



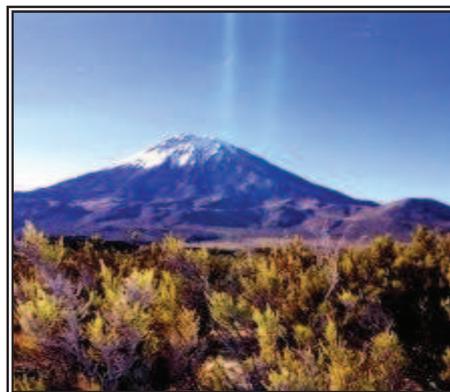
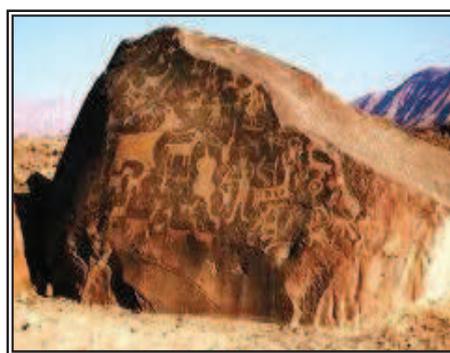
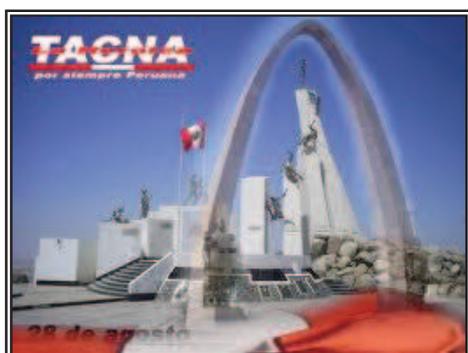
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

DIRECCION DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

PROGRAMA DE METALOGENIA

PROYECTO GE 33

“METALOGENIA Y GEOLOGÍA ECONÓMICA POR REGIONES”



Arriba. Monumento a los caídos en la Batalla del Alto de la Alianza y petroglifo de Miculla. Abajo. Plaza de armas de la ciudad de Tacna y Volcán Tacora.

MEMORIA SOBRE LA GEOLOGÍA ECONÓMICA DE LA REGIÓN TACNA

Preparado por:

Jorge ACOSTA, Italo RODRIGUEZ, Dina HUANACUNI, 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 el presente estudio, una información detallada de la geología económica, recursos minerales; minas y proyectos de la región Tacna.

La publicación se ha denominado “*Memoria sobre la geología económica de la región Tacna*”, la cual pretende ser parte de un medio de consulta con la integración de base de datos en constante actualización, 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 los campos de la geología, 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. Tacna, 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 Tacna.

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES	3
1.1. Ubicación y accesibilidad	3
1.2. Geomorfología	3
CAPÍTULO II: MARCO GEOLÓGICO	6
2.1. Unidades litoestratigráficas	6
2.2. Rocas intrusivas	9
CAPÍTULO III: GEOLOGÍA ECONÓMICA	12
3.1. Principales depósitos minerales	12
3.2. Franjas metalogenéticas	25
3.3. Producción y reservas	28
CAPÍTULO IV: ACTIVIDAD MINERA	30
REFERENCIAS	31

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Ubicación y accesibilidad

La Región Tacna se ubica en el extremo sur de la República del Perú, presenta una superficie territorial de 16,075.89 km², que se extiende entre las regiones costa y sierra. Por el norte limita con Moquegua, por el sur con Chile, por el este con Puno y Bolivia y por el Oeste con el Océano Pacífico.

Políticamente se encuentra dividido en 4 provincias: Tacna, Tarata, Candarave y Jorge Basadre, y 27 distritos, siendo su capital la ciudad de Tacna, situada a una altitud media de 552 msnm, presenta un clima templado, con una temperatura máxima en verano de 28°C.

Las coordenadas geográficas de la región comprenden el territorio entre los paralelos 16° 46' 10" y 18° 21' 05" Latitud sur y entre los meridianos 69° 28' 03" y 71° 08' 21' Longitud oeste.

La ciudad del Tacna es accesible por la carretera asfaltada Panamericana Sur, vía Lima – Arequipa – Tacna, que tiene un recorrido de 1,293 km y una duración promedio de 18 horas en auto. También existen vuelos comerciales a la ciudad, pues cuenta con el aeropuerto internacional Coronel FAP Carlos Ciriani, el vuelo Lima-Tacna tiene una duración aproximada de 1 hora con 35 minutos.

1.2. Geomorfología

El territorio de Tacna comprende, de oeste a este, el Océano Pacífico elevándose hacia las cumbres de la cordillera occidental de los Andes, abarcando incluso parte de la meseta del Collao. Su relieve es irregular, atravesado por las estribaciones de la cordillera de los Andes, y cerca a la costa, extensas zonas de menor pendiente llamadas pampas, que están dedicadas a la agricultura.

El segmento de la cordillera de los Andes que atraviesa la región Tacna es denominado localmente "Cordillera del Barroso" y forma parte de una zona volcánica que cubre el norte de Chile hasta la región de Arequipa en Perú. Comprenden las elevaciones más altas pues consisten de conos volcánicos que alcanzan una altura máxima de 5, 500 msnm.

Atravesando la cordillera occidental de los Andes se encuentra la meseta del Collao, en el límite con la Región Puno y la República de Bolivia. En esta región se ubica la laguna Vilacota, nacimiento del río Maure y principal afluente del río Desaguadero, la represa de Paucarani, y el hito tripartito entre Perú, Bolivia y Chile.

La costa en el límite con Chile presenta un relieve de baja pendiente, a esta zona se le conoce como Pampa de La Yarada, estas pampas se extienden hasta casi alcanzar la desembocadura del río Sama. La pampa de La Yarada es una irrigación que se mantienen mediante la explotación de agua subterránea. Desde la costa próxima al río Sama, hacia el norte se inicia un sistema de montañas cercanas a la costa que penetran hasta formar acantilados como el del Morro Sama (750 msnm), siendo estas estribaciones de tipo acantilado constantes en la costa norte de la región.

Se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas en la región:

