles de esquistos micáceos, y localmente niveles de cuarcitas lenticulares, estos presentan foliaciones orientadas en N84°/62°NO, N65°/20°NO, N125°/32°NE y N140°/32°NE. Estas rocas son intruidas localmente por un cuerpo granitoide de textura profirítica, con fenocristales de ortosa, cuarzo, plagioclasa y biotita (UTM 425,436E y 8'436,888N). La zona esta afectada por un pliegue anticlinal cuyo eje tiene dirección N-S, desarrollado a lo largo del interfluvio de los ríos Huancasarani y Para. Localmente la mineralización esta controlada por fracturas de orientación N88°/82°NO, N140°/81°NE, N90°/83°N, N70°/66°NE, N136°/86°NE y N70°/40°NO.

La alteración se presenta en la zona mineralizada produciendo venillas de cuarzo por silicificación, además se ha observado clorita, ambos pueden estar relacionados al proceso metamórfico que ha afectado estas rocas. La mineralización se presenta en vetas de 2 m de ancho, orientada N140°/81°NE. Esta estructura presenta mineralización masiva, en laminillas y venillas de 2.5 cm de ancho, con minerales de estaño, ganga de cuarzo y orientaciones N88°/82°NO, N90°/83°N, N70°/66°NE, N136°/86°NE y N70°/40°NO, algunas concordantes con la foliación de la roca hospedante.



Figura 3.13.- Afloramientos de pizarras y esquistos con laminillas de cuarzo de la Formación Ananea.

3.1.2. Proyectos y prospectos

MAZO CRUZ

Se ubica en el distrito de Acora, provincia de Puno, en las siguientes coordenadas geográficas: Longitud 69°33'14"W y Latitud 16°52'36"S, a una cota de 4500 a 5200 msnm. El proyecto se caracteriza por presentar vetas polimetálicas desplazados en secuencia de aglomerados, flujos de andesita, lavas basálticas pertenecientes al Grupo Tacaza (Oligoceno-Mioceno). La mineralización es polimetálica, con minerales de galena, esfalerita, pirita, marcasita, arsenopirita, tetraedrita, proustita, pirargirita, polibasita y estembergita. Actualmente, tiene la concesión la Cía NDT Ventures.

CORANI

El depósito de Corani, se ubica al sur del pueblo del mismo nombre en Puno, en medio de la meseta volcánica de los volcánicos Quenamari. Estos volcánicos son tobas riolíticas cristaloclásticas con

abundantes amígdalas de calcedonia, en estructura columnar de edad miocena y que sobreyacen el basamento de areniscas rojas del Gpo Mitu (edad Permico). Se han diferenciado tres miembros volcánicos: Chacacuniza, Sapanuta y Yapamayo. El Miembro Chacacuniza muestra además ojos de cuarzo y biotita y un nivel de andesita en la parte superior (López, 1996) y es donde se emplaza la mineralización, controlada por fallas lístricas normales, que las han afectado y generado vetas de cuarzo bandeado con sulfuros y brechas verticales tectónicas en el bloque techo de las fallas; mientras se han generado stockwork en el bloque piso.

La alteración hidrotermal es amplia y comprende illita-esmectita-caolinita-sericita, así como también clorita. Se han reconocido como minerales de mena: freibergita (tetrahedrita rica en Ag), pirargirita, proustita, galena, esfalerita (con alto y bajo contenido en Fe), calcopirita, en menor cantidad pirargirita y plata nativa. Como minerales de ganga tenemos: cuarzo, pirita, baritina, estibina, anhidrita (Volkert et al, 2006). Se lo ha identificado como un depósito epitermal de baja sulfuración de metales preciosos y base (Volkert et al, 2006).

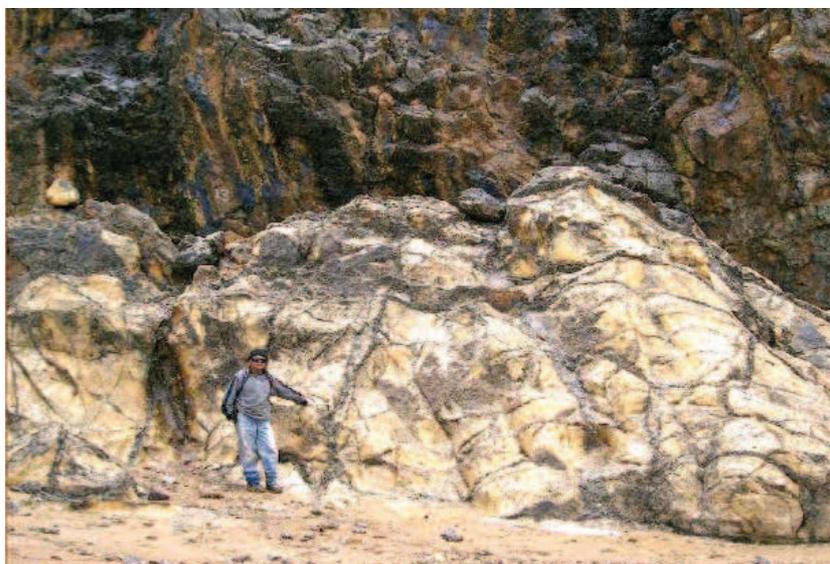


Figura 3.14.- Stockwork en las tobas de la Fm. Quenamari

3.1.3. Ocurrencias y anomalías

MINASCUNCA

Se trata de una ocurrencia antigua, ubicada al oeste Usicayos, sobre el abra del mismo nombre, cerca del eje de la Cordillera oriental. La ocurrencia mineral se emplaza en una secuencia clástica de brechas sedimentarias con clastos de caliza, areniscas arcóscicas rojas y areniscas cuarzosas que serían el Gpo Mitu de edad Permico (De la Cruz et al., 1996) con orientación aparente de N138° y buzamiento de 57° al SO, que han sido afectadas por un cuerpo intrusivo subvolcánico riolítico ligeramente argilitizado de 20-30 m de ancho y 40 m de largo aproximadamente, que ha intruido las areniscas y que tiene un núcleo más grueso monzogranítico. Estas rocas félsicas deben estar relacionadas a apófisis que han provocado un leve metamorfismo (De la Cruz et al., 1996). Se les asignan edades del Mioceno inferior en 20 Ma (Clark et al., 1990). Estructuralmente, la zona también está dominada por las Escamas de Usicayos (Laubacher, 1978).

La mineralización se presenta en forma de venillas milimétricas y vetas centimétricas, contenidas en estratos de areniscas cloritizadas y silicificadas. La alteración además comprende cuarzo-sericita y clorita-sílice, que forma una zonación verdosa, cercana al intrusivo que se distingue notoriamente de las areniscas rojas. Fuera de la zona de alteración se tienen conglomerados lixiviados.

La mineralogía comprende venillas y vetas milimétricas (2-4 mm) a centimétricas (50cm) de cuarzo, clorita, especularita, y malaquita. El cuerpo subvolcánico porfirítico riolítico presenta mineralización de calcopirita-pirita en forma de cúmulos, así como minerales de ganga como clorita y especularita. Las vetas presentan direcciones N096° a N112° con buzamientos de 40° a 70° al SO, y además orientaciones de N072°/78°SE. Se ha obtenido valores en algunas muestras de hasta 7 g/t de Ag y 4% de Cu.

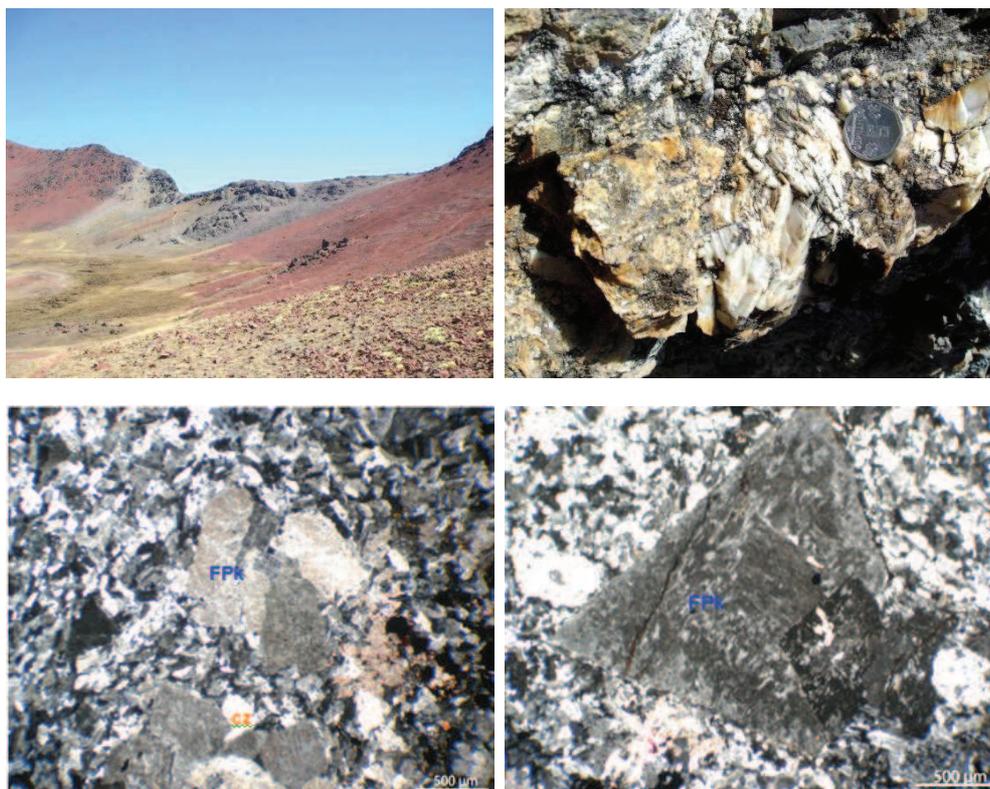


Figura 3.15.- Arriba, zona de alteración hidrotermal en Minascunca y vetas de cuarzo, clorita, especularita, y malaquita centimétricas. Abajo, microfotos en micotes cruzados de riolitas riolitas con textura porfírica, subvolcánica, con feldespato potásico (FPK) y cuarzo (cz), y Textura porfírica seriada de feldespato potásico (FPK) en las riolitas, que muestran probables asimilaciones y recrecimientos del intrusivo subvolcánico de Minascunca. En nícoles cruzados.

QUENAMARI (MACUSANI)

Las ocurrencias de uranio en el campo volcánico de Quenamari se encuentran muy cerca de Macusani (Puno), y se hallan ampliamente distribuidos en los volcánicos, razón por la cual reciben el nombre conjunto de Macusani. Geológicamente se encuentra dentro del dominio de una estructura circular de aproximadamente 2400 Km², similar a la caldera de Pozos de Caldas, Belo Horizonte (Brasil) donde se encuentra la mina más antigua de uranio de Brasil, actualmente paralizada. Estas ocurrencias uraníferas posiblemente también se encuentren dentro de una caldera volcánica, la cual

ha desarrollado todo un complejo volcánico con una actividad magmática que duró más de 15 Ma según dataciones K-Ar (Rivera et al 2011, en prensa).

Estas tobas de flujos de ceniza (ash flow tuff) de composición química y mineralógica (riolitas) muy similar son conocidas en conjunto como la Fm Quenamari, y como se mencionó antes se encuentra dividida en tres miembros (López, 1996) conocidos como Yapamayo (miembro superior), Sapanuta (miembro medio) y Chacaconiza (miembro inferior). Desde el punto de vista geo-económico, el miembro superior y medio son los de mayor importancia. La presencia de clastos de origen sedimentario es muy común, llegando estos a medir más de 5 cm, lo que evidencia el carácter explosivo de la estructura volcánica. Estas rocas volcánicas del Mioceno – Plioceno tiene como basamento rocas del Paleozoico superior (Grupo Mitu).

La principal asociación mineralógica es: cuarzo ahumado, cuarzo hialino, obsidiana, biotita, muscovita y andalucita. El uranio se encuentra en forma de autunita y meta-autunita (minerales secundarios) relleno de fracturas y formando venillas centimétricas alojadas en la parte superior del miembro Yapamayo. Las venillas de U presentan escasa alteración hidrotermal. La mineralización guarda una relación directa con la obsidiana, el cuarzo ahumado y negro, siendo utilizado empíricamente como una asociación mineralógica o mineralotecto para la exploración de uranio. El uranio también se presenta en forma diseminada en la matriz de la roca volcánica riolítica, pero las mejores leyes están relacionadas a las venillas (>1000 ppm). El background promedio de uranio en estas rocas volcánicas es variable alcanzando en algunas facies volcánicas hasta 40 ppm de U.