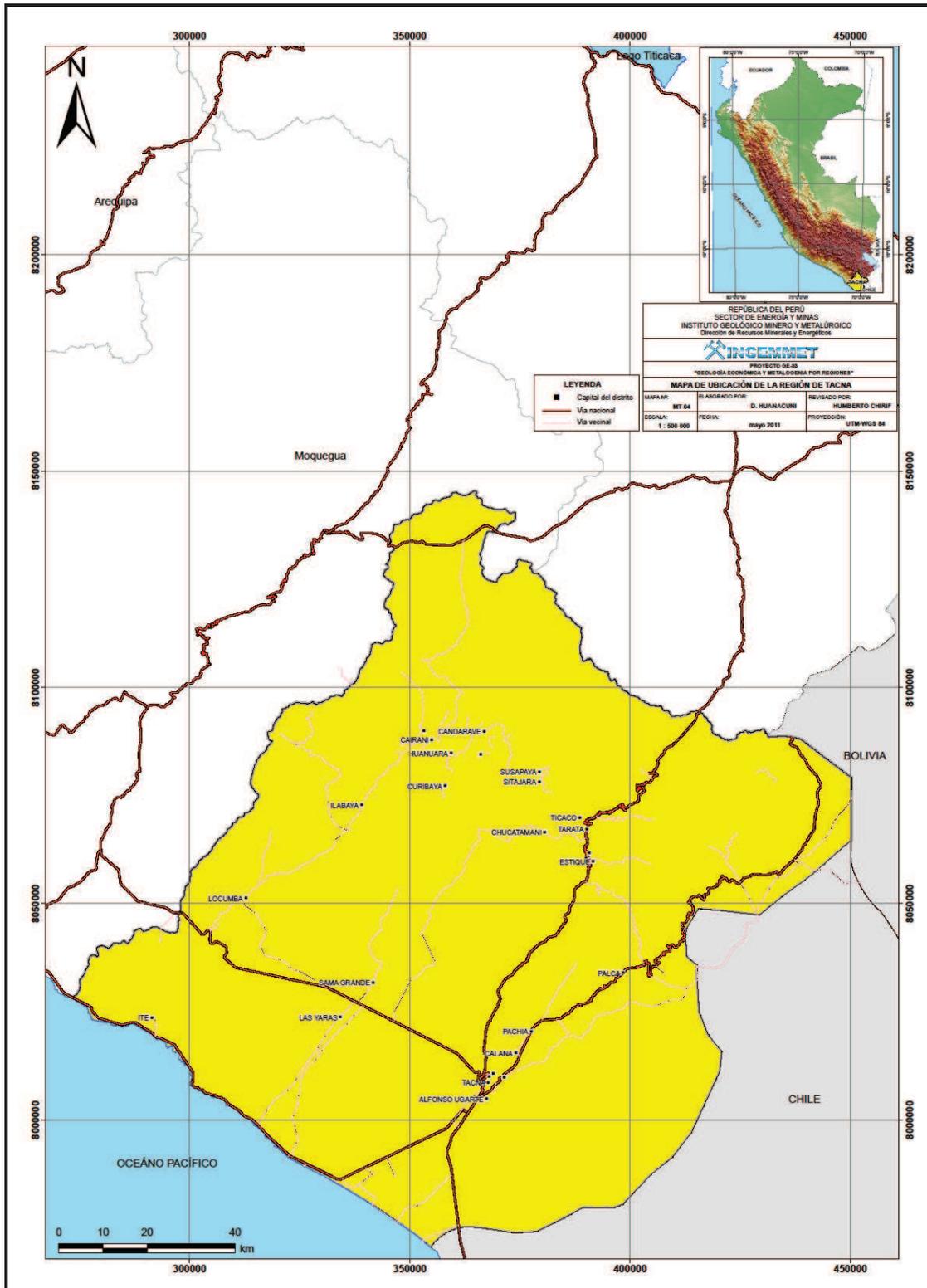


Figura 1.1.- Mapa de ubicación de la región Tacna.

FAJA LITORAL

Esta unidad geomorfológica comprende el terreno bajo que se extiende entre la ribera del mar y el pie de la Cordillera de la Costa, con ancho variable entre 3 y 7 kilómetros. La morfología de esta faja esta caracterizada por la presencia de varias planicies de abrasión marina cubiertas de terrazas, que se presentan escalonadas desde la orilla del mar hasta los 350 metros de altitud sobre el flanco de la Cordillera de la Costa.

CORDILLERA DE LA COSTA

Paralelamente a la ribera pacífica se extiende desde la Península de Paracas (14° de latitud Sur) hasta Chile, es una faja montañosa de relieve moderado, esta unidad geomorfológicamente se presenta formando una faja de territorio elevado orientado de Noroeste a Sureste, con anchos variables de 10 a 25 km y esta cortada transversalmente en varios lugares por valles encañonados de algunos centenares de metros de profundidad. Las elevaciones más notables que se encuentran en este macizo son Zaparo Grande (1,450m.), Chupallas (1,250m.), Los Medanos (1,470 m.), Puite(1,661m.), las cimas de estos cerros se presentan truncadas por erosión y cubiertas por depósitos recientes.

DEPRESIÓN PREANDINA

Superficie baja y ligeramente ondulada comprendida entre la Cordillera de la Costa y las estribaciones andinas constituyendo estructuralmente un graben y rellenado parcialmente por sedimentos terciarios subhorizontales, acumulaciones aluviales y eólicas. Esta unidad comprende las pampas costaneras, que presentan relieve suave, desarrollados entre los 400 y 1000 msnm.

FRENTE ANDINO Y VALLES TRANSVERSALES

Ocupa el flanco occidental del macizo andino, de relieve moderadamente abrupto y disectado por quebradas profundas como resultado del fallamiento longitudinal a lo largo del frente andino y modificado por agentes fluviales durante la desglaciación pleistocénica de la región cordillerana. El frente andino presenta una superficie inclinada hacia el Pacífico y cubierta por mantos de tobas terciarias, en algunos casos la erosión ha dejado cumbres empinadas y escarpadas sobre rocas ígneas y sedimentarias.

ARCO VOLCÁNICO

Cadenas montañosas agrestes de origen volcánico que atraviesan casi toda la franja de la Cordillera Occidental dentro de la región Tacna. Numerosos conos volcánicos sobresalen nítidamente dentro del conjunto, conservando su forma y estructura primarias, entre ellos el Yucamane en la provincia de Candarave, y otros han sido destruidos por la glaciación como es el caso del Pizarane e Iscampu en la provincia de Tarata.

ALTIPLANO

Esta unidad se extiende al este del arco volcánico Barroso, comprende una planicie conformada por llanuras aluviales o lacustres con altitudes que fluctúan entre los 4,000 y 4,500 msnm, y ofrecen de manera general una suave inclinación hacia el Este y Sureste.

CAPÍTULO II

MARCO GEOLÓGICO

2.1. Unidades litoestratigráficas

En la región Tacna afloran principalmente rocas volcánicas y sedimentarias, que en el marco del tiempo geológico van desde el Jurásico inferior hasta el Cuaternario reciente. Dentro de las formaciones antiguas más importantes tenemos: La formación Junerata (Jurásico inferior) que consta de una potente secuencia volcánica que aflora entre Caplina y Vilavilane, consta de bancos gruesos de andesita porfírica de color gris verdoso a rojizo. La formación Pelado, también del Jurásico inferior, consta principalmente de calizas y aflora en una faja de terreno que va desde Caplina hasta Vilavilane. En esta formación se emplaza la mina Cobriza II y Don Julio. La formación San Francisco pertenece al Jurásico medio, se compone de areniscas, lutitas y calizas ocupa casi el 50% del área de la mina Cercana. El Grupo Toquepala es un conjunto de rocas volcánicas cuyos afloramientos abarcan desde la mina Toquepala hasta la mina Don Julio pasando por Ilabaya.

Entre las formaciones Cenozoicas tenemos principalmente a las de Moquegua y Huaylillas que se extienden en casi toda la mitad sur de la región y en afloramientos aislados en el lado Norte. Un vulcanismo más reciente ha dado origen a una cordillera alta denominada Cordillera del Barroso. Aflora en forma de conos volcánicos extinguidos y erosionados y consta de tufos y lavas traquíticas que ocupan la zona Noroeste de la región.

FORMACIÓN JUNERATA

Esta unidad se encuentra expuesta entre Vilavilani y Palquilla, se trata de una sucesión de derrames volcánicos, de más de 1,000 m de espesor, conformado por volcánicos ácidos de color claro en los que se distinguen pequeños cristales de cuarzo dentro de una matriz feldespática, y volcánicos básicos porfíricos con fenocristales de plagioclasa, de composición andesítica, y color gris verdoso. Por relaciones estratigráficas se le atribuye una edad de Hettangiano a Triásico superior.

FORMACIÓN PELADO

Secuencia de conglomerados de guijarros volcánicos, limolitas calcáreas y calizas grises en la parte superior, estratificadas en bancos delgados con intercalaciones de areniscas calcáreas gris amarillentas. El espesor estimado es de 150 a 200 m. Wilson (1962) ha encontrado ammonites que van de un rango entre el Liásico inferior (Sinemuriano) en los niveles inferiores y el Liásico superior (Toarciario) en los horizontes superiores; en base a estas evidencias se considera a las calizas Pelado de Tarata de edad liásica superior, y se le correlaciona con las calizas Socosani de Arequipa, donde se han identificado fósiles de la misma edad.

GRUPO YURA

Wilson (1962) divide al Grupo Yura en dos formaciones: Ataspaca la inferior, y Chachacumane la superior.

Formación Ataspaca

Litológicamente consiste de una serie intercalada de areniscas cuarcíticas y lutitas gris oscuras con algunas capas de calizas grises. Se estima un espesor de 500 m. Wilson menciona la presencia de ammonites en base a los cuales asigna la formación al Jurásico superior (Calloviano). La formación Ataspaca se correlaciona con la formación Guaneros descrita en Punta de Bombón, de igual modo se considera equivalente a los sedimentos del Jurásico superior descritas por Douglas (1914) en el Morro de Arica (Chile).