La mineralización de uranio se puede apreciar a simple vista, como la autunita amarilla verdosa con aspecto terroso. Se aprecian diferentes sistemas de fracturamiento en la roca volcánica, pero las de uranio tienen un sistema principal con orientación 210°. No todas las facies del miembro Yapamayo son económicamente interesantes, sólo algunas facies con abundante presencia de obsidiana, muscovita, biotita están directamente relacionadas a la mineralización de uranio.

Se ha obtenido valores por el espectrómetro en: U entre 7.2 hasta 3000 ppm, K entre 4.9 hasta 20.5 ppm, Th entre 19.6 hasta 348.2 ppm. Las lecturas anómalas de uranio también pueden ser encontrados en sedimentos fluvioglaciales (arenas limosas). En los suelos residuales muy cerca de las estructuras mineralizadas también se han registrado valores anómalos de hasta 500 c/s (conteos por segundo) (Rivera et al, 2011, en prensa).

Los resultados de numerosas perforaciones han evidenciado una mineralización de uranio superficial que incluyen concentraciones muy altas como 881 ppm de U y 1352.14 ppm de U. Existen pequeños intervalos (0.5 a 1 m) cuyas concentraciones sobrepasan los 5000 ppm de U e inclusive algunos intervalos centimétricos (20 cm) alcanzan concentraciones de 19 000 ppm de U (Rivera et al 2011, en prensa).

Este uranio es producto de reconcentración por procesos supergénicos, debido a su removilización de la matriz de la roca por aguas ácidas relativamente frías y su precipitación en zonas de menor presión como en las fracturas. Existen también pequeños lentejones mineralizados dentro de las rocas piroclásticas que presentan una longitud variada y una ley muy variable. Esta mineralización tiende a disminuir con la profundidad y lateralmente está limitada a los afloramientos piroclásticos que forman la estructura volcánica. El control estructural de la mineralización está restringido a las fracturas superficiales, interpretado como producto del enfriamiento rápido de los flujos piroclásticos. Se piensa que la ausencia de alteraciones hidrotermales en las venillas con uranio, se debe a la ausencia de fluidos hidrotermales calientes de origen magmático o quizás son producto de una mezcla de fluidos meteóricos y magmáticos, con un claro dominio de los primeros.

Es un depósito de uranio supergénico hospedado en rocas volcánicas piroclásticas peraluminosas del

Mio-Plioceno tipo Structure bound y strata bound (Dahlkamp, 1993).



Figura 3.16.- Vista panorámica del campo volcánico de Quenamari, y autunita de aspecto terroso rellenando fracturas en Quenamari.

PICOTANI

Se ubica en el centro volcánico del mismo nombre, y con numerosas ocurrencias de uranio ampliamente difundidas. La asociación mineralógica es cuarzo ahumado, cuarzo negro, cuarzo hialino, obsidiana, biotita, muscovita y sillimanita. El uranio guarda una relación directa con la presencia de obsidiana. Actualmente las principales anomalías de uranio han sido encontradas en las facies más diferenciadas de la Fm Picotani.

El uranio por lo general se encuentra relacionado a las tobas de flujos de ceniza (ash flow tuff) de composición riolítica a riodacítica. La presencia de obsidiana sigue siendo un marcador (mineralotecto) para poder encontrar zonas con altas concentraciones de uranio. Las ocurrencias de uranio, como autunita, no son tan apreciables como en el campo volcánico de Quenamari. Sin embargo, la mayor parte de la mineralización es diseminada, con muy pocas fracturas rellenas con autunita. Así de todas las facies volcánicas ácidas encontradas en la Cuenca Crucero las de mayor potencial son las de la Fm Picotani.

Las mineralizaciones de las facies volcánicas varían mucho en corta distancia, encontrándose algunas veces ash flow tuff con presencia de biotita y muscovita (similar a un granito de dos micas) con anomalías de uranio pero, sin embargo, algunos metros más allá pueden desaparecer totalmente estas características (Rivera et al., 2011, en prensa). Una de las principales anomalías encontradas, estuvo relacionada a las fracturas en los ash flow tuff. Estas fracturas fueron encontradas en las paredes de una quebrada que corta todos estos afloramientos volcánicos. Las anomalías radiométricas de uranio marcaban hasta más de 1800 conteos/s. Estas anomalías se encontraban en fracturas verticales, donde se podía reconocer minerales de uranio (autunita). Las anomalías eran constantes a lo largo de la quebrada y podría ser el resultado de una lixiviación superficial de uranio de una roca volcánica con alta concentración del mismo.

Datos del espectrómetro nos dieron valores de: U entre 3.6 hasta 107.1 ppm, K entre 1.9 hasta 24.1 ppm, Th entre 11.4 hasta 29.9 ppm (Rivera et al, 2011, en prensa).

OLLACHEA

Estas ocurrencias se ubican en el sector de Ollachea, distrito del mismo nombre, provincia de Carabaya y departamento de Puno, sus coordenadas UTM de referencia son 338,952E y 8'474,117N, a una altitud de 3108 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Ayapata (28-v). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Juliaca – Macusani (Ruta PE-34B) se prosigue hasta el pueblo de Ollachea

por la misma ruta, y a las ocurrencias por pequeñas trochas que parten de esta vía.

En el área afloran rocas sedimentarias metamorfoseadas pertenecientes a la Formación Sandía de edad Ordovícico superior y la Formación Ananea de edad Siluriano-Devoniano (Sánchez y otros, 2002). La Formación Sandía esta compuesta con cuarcitas, areniscas micáceas grises, lutitas, y pizarras con esquistocidad (foliación ondulante), cuyos estratos presentan orientaciones N195°/20°NO, N135°/40°NE y N160°/10°SE. Por otra parte, la Formación Ananea esta conformada por pizarras grises, intercaladas con lutitas y limolitas micáceas finamente laminadas, con orientaciones promedio de N110°/45°NE. Existen 2 cuerpos intrusivos que cortan estas unidades: el granito de San Gabán de edad Permiano-Triásico superior (UTM 342,527E y 8'484,104N), que tiene fenos de ortosa, plagioclasa, cuarzo y biotita, y la sienita de Ollachea de edad Jurásico inferior a medio (UTM 340,308E y 8'473,326N). La parte sur del sector de Ollachea se encuentra afectado por sobrecorrimientos que ponen en contacto a las formaciones Sandía y Ananea, y esta última con el intrusivo de Ollachea. La parte norte esta dominado por una serie de pliegues anticlinales y sinclinales con ejes de dirección N130°.