Formación Chachacumane

Wilson (1962) designo una composición en su mayor parte de cuarcitas finas con intercalaciones de areniscas, lutitas y limonitas carbonosas. En la formación descrita sólo se han encontrado fragmentos de plantas consistentes de tallos y hojas nada diagnósticas para la determinación de su edad. En base a la posición estratigráfica suprayacente al Calloviano y a su litología Wilson (op. cit) asigna a la formación Chachacumane una edad Cretáceo inferior.

GRUPO TOQUEPALA

Bellido (1962) designa al Grupo Toquepala a un conjunto de rocas volcánicas con intercalaciones de sedimentos gruesos, que afloran a lo largo del flanco andino. En el presente trabajo consideramos dentro de este grupo a las formaciones Chulluncane, Toquepala, Tarata y Huilacollo. Las formaciones mencionadas están afectadas por rocas intrusivas del batolito andino, presentando diferentes grados de metamorfismo y mineralización. Sus edades van desde el Cretáceo hasta el Terciario inferior.

Formación Chulluncane

Litológicamente está constituida por conglomerados polimícticos medianos y gruesos, de colores gris oscuro y marrón rojizo, bien compactos. Sus componentes principales son rodados de cuarcita, lutita, andesita y escasas proporciones de caliza, englobados en una matriz areno tufácea. El tamaño de los clastos varía de 2 a 30 cm. de diámetro, encontrándose excepcionalmente cantos de cuarcita hasta de 1 metro. Entre los conglomerados existen estratos de areniscas tufáceas gris oscuras y algunos derrames de andesita. Su espesor estimado es de 200 m. A falta de fósiles de esta formación, su edad se establece solamente en razón a sus relaciones estratigráficas. Wilson (op. cit.) sitúa a la formación Chulluncane entre las formaciones Chachacumane del Cretáceo inferior y Huilacollo del Terciario inferior, y concluye que la formación es de edad cretácea en base a sus relaciones de fuerte discordancia angular y por encontrarse afectada por “stocks” de granodiorita y diorita.

Formación Toquepala

El nombre de esta formación fue propuesto por Wilson (1962). Litológicamente está compuesta por derrames y piroclásticos andesíticos, dacíticos y riolíticos, con algunas intercalaciones lenticulares de rocas sedimentarias cuyo espesor total se estima en 1,830 m.

La formación suprayace con discordancia angular al grupo Yura y/o a los conglomerados Chulluncane. El contacto superior presenta igual relación con las formaciones Tarata, Huilacollo, Moquegua y Huaylillas. En la formación Toquepala no se han encontrado fósiles que nos permitan determinar su edad precisa. Las relaciones estratigráficas de esta formación nos indican su posición suprayacente, con discordancia angular, a la formación Chulluncane e infrayacente con igual relación a la formación Tarata, considerada ambas de edad cretácea superior-terciario inferior. La formación se correlaciona con las unidades de igual denominación descritas por Wilson (1962) y Bellido (1962) en el Sur del Perú y se considera equivalente con los volcánicos Calipuy descritos por Cossío en el Norte del Perú.

Formación Tarata

Litológicamente se compone en la parte inferior de una sucesión de conglomerados, areniscas y calizas negras nodulares, intercaladas con lutitas. El conglomerado es de color gris verdoso, compuesto de guijarros de andesita, las areniscas son arcósicas y se intercalan con lechos de lutitas y calizas. La única prueba paleontológica hallada en la formación consiste de una fauna de Ostrácodos, fósiles que por su amplio rango no determinan una edad definida. La formación sobreyace con discordancia a la formación Toquepala considerada del Cretáceo superior-Terciario inferior e infrayace con la formación Huilacollo del Terciario inferior; por estas relaciones se concluye que la formación Tarata es del intervalo Cretáceo superior-Terciario inferior, por lo tanto equivalente en parte con la formación Muñani y Grupo Puno del área del Titicaca y los volcánicos Calipuy de los Andes septentrionales.

Formación Huilacollo

Wilson (1962) describe una secuencia de derrames y piroclásticos que reposan sobre la formación Toquepala e infrayacen con discordancia paralela a la formación Huaylillas; su grosor se estima en 500 a 700 m. La determinación de la edad probable de esta formación se basa en su posición estratigráfica infrayacente a la formación Huaylillas, considerada del Plioceno inferior a medio; de acuerdo a esta relación el volcánico Huilacollo estaría comprendido entre el Cretáceo superior y el Plioceno.

FORMACIÓN MOQUEGUA

En dichos lugares la formación Moquegua está compuesta íntegramente de conglomerados gruesos de naturaleza heterogénea, medianamente compactados y mal estratificados. Entre sus componentes predominan cantos rodados de volcánicos e intrusivos con escasa proporción de cuarcitas y calizas. El espesor se ha estimado en 200. La edad de la formación Moquegua es motivo de discusión por falta de evidencias paleontológicas que permitan hacer una datación más precisa. Por las evidencias regionales anotadas, sabemos que la formación Moquegua es post-Oligoceno medio; igualmente su deposición ha tenido lugar después del emplazamiento y erosión del batolito andino del Cretáceo superior-Terciario inferior, lo que nos sugiere que la formación Moquegua debe estar ubicada en el Terciario superior, probablemente en el Mio-Plioceno.

FORMACIÓN HUAYLILLAS

Esta denominación estratigráfica fue empleada por Wilson (1962) para una serie de tufos dacíticos y riódacíticos. El volcánico Huaylillas alcanza un grosor de 600 m. y reposa con discordancia angular directamente encima de las rocas del grupo Toquepala, sin embargo en la localidad típica y otros lugares yace discordantemente sobre los clásticos de la formación Moquegua; superiormente queda cubierto indistintamente y con relación discordante por el volcánico Sencca, la formación Capillune o el volcánico Barroso. En la formación Huaylillas del área de Tarata litológicamente se diferencian dos miembros: el inferior es netamente tufácea y lo denominamos miembro Chubiraca, el superior que consiste de tufos y derrames se le ha llamado miembro Huanuara. La edad de la formación Huaylillas se determina en base a sus relaciones estratigráficas; sobreyace con discordancia a la formación Moquegua considerada del Mio-Plioceno y se halla debajo de los volcánicos Sencca (Mendivil, 1965) del Plioceno superior. Por falta de evidencias más precisas y en base a lo anotado se asigna una edad plioceno inferior a medio a la formación Huaylillas.

VOLCÁNICO SENCCA

El volcánico Sencca es la prolongación en el Perú de los afloramientos tufáceos de la formación Mauri (Bolivia) que consiste típicamente de tufos blancos y porosos de naturaleza riolítica. La formación se compone íntegramente de tufos blancos, brechoides, con abundantes cristales de cuarzo, inclusiones de pómez y fragmentos de andesita. Los espesores anotados varían de 10 a 70 m. No disponemos de datos seguros para asignar una edad precisa al volcánico Sencca. En el río Mauri del territorio boliviano, los estratos Mauri son de edad pliocena y el manto de toba que lo cubre con discordancia corresponde al Plioceno superior. En consideración a estos hechos ubicamos al volcánico Sencca en el Plioceno medio a superior. El volcánico Sencca de Tarata se considera equivalente en edad con las tobas Mauri del altiplano boliviano.

FORMACIÓN CAPILLUNE

Secuencia de areniscas tufáceas, arcillas y conglomerados que afloran en la localidad de Capillune, sobreyaciendo a los tufos Sencca y debajo de los volcánicos del grupo Barroso. Litológicamente consiste de una secuencia de tufos redepositados de colores blanquecino y rosado, areniscas arcósicas y tufáceas de color gris verdoso, arcillas verdes y beige, y conglomerados finos a muy gruesos compuestos de rodados de andesita y traquiandesita en matriz areno-tufácea. El espesor de la formación varía desde algunas decenas hasta un máximo de 200 m. La edad de la formación se discute solamente en base a su posición estratigráfica, en efecto se le encuentra supreyaciendo al volcánico Sencca considerado como el Plioceno medio a superior, e infrayaciendo al volcánico

Barroso de probable edad plio-pleistocénica por hallarse fuertemente afectado por la erosión glacial del Pleistoceno. Por estas razones de carácter general se asigna en forma tentativa una edad plioceno superior para los conglomerados, areniscas y tufos de la formación Capillune. A la unidad Capillune correlacionamos con las arcillas del río Azángaro, descritas por Newell (1940) en el valle del mismo nombre, en la parte central del departamento de Puno.

FORMACIÓN BARROSO

Wilson (1962) empleó esta denominación para describir a un conjunto de rocas volcánicas que forman la Cordillera del Barroso, donde es característica la presencia de conos volcánicos erosionados por acción glacial pleistocénica. Para la descripción litológica de la formación se le ha dividido en dos miembros, en razón de sus características petrográficas y aspectos estructurales. El miembro inferior está constituido predominantemente por lavas andesíticas de textura porfirítica y colores gris oscuro, azulado o marrón rojizo. El miembro superior se compone de derrames de naturaleza traquiandesita y traquítica de colores gris oscuro y marrón rojizo. Los conos volcánicos que integran esta formación se presentan origen pre-Pleistocénica. Por estas consignamos en el presente estudio a la formación Barroso dentro del Plio-Pleistoceno. El volcánico Barroso se considera equivalente en parte con la formación Sillapaca de Puno (Newell, 1948) y con los volcánicos del Terciario superior-Cuaternario de los Andes Centrales y septentrionales.

DEPOSITOS CUATERNARIOS

Estos depósitos han sido clasificados acorde al proceso sedimentario que involucra su acumulación.

Depósitos morrénicos y fluvioglaciares

El material que compone estas morrenas consisten predominantemente de fragmentos gruesos y angulosos mezclados con una masa areno arcillosa. El material fluvioglaciar generalmente rellena las depresiones intermontañas constituyendo las pampas de Ichogollo, Charaque, Oconchay, Pagrilaca, Patapani, Puntera, etc., sus exposiciones se prolongan hacia los flancos de los conos volcánicos adyacentes. Litológicamente se componen de conglomerados y gravas de rocas volcánicas que se intercalan con arenas y arcillas, presentando una estratificación en bancos gruesos.

Depósitos aluviales

Bajo esta denominación genérica se describen las terrazas fluviales, conos de deyección y las acumulaciones recientes de gravas, arenas y arcillas que se encuentran en el lecho de los ríos actuales.

Terrazas fluviales

En diversos sectores los ríos han cortado sobre sus propios depósitos formando terrazas de variado espesor y amplitud, que se hallan desde 5 hasta 30 m. sobre los lechos actuales. El material de estas terrazas se compone de cantos gruesos, gravas, arenas y arcillas, estratificadas en capas lenticulares y con inclinaciones suaves en el sentido de la corriente. El área de las terrazas es generalmente utilizada como terrenos de cultivo.

2.2. Rocas intrusivas

Los afloramientos de rocas intrusivas son frecuentes en Tacna, la ubicación de estas coinciden con el de las minas. Estas rocas constan de stocks de granodiorita, diorita y monzonita. La granodiorita de llabaya posee frecuentes variaciones locales a diorita y se nota que ha atravesado a los volcánicos de la formación Toquepala. En esta roca se alojan los principales depósitos de la zona.

En Sama, un pequeño cuerpo monzonítico corta a las formaciones Pelado y Toquepala, originando en las calizas de la primera formación una zona de skarn que contiene minerales de cobre.

En la unidad de Caplina afloran dos stocks de granodiorita, la de Challaviento al Norte y la de Ataspaca al Sur, cortan a los volcánicos Junerata y a las calizas de la formación Pelado, en esta última han generado una zona de metamorfismo que contiene minerales de cobre, tal es el caso de la mina Cobriza II.

▪ **Diorita**

El más importante de estos afloramientos es el macizo que forma el cerro Llallave. Hacia el SE de este macizo se encuentran los “stocks” de Alto de Poquera y Alto de Chulibaya; otro afloramiento relativamente pequeño se ha observado en las vecindades de la mina Curibaya. Litológicamente las rocas de estos afloramientos son muy similares, en término medio son de color gris verdoso, grano medio a fino. Sus constituyentes reconocibles macroscópicamente son: plagioclasas, hornblenda, ortosa y cuarzo. En los afloramientos citados la diorita atraviesa a los volcánicos de la formación Toquepala, observándose en sus contactos variaciones texturales y cambios de coloración de la roca encajonante.

▪ **Granodiorita**

La granodiorita es de color gris claro a gris verdoso, de textura granular, grano grueso a fino, holocristalino. Las rocas intruidas por la granodiorita pertenecen a las formaciones Pelado, Chachacumane y volcánicos Toquepala. Superficialmente la roca se encuentra alterada presentando un color marrón rojizo; en algunas localidades se halla fuertemente diaclasada.

▪ **Granito**

Se han cartografiado en las vecindades de los pueblos de Huanuara y Cairani, en ambos casos el granito se encuentra cortando a los volcánicos Toquepala. La roca es de color rosado a rojizo, de grano medio a grueso, equigranular y holocristalino.

▪ **Rocas filoneas**

Ocurrencias de diques de andesita y dacita se han reconocido en diferentes localidades, atravesando a rocas sedimentarias y volcánicas de los grupos Yura y Toquepala y en algunos sitios a los plutones mayores, como se observa en los alrededores de la laguna de Aricota y en el valle del río Sama. Las dimensiones de los diques son pequeñas, las longitudes máximas alcanzan alrededor de 200 m. y sus anchos varían entre 1 a 30 m.