Se presenta en las zonas mineralizadas produciendo la alteración de las pizarras y areniscas micáceas, observándose venillas con cuarzo-sericita y cloritización de los minerales ferromagnesianos. La mineralización se presenta en forma de vetas de 2.5 cm de ancho, que tienen orientaciones N290°/25°NO y N195°/20°NO. Estas estructuras presentan presumiblemente mineralización de Au en vetillas de cuarzo concordantes con la estratificación (UTM 338,952E y 8'474,117N, 341,913E y 8'479,443N).



Figura 3.17.- Afloramientos del intrusivo de San Gabán cortando niveles de areniscas cuarzosas y detalle de estas areniscas de la Formación Sandía.

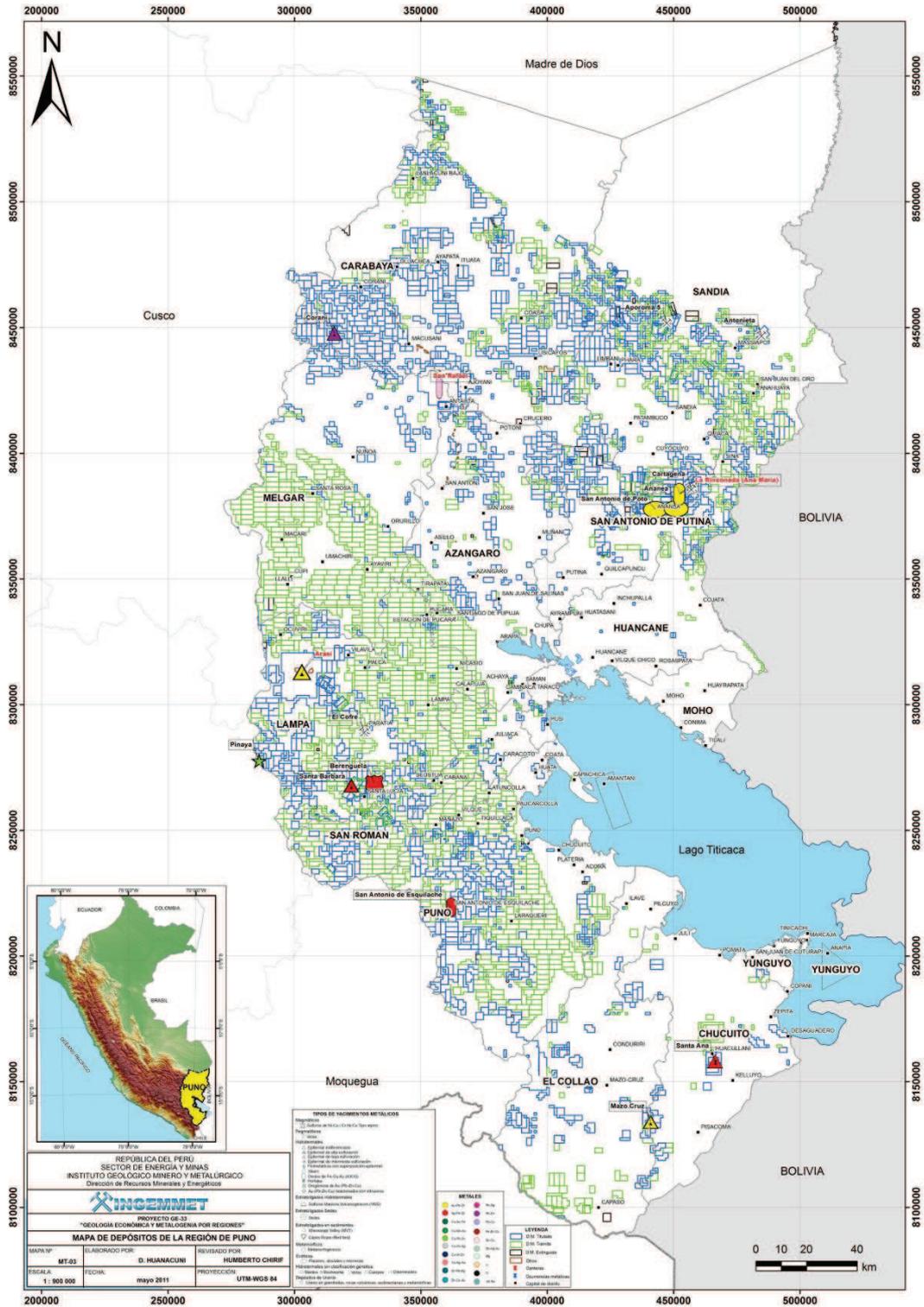


Figura 3.18.- Mapa de depósitos de la región Puno

3.2. Franjas metalogenéticas

En la región Puno se presentan 6 franjas metalogenéticas, las cuales tienen una orientación NO-SE.

FRANJA I DE Au EN ROCAS META-SEDIMENTARIAS DEL ORDOVÍCICO Y SILURO-DEVÓNICO

Se localiza a lo largo de la Cordillera Oriental del territorio peruano. Las rocas hospedantes están conformadas por pizarras y esquistos del Paleozoico inferior. Según sus historias de sedimentación y metamorfismo, se puede subdividir en tres unidades geológicas: Ordovícico inferior, Ordovícico superior-Silúrico y Carbonífero. Las estructuras mineralizadas están conformadas por vetillas y mantos lenticulares de cuarzo-oro, controladas principalmente por fallas inversas NO-SE. Esta franja es muy importante en la región, ya que tiene gran desarrollo minero, como es el caso de Untuca, Ananea, La Rinconada, Capac Orcco todas ellas, a excepción de la primera, explotadas artesanal y/o informalmente sin estadísticas de su producción.