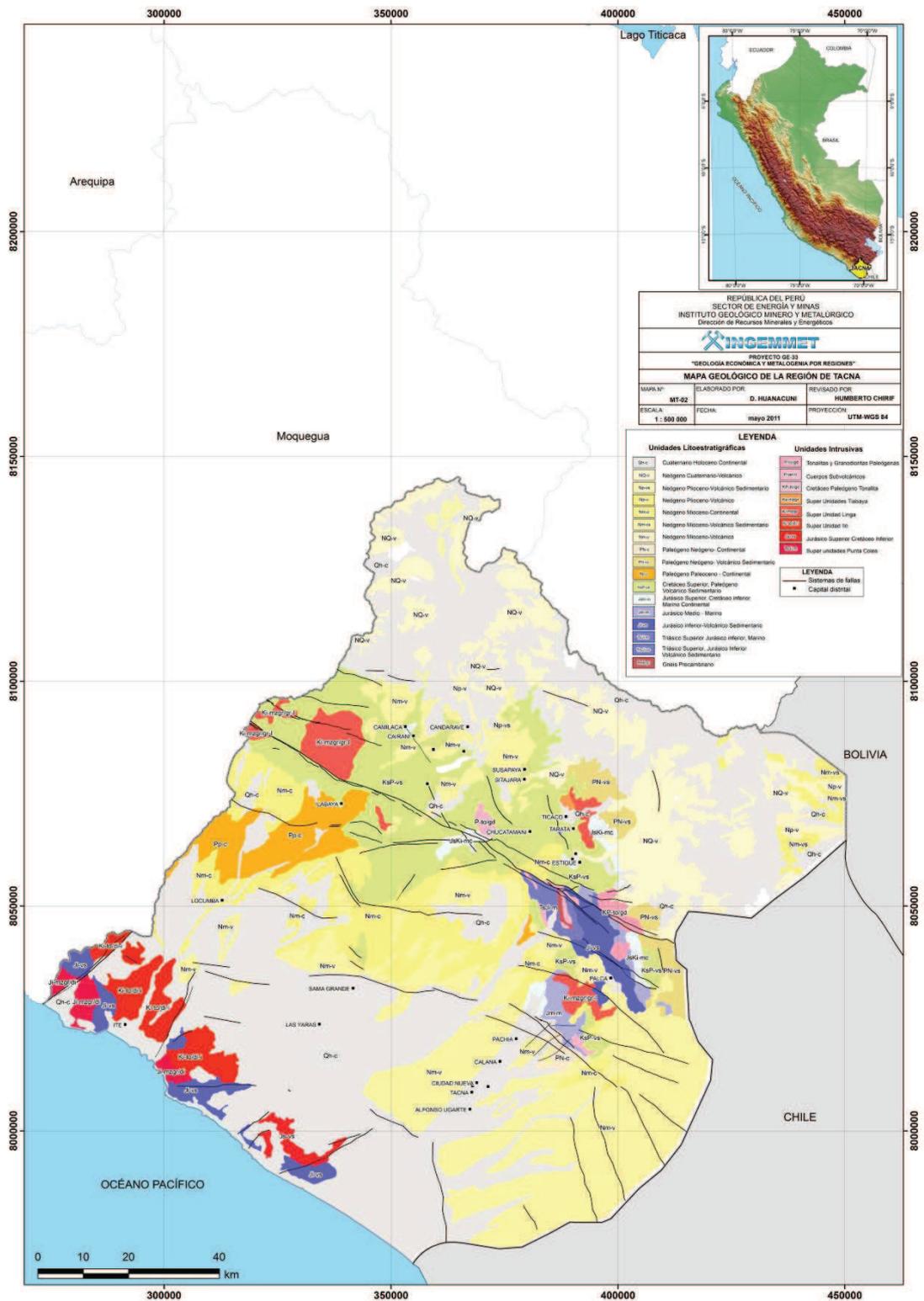


Figura 1.1.- Mapa geológico de la región Tacna.

CAPÍTULO III

GEOLOGIA ECONÓMICA

3.1. Principales depósitos minerales

La región Tacna posee numerosos depósitos metálicos y no metálicos de interés económico. Entre los depósitos metálicos son los de cobre, plomo, plata y hierro. Entre los depósitos no metálicos tenemos: azufre, bórax y epsomita.

Los yacimientos estudiados son de origen hidrotermal y en su mayoría del tipo vetiforme. Los filones están constituidos por vetas y mantos. También existen depósitos metasomáticos de contacto que están representadas por las minas Don Julio y Cobriza II.

3.1.1. Operaciones mineras activas y cerradas

TOQUEPALA

El yacimiento minero Toquepala se encuentra ubicado en el sur del Perú, en el departamento de Tacna entre las cotas 3100 a 3600 msnm. Se localiza en las siguientes coordenadas UTM: 329883 E y 8093921 N. Toquepala constituye un yacimiento porfirítico de cobre-molibdeno diseminado donde la mineralización esta subordinada a una chimenea de brecha y a un intrusivo de dacita.

El yacimiento esta situado en un área que fue sometida a intensa actividad ígnea eruptiva, de magmas riolíticos y andesíticos que se registró hace 70 Ma; esta actividad produjo enormes cantidades de material volcánico, el cual se acumulo en una serie de mantos de lava, hasta completar un espesor de 1500 m constituyendo el basamento regional, el mismo que esta compuesto por derrames alternados de riolitas, andesitas y aglomerados, inclinados ligeramente hacia el oeste y que constituyen el grupo Toquepala.

Toquepala ha removido a la fecha 1 840 millones de toneladas cortas (Mtc) de las cuales 558 Mtc fueron de mineral con ley de 1.03% Cu. Las reservas actuales son de 300 Mtc con 0.83% cu y 0.07% Mo, además de 700 Mtc de mineral lixiviable dispuestos in situ en mina y en botaderos con 0.2% Cu.

LLUTA

Estas labores abandonadas se ubican en el cerro La Mina, distrito de Pachía, provincia y departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 390,403E y 8'026,452N, a una altitud de 2,212 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Pachía (36-v). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Tacna – Palca (Ruta PE-40), luego de la localidad de Miculla se sigue este camino aproximadamente 15 km hasta el paraje de La Descubridora donde se encuentran las labores.

En el área afloran rocas intrusivas de la Superunidad Yarabamba (Cretácico superior-Paleógeno) con edades radiométricas de 62.12 ± 1.94 , 60.33 ± 1.3 y 62.12 ± 1.94 Ma (Monge y Cervantes, 2000). Se trata de un granitoide con facies monzograníticas y monzoníticas, de textura fanerítica de grano grueso, holocristalina y equigranular, que presentan minerales de plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo y minerales ferromagnesianos. Este cuerpo es cortado por diques dioríticos de orientación $N354^\circ/82^\circ$ NE y $N330^\circ/90^\circ$ (UTM 390,403 y 8'026,452N). A pesar que no se ha cartografiado fallas importantes en el área, existe un control tectónico local mediante fallas y fracturas de orientación $N350^\circ/85^\circ$ NE, $N160^\circ/70^\circ$ NE, $N182^\circ/60^\circ$ NE, $N350^\circ/82^\circ$ NE que afectan las estructuras mineralizadas.

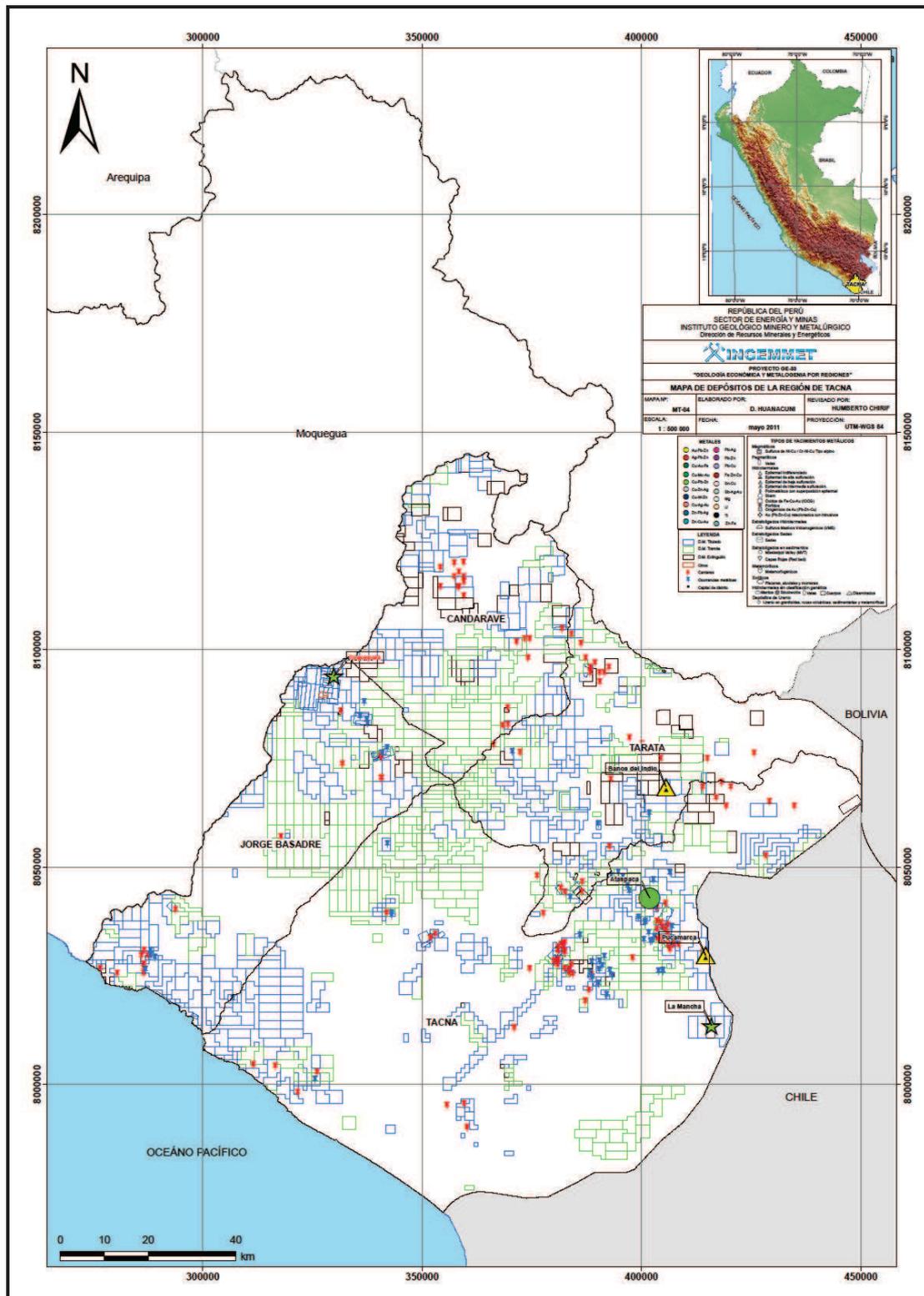


Figura 3.1.- Mapa de Ubicación de Depósitos de la Región Tacna.