FRANJA XV DE PÓRFIDOS-SKARNS DE Cu-Mo (Au, Zn) Y DEPÓSITOS DE CU-AU-FE RELACIONADOS CON INTRUSIONES DEL EOCENO-OLIGOCENO

Se ubica entre la Cordillera Occidental y el Altiplano. Esta franja se desarrolla en toda su magnitud entre Aprimac y Cusco, en Puno sólo se encuentra un segmento de ella, en la parte central y occidental de la región. La mineralización está relacionada con granitoides dioríticos a granodioríticos como del Batolito Andahuaylas-Yauri del Eoceno-Oligoceno, emplazados en condiciones transpresionales (Carlotto, 1999; Perelló et al., 2003) y controlados, por los sistemas de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Los intrusivos intermedios a ácidos están relacionados con la mineralización Cu-Mo (Au). Los intrusivos más básicos están relacionados con las mineralizaciones de Fe-Cu-Au y vetas principalmente de Au-Cu en los intrusivos. Las edades de mineralización están registradas entre 42 y 30 Ma. Es importante mencionar que en el dominio del sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, se tienen cuencas continentales sin-orogénicas (Carlotto et al., 2005), con mineralización de Cu tipo "Red Bed" alojada en capas rojas del Eoceno-Oligoceno del Grupo San Jerónimo y relacionada con el Batolito Andahuaylas-Yauri (Loza, 2004). En la región Puno no se han reconocido ocurrencias metálica relevantes.

FRANJA XIX DE DEPÓSITOS DE Sn-Cu-W RELACIONADOS CON INTRUSIVOS DEL OLIGOCENO-MIOCENO Y EPITERMALES DE Ag-Pb-Zn

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

FRANJA XXI DE EPITERMALES DE Au-Ag DEL MIOCENO HOSPEDADOS EN ROCAS VOLCÁNICAS CENOZOICAS.

Se distribuye ampliamente en el dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental. En Puno, la

franja está controlada por fallas NO-SE de los sistemas de Fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, Cusco-Lagunillas-Mañazo y prolongación Abancay-Condoroma-Caylloma. Agrupa a depósitos de Au-Ag (Pb-Zn-Cu) tipo alta, baja e intermedia sulfuración. Se les puede sub-dividir en dos épocas metalogenéticas de 18-13 Ma y 12-8 Ma. En la parte NO de esta se encuentra el depósito de Au-Ag de alta sulfuración como Arasi. Mas al S y SE, esta franja está superpuesta a yacimientos polimetálicos.

FRANJA XXIB DE DEPÓSITOS POLIMETÁLICOS CON SUPERPOSICIÓN EPITERMAL.

Esta franja se encuentra en la parte sur de la región Puno. Las rocas hospedantes están formadas por el Gpo. Tacaza de edad miocénica y la mineralización corresponde a vetas de Pb-Ag-Cu, Pb-Cu-Ag y Cu-Pb-Ag. Más al Sur, (16º y 17ºS) la mineralización se encuentra entre dos corredores formados por los sistemas de fallas y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Las rocas hospedantes pertenecen al Gpo Tacaza, Gpo. Maure y calizas de la Fm. Ayavacas. La mineralización es de tipo Cu-Pb-Zn y los yacimientos más importantes son Santa Bárbara, Berenguela, Pinaya, San Antonio de Esquilache entre otros. La edad de mineralización está asociada a intrusivos de edades comprendidas entre 22 y 19 Ma (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta 2008).

FRANJA XXIII DE EPITERMALES DE AU-AG DEL MIO-PLIOCENO

Se extiende en el dominio volcánico de la Cordillera Occidental. En la región Puno se encuentra en el extremo sur. La mineralización de Au-Ag, está relacionada con actividad magmática Mio-Pliocena. Sus controles estructurales son fallas NO-SE, como la prolongación del Sistema de fallas Abancay-Condoroma-Caylloma, así como, fallas menores E-O. Las edades de mineralización de esta franja se registran entre 7 y 1 Ma, constituida principalmente por epitermales de Au-Ag de alta sulfuración. El Proyecto más importante es Mazo Cruz (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).



Figura 3.19.- Franjas Metalogenéticas de la Región Puno.

3.3. Producción y reservas metálicas

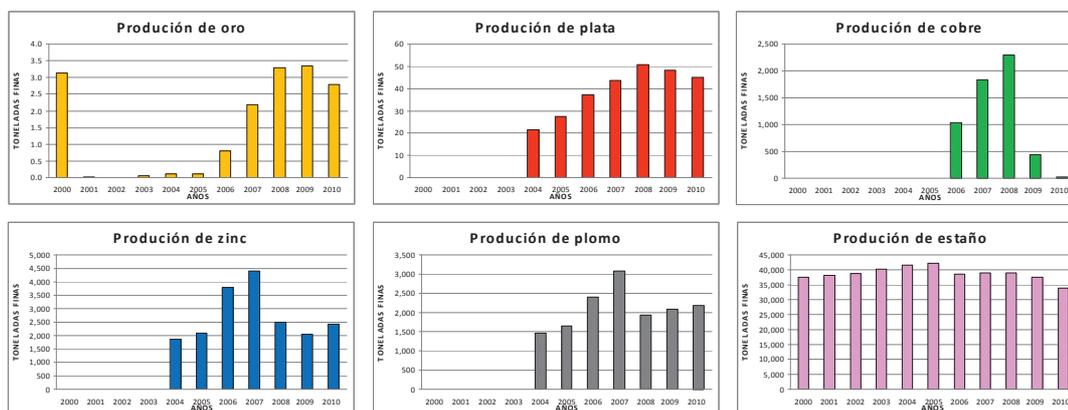
PRODUCCIÓN

La producción metálica de los últimos 10 años en la región Puno es presentada en la Tabla 3.1 y Figura 3.20. Las cifras muestran que esta región es principalmente productora de estaño, proveniente de la mina San Rafael. La producción de este metal ha crecido durante la primera mitad de la década, alcanzado un pico de 42,000 toneladas, para luego disminuir a 34,000 toneladas en el año 2010. Por otro lado, la producción de oro se ha recuperado durante en el periodo estudiado presentando un pico que alcanza las 3 toneladas, dado el incremento en la extracción en los yacimientos de Arasi y La Rinconada. A partir del 2004 se empieza a producir plata, plomo y zinc. La producción de plata en el año 2010 ha sido de 45 toneladas, sin embargo en el último quinquenio ha logrado alcanzar 51 toneladas. La producción de plomo ha variado, mostrando un pico de 3100 toneladas en el año 2007. Respecto al zinc, tiene un máximo de producción de 4,400 toneladas en el año 2007, para luego descender a 2,500 toneladas en el año 2010. En el caso del cobre se tiene registro a partir del año 2006, su producción ha caído desde 2300 toneladas a 21 toneladas en los últimos tres años debida probablemente al cierre de algunas operaciones.