La alteración se restringe a las zonas con mineralización mostrando oxidación de los sulfuros y silicificación. En general, la roca hospedante presenta alteración de los minerales ferromagnesianos a clorita, y de los feldespatos a arcillas con una débil argilización, no obstante algunos sectores tienen fuerte alteración argílica obliterando la roca caja, también presentando sericita verde y clorita. La mineralización se presenta en forma de vetas de 0.1 a 1.5 m de ancho, con dirección promedio N170° y buzando 70° al este, y controlados localmente por fallas (UTM 390,294E y 8'026,800N, 390,403E y 8'026,452N, 390,170E y 8'027,124N). Estas estructuras muestran venillas ricas en óxidos de hierro y manganeso (limonita, hematita), óxidos de cobre (cuprita, malaquita, crisocola, neotocita), sulfuros (pirita y calcopirita), y cuarzo como mineral ganga. Escudero y Flores (1962) mencionan que la veta es irregular, y presenta enriquecimiento cada cierto espacio separado por zonas pobres, además reportan leyes promedio de mina y cancha de 3.64% Cu.

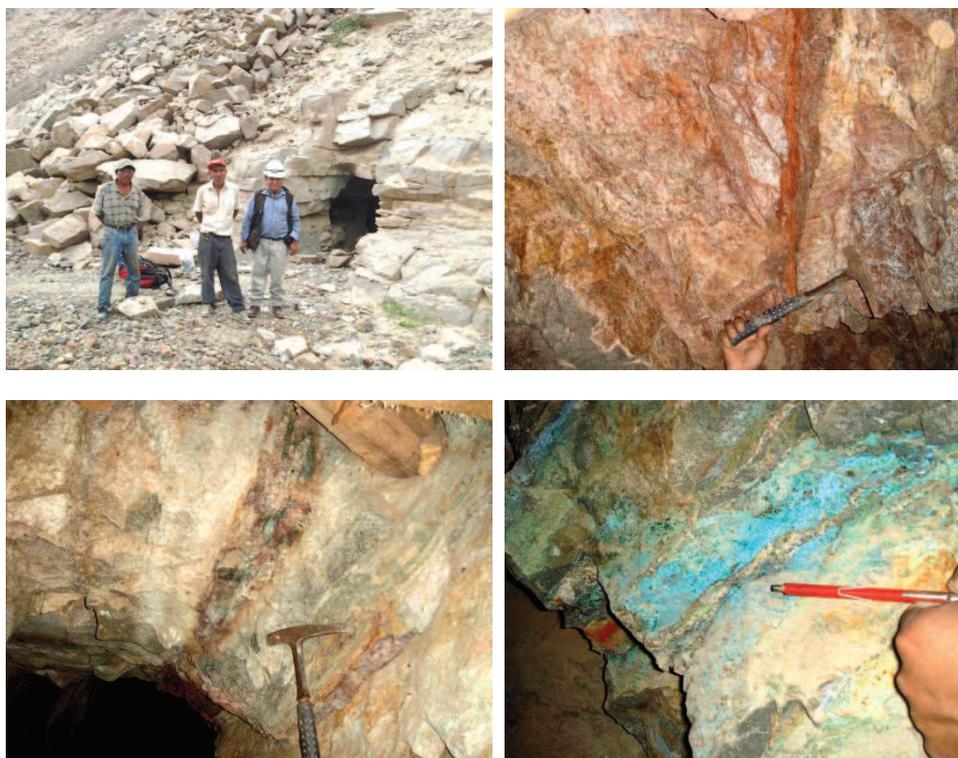


Figura 3.2.- Arriba, vista de la mina abandonada Lluta y detalle de una veta con óxidos de hierro. Abajo, detalles de la mineralización compuesta por óxidos de hierro (hematita, limonita) y óxidos cobre (malaquita, crisocola, neotocita).

ATASPACA

Estas labores abandonadas se ubican en la pampa Quelune, anexo de Ataspaca, distrito de Palca, provincia y departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 402,828E y 8'040,570N, a una altitud de 3,756 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Palca (36-x). El acceso se realiza por la carretera Tacna – Palca - Tripartito (Ruta PE-40) hasta el poblado de Ingenio, de donde se toma una trocha carrozable que conduce a la localidad de Ataspaca y a la zona mineralizada.

Los afloramientos rocosos de la zona comprenden estratos sedimentarios de la Formación Socosani de edad Jurásico medio, y un cuerpo intrusivo perteneciente a la unidad Challaviento de edad Eoceno

(Monge y Cervantes, 2000). La Formación Socosani esta conformada por calizas de textura grainstone, intercaladas con lutitas calcáreas y margas grises, presentan niveles metamorizados de calizas marmolizadas, mármol y hornfels, estos estratos tienen orientaciones N45°/28°SE, N25°/34°E, N210°/25°SE. El cuerpo intrusivo presenta facies sieno-graníticas y dioríticas, de textura fanerítica, holocristalina y equigranular, con minerales de cuarzo, feldespatos potásicos y plagioclasas principalmente. Este intrusivo tiene edades radiométricas de 39.8±1.0, 40.22±0.65, 42.58±0.96 y 45.21±4.21 Ma. Los estratos jurásicos se encuentran deformados debido al emplazamiento del intrusivo, este presenta un fracturamiento local que controla la mineralización con orientaciones N90°/25°S, N260°/90°, N225°/61°SE y N153°/90°.



Figura 3.3.- Arriba, vistas de las instalaciones y labores de la mina abandonada Ataspaca. Abajo, detalles de la mineralización en vetas con óxidos de hierro y sulfuros (esfalerita, arsenopirita, pirita), y óxidos cobre (malaquita, crisocola).

Se presenta en los niveles calcáreos produciendo la oxidación de los sulfuros por alteración supérgena, en algunos sectores estas rocas se encuentran argilizadas y presentan minerales de clorita, además se observa la formación de granates pardos de grosularia y mármol debido a las alteraciones en el skarn. La mineralización se presenta como vetillosos difusos de calcita con sulfuros (stockwork) y venillas lenticulares de pirita (UTM 402,828E y 8'040,570N), asimismo mantos de 0.8 a 2.0 m de ancho con venillas de sulfuros con minerales de esfalerita, arsenopirita, pirita y calcopirita, con cuarzo y calcita como minerales ganga, y vetas con menas de óxidos de cobre, y molibdenita, esfalerita y calcopirita en pequeños cúmulos (UTM 402,590E y 8'040,861N).

HIGUERANI

Estas pequeñas labores abandonadas se ubican en el cerro La Mina, distrito de Pachía, provincia y departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 393,320E y 8'025,048N, a una

altitud de 2,284 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Pachía (36-v). El acceso al área se realiza por la carretera Tacna – Palca (Ruta PE-40) hasta los puentes colgantes de Miculla, de donde se toma una trocha carrozable que conduce a las localidades de Chuschuco, Irane e Higerane, hasta la zona mineralizada.

En el área afloran rocas de naturaleza volcánica principalmente, que pertenecen al Grupo Toquepala de edad Cretácico superior – Paleógeno (Monge y Cervantes, 2000). Estos afloramientos están compuestos por coladas de andesitas de textura porfírica y afanítica, de color verde, intercaladas localmente con areniscas cuarzosas y cuarcitas, que presentan una orientación promedio de $N90^{\circ}/30^{\circ}S$. No se ha cartografiado fallas importantes en el área, pero existe un control local de la mineralización con pequeñas fallas orientadas en $N25^{\circ}/75^{\circ}NO$, $N10^{\circ}/70^{\circ}NO$ y $N40^{\circ}/80^{\circ}NO$.