Tabla 3.1.- Producción metálica para la región Puno (Toneladas métricas finas)

Metal / Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Oro	3.15	0.02	0.00	0.05	0.11	0.11	0.81	2.18	3.29	3.34	2.80
Plata	-	-	-	-	22	28	37	44	51	48	45
Cobre	0	0	0	0	0	0	1,036	1,830	2,299	445	21
Zinc	--	--	--	--	1,868	2,106	3,788	4,406	2,507	2,041	2,432
Plomo	--	--	--	--	1,461	1,646	2,404	3,089	1,931	2,088	2,184
Estaño	37,410	38,182	38,815	40,202	41,613	42,145	38,470	39,019	39,037	37,503	33,848

Fuente: Anuario Minero 2000-2010, MINEM



RESERVAS PROBADAS Y PROBABLES

La Tabla 3.2 y Figura 3.21 muestran que las mayores reservas de metales en la región son de plomo, seguido de zinc y estaño. Las reservas de plomo y zinc presentan picos en los años 2006 y 2009, en el caso del plomo alcanzan 2.5 y 1.3 millones de toneladas respectivamente, mientras en el caso del zinc alcanzan 1.2 y 0.7 millones de toneladas respectivamente, en ambos casos los metales provienen de los proyectos Santa Ana y Corani. Por su parte las reservas de estaño provienen de la mina San Rafael, en los últimos 5 años muestran un claro declive con 320,000 toneladas durante el año 2009. Las reservas de cobre registran un crecimiento significativo ubicándose en 62,000 toneladas, estas reservas provienen principalmente de los proyectos Berenguela y Pinaya. Respecto a las reservas de oro registra fluctuaciones con un pico de 80 toneladas en el año 2007, que se reduce a casi la mitad en el año 2009; con las reservas de plata pasa algo similar presentando 8,800 toneladas en el año 2009. Se tienen registros de reservas de hierro hasta el año 2006 que provienen del proyecto Santa Lucía.

Tabla 3.2.- Reservas metálicas de la región Puno (Toneladas métricas finas)

Metal / Años	2005	2006	2007	2008	2009
Oro	69	16	80	40	47
Plata	299	16,275	299	211	8,876
Cobre	8,638	11,994	4,917	34,630	62,045
Molibdeno	5	170	0	0	0
Zinc	21,877	1,224,355	15,270	33,140	657,004
Plomo	11,956	2,498,456	29,694	55,136	1,346,772
Hierro	1,103,076	454,820	0	0	90
Estaño	604,100	469,611	381,711	307,469	324,171

Fuente: Anuario Minero 2000-2010, MINEM

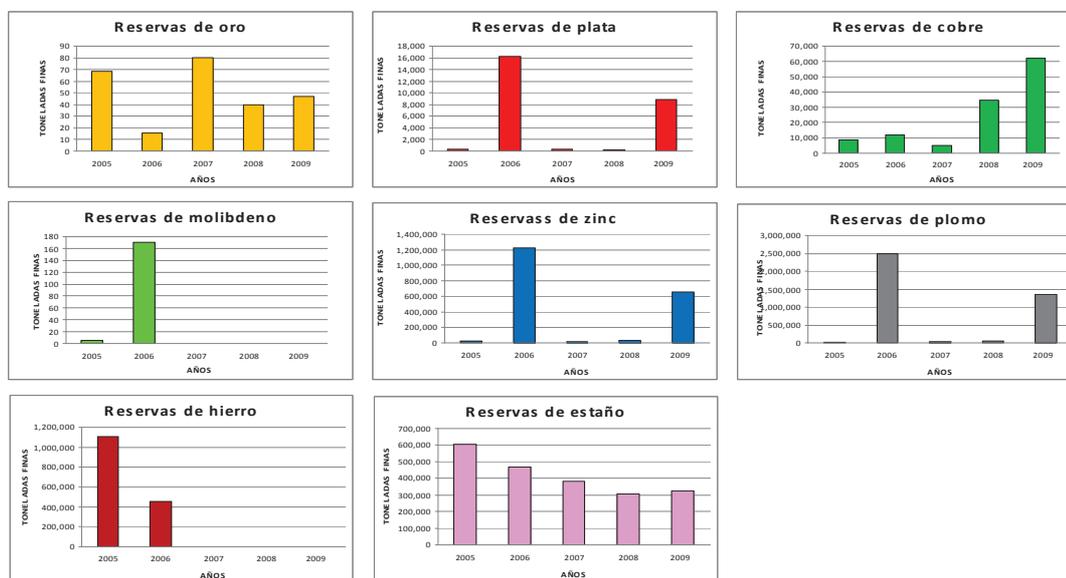


Figura 3.21.- Reservas metálicas probadas y probables (toneladas métricas finas) de la Región Puno. Fuente: Anuario Minero 2000-2010, MINEM.

CAPÍTULO IV

ACTIVIDAD MINERA

La principal actividad económica es la minería artesanal, desplazando a otras como la agricultura y el pastoreo. Lo que en muchos casos empezó como una labor secundaria o de refugio se fue convirtiendo en una actividad permanente.

4.1. Situación del entorno legal

Una de las principales limitaciones de la minería artesanal es su alto grado de informalidad. Los mineros artesanales operan en las concesiones mineras de terceros en su mayoría de casos. Esto trae serias consecuencias que se traducen en conflictos entre el titular de las concesiones y los mineros informales.

La informalidad de la minería artesanal, a pesar de su capacidad de generar empleo y brindar ingresos mas elevados que otras actividades económicas, solo ha servido hasta ahora como refugio y supervivencia en la mayoría de los casos, sin posibilidades de crecimiento.

En junio del año 2001 fue promulgada la Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña minería y minería Artesanal, que reconoce a la actividad minera artesanal y le da un marco legal para su ejecución. Esta ley define que el Estado protege y promueve a la minería artesanal. Esta ley promueve el establecimiento de acuerdos entre los titulares mineros y los mineros artesanales con el fin de formalizar la situación de estos últimos.

4.2. Principales iniciativas de apoyo

Dentro de cada uno de los programas pertinentes, la acción de las organizaciones no gubernamentales (ONG) ha sido crucial, ya que ellas han sido las entidades gestoras para llevar adelante los programas en las comunidades mineras.