La alteración se restringe a las estructuras mineralizadas, produciendo principalmente la argilización de la roca hospedante, también se observa venillas de cuarzo por silicificación. La mineralización se muestra en vetas de 1.5 m de ancho con direcciones $N25^{\circ}/75^{\circ}NO$ y $N10^{\circ}/70^{\circ}NO$. Las vetas presentan venillas con óxidos de cobre, principalmente cuprita y malaquita, y minerales ganga de yeso y cuarzo en cúmulos y también en venillas. Bazan (1972) indica leyes promedio de Cu de 4.5% para la Veta 01, 3.3% de Cu en la Veta 03, mientras en la Veta 02 reporta 2.0% de Cu y 1.1 oz/TC de Ag.

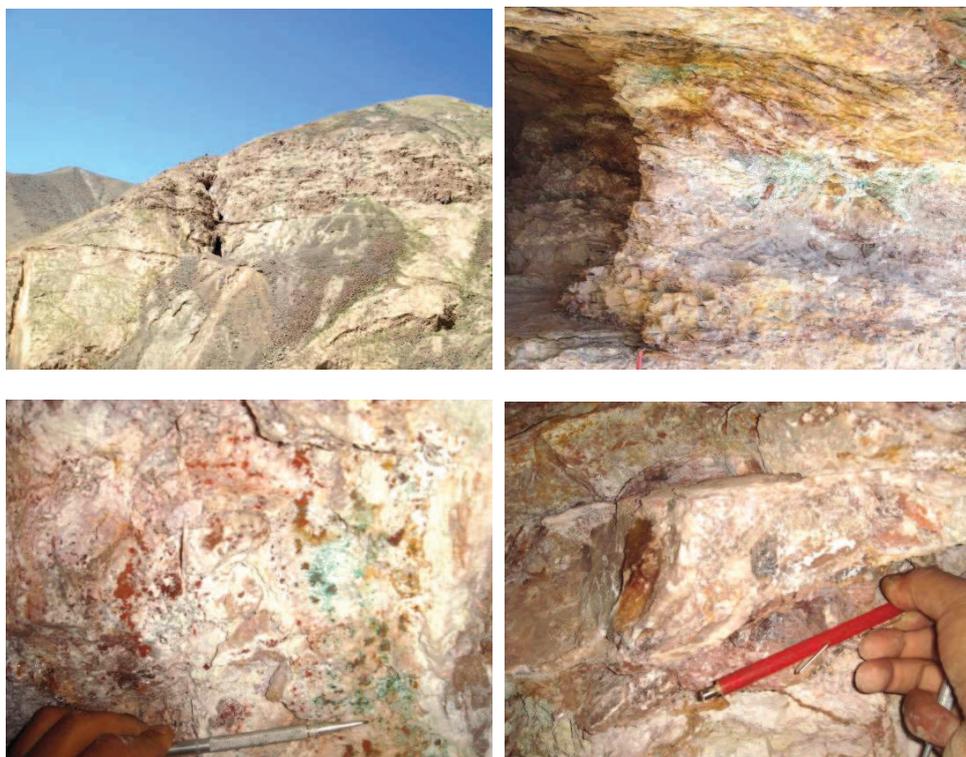


Figura 3.4.- Arriba, vista de las labores en la mina Higerani y detalle de la estructura mineralizada. Abajo, detalles de la veta mineralizada con óxidos de cobre (cuprita y malaquita).

CARNAVAL

Estas pequeñas labores abandonadas se ubican en el cerro La Mina, distrito de Pachía, provincia y departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 391,515E y 8'024,358N, a una altitud de 2,105 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Pachía (36-v). El acceso al área se realiza

por la carretera Tacna – Palca (Ruta PE-40), de los puentes colgantes de Miculla se toma una trocha carrozable que conduce a las localidades de Chuschuco e Irane donde se encuentra la zona mineralizada.

Los afloramientos de rocas comprenden estratos sedimentarios de la Formación Socosani de edad Jurásico superior y volcánicos pertenecientes al Grupo Toquepala de edad Cretácico superior – Paleógeno (Monge y Cervantes, 2000). La unidad sedimentaria esta compuesta por calizas, limoarcillitas y areniscas calcárea, que tienen una orientación de sus estratos de $N268^{\circ}/20^{\circ}SO$. Mientras el Toquepala se compone de coladas de andesitas de textura afanítica, de color verde, intercaladas localmente con pequeños niveles de limolitas finamente laminadas, que presentan una orientación promedio de $N54^{\circ}/28^{\circ}SE$. No se ha cartografiado fallas importantes en el área, pero las vetas muestran un control local de la mineralización por fracturas orientadas en promedio $N06^{\circ}/75^{\circ}SE$.

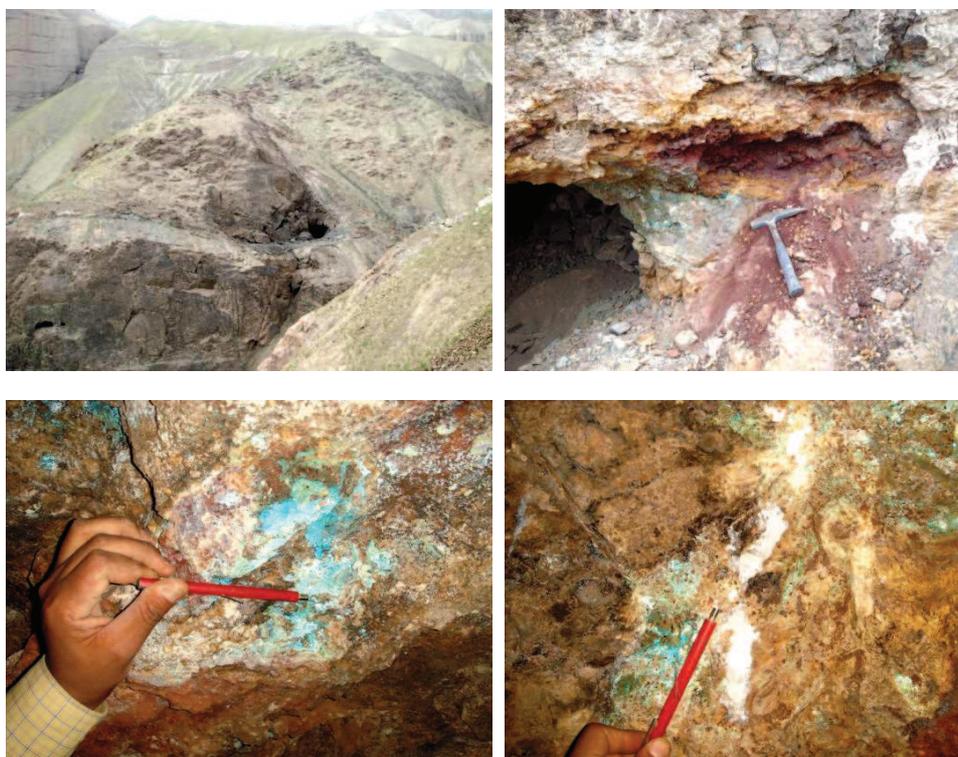


Figura 3.5.- Arriba, vista de las labores abandonadas en la mina Carnaval y detalle de la boca de mina donde se aprecia la mineralización tipo manto. Abajo, detalles de la mineralización con óxidos de cobre (cuprita, malaquita, crisocola, azurita).

La alteración se restringe a las estructuras mineralizadas mostrando una textura obliterada con arcillas blancas y grises por argilización de la roca caja, además oxidación por alteración supérgena. La mineralización se da prácticamente en el contacto de ambas unidades, mediante vetas de 1.5 m de ancho y orientadas $N06^{\circ}/75^{\circ}SE$. Estas estructuras presentan óxidos de cobre, cuprita, malaquita, crisocola, azurita y calcosina, también neotocita, y minerales ganga como cuarzo y calcita.