EL PROYECTO MAPEM

Debido a la contribución de la pequeña minería y minería artesanal en la generación de empleo, producción de oro y alivio de la pobreza, el Ministerio de Energía y Minas promovió el Proyecto minería artesanal y pequeña minería (MAPEM). Este proyecto inicio sus actividades en enero de 1996 y ámbito geográfico cubrió las zonas mineras en madre de Dios, Puno, Ica, Ayacucho, Arequipa, La Libertad. El periodo de ejecución del MAPEM fue de cuatro años, durante el cual se asignaron alrededor de US\$ 1'062,860 a un promedio de US\$ 265,714 por año.

El objetivo principal del MAPEM fue contribuir al desarrollo ordenado y eficiente de la minería artesanal y pequeña minería en armonía con el medio ambiente y con estándares adecuados de seguridad e higiene minera. Sus objetivos específicos fueron:

- Propulsar el ordenamiento legal y gradual de la minería informal, incorporándola a unidades de operación de mayor escala.
- Evitar o atenuar los impactos sociales y de seguridad e higiene minera, generados por la

minería artesanal o informal.

- Capacitar en aspectos normativos y tecnológicos básicos, ambientales, de seguridad y de higiene minera.

EL PROYECTO GESTIÓN AMBIENTAL EN MINERÍA ARTESANAL (GAMA 2006)

Es una iniciativa de la agencia Suiza para el Desarrollo y cooperación (COSUDE) y el ministerio de energía y minas. El financiamiento del proyecto contempla un aporte suizo no reembolsable de US\$ 1'330,000 y una contraparte nacional de US\$ 300,000. El objetivo del proyecto GAMA es mejorar la situación ambiental de la minería artesanal en las zonas de Puno, Ica, Arequipa y Ayacucho. Para ello se contemplan cuatro ámbitos de acción:

Técnico ambiental

Adaptación y difusión de sistemas de trabajo y tecnologías limpias y eficientes en la minería artesanal.

Salud ambiental

Mejoramiento de las condiciones de trabajo y de salud de los mineros artesanales y de la población involucrada.

Legal Administrativo

Mejoramiento de las condiciones jurídico administrativas a favor de una minería artesanal formal y ambientalmente sostenible.

Socio-económico organizativo

Fortaleciendo organizativo, social-productivo y formación de espacios de concertación institucional para el desarrollo local sostenible.

4.3. Plantas de beneficio

La table de abajo muestra la relación de plantas de beneficio operativas y tituladas de la región Puno.

Tabla 4.1.- Relación de plantas de beneficio en la región Puno (Toneladas métricas finas)

PROVINCIA	DISTRITO	EMPRESA MINERA	PLANTA DE BENEFICIO	SITUACIÓN	ESTADO
AZANGARO	AZANGARO	CIA. MINERA EL ALTIPLANO S.A.	CECILIA DE MUÑANI	TITULADO	RESERVADO
MELGAR	ANTAUTA	MINSUR S.A.	PLANTA DE CONC. SAN RAFAEL	TITULADO	OPERATIVO
LAMPA	PARATIA	CONSORCIO DE INGENIEROS EJEI	CONC. LA INMACULADA	TITULADO	OPERATIVO
SANDIA	QUIACA	CORI PUNO S.A.C.	PLANTA CONCENTRADORA UNTUC	TITULADO	OPERATIVO
LAMPA	OCUVIRI	ARASI S.A.C.	ARASI	TITULADO	OPERATIVO
HUANCANE	INCHUPALLA	MINERA SILLUSTANI S.A.	HDA. DE BENEFICIO ROCIO N°2	TITULADO	PARALIZADO
HUANCANE	VILQUE CHICO	S.M.R.L. ACUMULACIÓN LOS ROSA	PLANTA CONCENTRADORA LOS RI	TITULADO	PARALIZADO
SAN ANTONIO	ANANEA	EMPRESA MINERA ÑAUPAJCANCH	ÑAUPAJCANCHIS	TITULADO	OPERATIVO

Fuente: Sistema General de Minería

REFERENCIAS

- Acosta et al. (2009) - Memoria Mapa Metalogenético del Perú 2009. INGEMMET. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos. Programa de Metalogenia; 17p.
- Acosta, J. & Santisteban, A. (2007) - Estudio de los arcos magmáticos del Mesozoico y Cenozoico del sur del Perú, informe técnico interno. Lima: INGEMMET, DRME, 21 p.
- Acosta, J.; Quispe, J.; Santisteban, A. & Acosta, H. (2008) - Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del sur del Perú: latitudes 14°S - 18°S. En: Congreso Peruano de Geología, 14o, Lima, 2008. CD-ROM. Lima: Sociedad Geológica del Perú.
- Arenas Figueroa, M. (1999) - Exploración y geología de la mina San Rafael, Puno. Trabajo presentado al Primer Congreso de Prospectores y Exploradores, Lima 1999. Minería, n. 260, pp. 10-31, mayo 1999.
- Benavente Revilla, H. (1978) - Minería aurífera en el departamento de Puno. Minería, n. 145, pp. 13-20, marzo-abril 1978, pp. 13-20.
- Boletín Minería (1978) - El yacimiento aurífero de San Antonio de Poto. Boletín Minería, n. 145, pp. 21-22, Mar.-Abr. 1978.
- Boni, M.; Balassone, G.; Arseneau, V. & Schmidt, P. (2009) - The nonsulfide Zinc Deposit at Accha (Southern Perú): Geological and Mineralogical Characterization. Economic Geology, 104(2), 267 - 289.
- Boni, M. (2005) - The geology and mineralogy of nonsulfide zinc ore deposits. En: International Symposium on Lead and Zinc Processing, Kyoto, 2005, 15 p.
- Centromin Perú, (1979-95) - Berenguela. Revista; Samamé Boggio, Mario, El Perú Minero. . Lima: Ingemmet, 1979-95, tomo 4, vol. 1, pp. 255-257.
- Candiotti, H. & Guerrero, T. (1983) - Ocurrencia de un yacimiento tipo Albita-Greisen de Cu, W, Sn y Mo – Carabaya, Puno. Boletín Sociedad Geológica del Perú, (71): 69-78.
- Carlotto, V.; Jaillard, E.; Carlier, G.; Cárdenas, J.; Cerpa, L.; Flores, T.; Latorre, O. & Ibarra, I. (2005) - Las cuencas terciarias sinorogénicas en el Altiplano y en la Cordillera Occidental del sur del Perú. Sociedad Geológica del Perú, Volumen Especial 6, 103-126.
- Carman, G. D.; Nicholson, P.; Ianos, S.; Bernuy, E.; Salinas, C.; Ormsby, W. & Perkins, J. (2000) - Geology and exploration progress of the Accha zinc deposit, Cusco, Perú. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1er, Lima, 2000. Primer volumen de monografías de yacimientos minerales Peruanos: historia, exploración y geología. Lima: Instituto de Ingenieros Minas, p. 245 - 250.
- Castillo, R. (1979) - Geología de la Mina "Paredones", Chilete. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, (62): 253-268.
- Clark, A. H.; Chen, Y.; Grant, J.; Kontak, D.; Wasteneys, H.; Sandeman, H.; Farrar, E. & Archibald, D. (2000) - Delayed inception of ore deposition in major lithophile-metal vein systems: the San Rafael tin

and Pasto Bueno tungsten deposits, Perú: 2000. Geological Society of America, 32(7): A-279.

Clark, A.; Farrar, E.; Kontak, D.; Landringe, J.; Arenas, M.; France, L.; Mc-Bride, S.; Woodman, P.; Wasterneys, H.; Sandeman, H. & Douglas, D. (1990) - Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of southeastern Perú. *Economic Geology*, 85(7): 1520-1583.

Cueva Yñigo, C. (1992) - Explotación de los mantos auríferos en la cordillera sur oriental del Perú. Artículo; Simposium Nacional de Minería Aurífera, 2, Pasco, PE, 7-12 diciembre 1992, Trabajos técnicos. Cerro De Pasco: Universidad Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería 1992, pp. 123-131.

Dahlkamp, F. (1993) - Uranium Ore Deposits. Berlín: Springer-Verlag Heidelberg, 449 p.

Gonzales Miranda, J. (1982) - Estudios de exploración en la mina Cecilia, Azángaro – Puno. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Programa Académico de Geología e Ingeniería Geológica pp. 1-43.

Hanampa Roque, M. (2000) -Geología económica y recomendaciones para un programa de sondajes diamantinos del yacimiento San Juan (San Román Puno). Trabajo de Tesis; Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Facultad de Ingeniería Geológica y Geografía pp 1-60.

Luna, H. (2011) - Primer Encuentro Interprovincial de Mineros Artesanales de la Región Puno. Ppt, 30p.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1979) - Korani (1979-95). Revista; Samamé Boggio, Mario, El Perú Minero. Lima: Ingemmet, 1979-95, tomo 4, v. 2, pp. 875-882.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000) - Estudio de los recursos minerales del Perú, Franja No. 1. Boletín Serie B: Geología Económica, n. 8, pp 196.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2002) - Estudio de los Recursos Minerales del Perú Franja N° 2 (2002) Boletín N° 11 Serie B: Geología Económica, pp 123, 127.

Kontak, D. J. & Clark, A. H. (2002) - Genesis of the giant, Bonanza San Rafael lode tin deposit, Perú: origin and significance of pervasive alteration. *Economic Geology*, 97(8): 1741-1777.

Laubacher, G. (1978) - Géologie de la Cordillère Orientale et de l'Altiplano au nord et nord-ouest du lac Titicaca (Pérou). Paris : Travaux et Documents de l'ORSTOM, (95): 217 p.

Mamani Mayta, H. (1994) -Estudio geológico y explotación del yacimiento aurífero de Pablobamba, Dist: Yanahuaya, Prov: Sandía, Dpto: Puno. Trabajo de Tesis; Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco. Facultad de Ingeniería Geológica y Geografía- Cusco: 1994 pp. 69.

Mlynarczyk, M.; Sherlock, R. & Williams, J. A. (2003) - San Rafael, Perú: geology and structure of the worlds richest tin lode. *Mineralium Deposita*, 38: 555-567.

Olivari Ortega, J. (1992) -Guarnacabo, mina de oro ubicada en el Collao, la primera en ser visitada por los conquistadores españoles en 1533. Revista; Simposium Nacional de Minería Aurífera, 2, Pasco, PE, 7-12 diciembre 1992, Trabajos técnicos. "Dorado peruano: riqueza presente, desarrollo futuro". Cerro De Pasco: Universidad Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería 1992, pp. 341-347.

Palacios, O., Molina, O., Galloso, A. & Reyna, C. (1996) – Geología de los cuadrángulos de Pto Luz, 48

Colorado, Laberinto, Puerto Maldonado, Quincemil, Masuco, Astillero y Tambopata. INGEMMET, Serie A, Bol. 81, 189 p.

Perelló, J.; Carlotto, V.; Zaraté, A.; Ramos, P.; Passo, H.; Neyra, C. & Caballero, A. (2003) - Porphyry style alteration and mineralization of the middle Eocene to Oligocene Andahuaylas-Yauri belt. Cuzco region, Perú. *Economic Geology*, 98: 1578-1605.

Quispe, J. (2004) - Petrografía, geoquímica e implicancias metalogenéticas de los volcánicos cenozoicos del sureste del Perú: zona de Mazo Cruz (Puno). Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 59 p.

Rivera Aguirre, L. (1970) - Estudio geológico de la mina Palca provincia de Lampa-Puno. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Programa Académico De Geología E Ingeniería Geológica pp 1-72.

Sánchez, A.; Zapata, A. (2001). Mapa geológico actualizado del cuadrángulo de Limbani (29-x), INGEMMET, DGR.

Sánchez, A.; Zapata, A.; Sánchez, J. (2002). Mapa geológico actualizado del cuadrángulo de Ayapata (28-v), INGEMMET, DGR.

Tumialán de La Cruz, P. (2000) - Mineralización del yacimiento epitermal Santa Bárbara (Santa Lucía-Puno). Revista; Congreso Peruano de Geología, 10, Lima, PE, 19-22 julio 2000, Trabajos técnicos. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2000, tomo 2, p. 561-567.

Volkert, D.; Castillo, D.; Carrion, R & Teves, J. (2006) - Corani Ag-Pb-Zn-Au deposit, Cordillera Carabaya, suroeste del Perú – History of discovery and geology. En: Congreso Peruano de Geología, 13o, Lima, 2006. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 836.

Valdivia, E.; Rodríguez, R. (2001). Mapa geológico actualizado del cuadrángulo de Lagunillas (32-u), INGEMMET, DGR.