MEDIAFLOR

La labor abandonada se ubica en el sector de cerro Media Flor, anexo de Vilavilani, distrito de Palca, provincia y departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 402,295E y 8'027,619N,

a una altitud de 3,520 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Palca (36-x). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Tacna – Palca - Tripartito (Ruta PE-40), cerca de la localidad de Copapujio se toma una trocha carrozable que conduce al pueblo de Vilavilani, 1 km antes de esta localidad se ubican dichas labores.

En el área afloran rocas volcánicas del Grupo Toquepala e intrusivos de la unidad Yarabamba de edades Cretácico superior – Paleógeno (Monge y Cervantes, 2000). Los estratos volcánicos son tobas de cristales y líticos, de color marrón, que presentan niveles con vacuolas o amígdalas rellenas con cuarzo, epidotas o arcillas, que presentan una orientación de N185°/10°NO. Estos estratos son cortados por cuerpos intrusivos con facies porfiríticas sieno-graníticas, que presentan minerales de plagioclasa, feldespatos potásicos y cuarzo. No se han cartografiado fallas importantes en el área, no obstante la mineralización esta controlado por la estratificación orientada N185°/10°NO.

La alteración se restringe a la zona mineralizada produciendo arcillas blanquecinas por argilización de la roca, además minerales de epidota y clorita por propilitización. La mineralización esta controlada por la estratificación orientada N185°/10°NO, desarrollando vetas de 0.5 m de ancho, que presentan óxidos de cobre, crisocola, malaquita y cuprita en fracturas.



Figura 3.6.- Vista de las labores abandonadas en la mina Media Flor y detalle de la veta con óxidos de cobre controlado por la estratificación.

PLACERO

La labor abandonada se ubica en el sector de cerro Guañacahua, anexo de Vilavilani, distrito de Palca, provincia y departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 404,824E y 8'028,096N, a una altitud de 3,520 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Palca (36-x). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Tacna – Palca - Tripartito (Ruta PE-40), cerca de la localidad de Copapujio se toma una trocha carrozable que conduce al pueblo de Vilavilani, la labor se ubican a 2.5 km al noreste del pueblo.

En el área afloran rocas volcánicas del Grupo Toquepala de edad Cretácico superior – Paleógeno (Monge y Cervantes, 2000). Estos estratos volcánicos corresponden a coladas andesíticas de textura afanítica, que tienen una orientación referencial de N250°/72°NO. Los estratos son afectados por el sistema de fallas de Incaquiuo, que tiene dirección andina, pero localmente, la mineralización esta controlado por una falla orientada N120°/74°SO.

La alteración se restringe a la zona mineralizada produciendo una roca caja obliterada por argilización, además presentando epidota por propilitización. La mineralización se presenta en forma de veta de 0.5 m de ancho, y controlada por una falla de orientación N120°/74°SO, esta estructura contiene óxidos de hierro como crisocola, cuprita, malaquita y óxidos de manganeso.



Figura 3.7.- Vista de las labores en la mina Placero y detalle de la veta con argilización y óxidos de hierro.

ARUMA

Esta mina abandonada se ubica en el sector de quebrada Aruma, distrito de Chucutamani, provincia de Tarata y departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 384,459E y 8°062,542N, a una altitud de 2,639 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Pachía (36-v). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Tacna – Tarata (Ruta PE-38), pasando el pueblo de Tarucachi se toma una trocha que conduce a la localidad de Pistala (Ruta TA-102), se accede a las labores mediante un camino de herradura 2 km al sur de la confluencia del río Pistala con la quebrada Aruma.

Los principales afloramientos en el área se tratan de rocas volcánicas del Grupo Toquepala de edad Cretácico superior – Paleógeno (Monge y Cervantes, 2000). Estas rocas se tratan de paquetes de latita porfírica con fenocristales de feldespatos, plagioclasa y cuarzo, intercalados con andesitas color gris violácea, de textura afanítica, con minerales de feldespatos potásicos, plagioclasas y cuarzo, que presentan una orientación aparente de N70°/40°SE. No se han cartografiado fallas importantes en el área, no obstante la mineralización esta controlado por una falla local orientada N150°/34°NE.



Figura 3.8.- Vistas de los afloramientos volcánicos con vetillas con cuarzo-sericita y sulfuros en sutura.

La alteración se presenta en la zona mineralizada mediante la oxidación de los minerales, la argilización de las rocas con una textura fuertemente obliterada, transformación de clorita a sericita verde por sericitización, además venillas de cuarzo por silicificación. La mineralización se presenta en una veta de 2 m de ancho y controlada por una falla orientada N150°/34°NE. En la veta existen asociados óxidos de hierro (hematita y goethita) y de manganeso, en forma de cúmulos y vetillas, además cuarzo y yeso como minerales ganga. En una zona adyacente se observan vetillas de cuarzo

en una red difusa (stockwork), con cuarzo-sericita y calcopirita en sutura con orientaciones N100°/77°NE, N75°/78°SE y N32°/62°SE (UTM 384,313E y 8'062,742N) que pueden estar relacionados a una estructura porfirítica.

PICASA

Esta mina abandonada se ubica en los alrededores de la localidad de Tasabaya cerca al poblado de Churopampa, distrito y provincia de Tarata, departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 387,913E y 8'067,009N, a una altitud de 2,907 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Tarata (35-v). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Tacna – Tarata (Ruta PE-38), pasando el pueblo de Tarucachi se toma una trocha que conduce a la localidad de Pistala (Ruta TA-102), la zona mineralizada se ubica a 4 kilómetros antes de esa localidad.

En el área existen afloramientos de rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Gramadal de edad Jurásico superior, que son intruidas por un cuerpo granitoide de la unidad Challaviento de edad Eoceno (De la Cruz y De la Cruz, 2000). La secuencia sedimentaria esta conformado por estratos de calizas y limolitas grises, intercalados con niveles marmolizados y recristalizados en bandas (con desarrollo de granates), que tienen una orientación N125°/42°NE. El intrusivo se trata de una granodiorita con cristales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y hornblenda, que tiene una datación en 41.6±1 Ma. En la región se ha cartografiado una falla inversa de dirección N150° asociada a fallas normales de dirección N30°, N110° y N160°, que ponen en contacto la secuencia de edad Jurásica con rocas de edad Cretácico. Localmente, la mineralización esta controlada por fracturas de orientación N105°/53°NE, N125°/42°NE, N60°/69°SE y N25°/86°SE que pueden estar vinculados a este fallamiento.



Figura 3.9.- Arriba, vista del afloramiento de una veta y detalle de la mineralización con óxidos de cobre. Abajo, detalles de los minerales producidos por alteración de las calizas como granate, epidota y piroxenos.

La alteración se localiza en la zona mineralizada, y cerca al contacto con el cuerpo intrusivo, produciéndose la recristalización y marmolización de las calizas, así como la formación de granates, epidotas y piroxenos. La mineralización se presenta en mantos de 0.1 a 0.8 m de ancho, siguiendo preferentemente los planos de estratificación orientados N105°/53°NE y N125°/42°NE. Estas estructuras tienen vetillas con óxidos de cobre, como malaquita, neotocita, crisocola, y óxidos de manganeso.

ESTIQUE PAMPA

Esta mina abandonada se ubica en el cerro Ticacasa distrito de Tarucachi, provincia de Tarata, departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 388,702E y 8'064,363N, a una altitud de 3,060 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Pachía (36-v). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Tacna – Tarata (Ruta PE-38), pasando el pueblo de Tarucachi, a 3 km aproximadamente se toma una trocha que conduce a las labores.

Los afloramientos del área comprenden rocas sedimentarias de la Formación Gramadal de edad Jurásico superior, que son intruídas por un cuerpo granitoide perteneciente a la unidad Challaviento de edad Eoceno (Monge y Cervantes, 2000). La Formación Gramadal esta compuesta por estratos de calizas y limolitas grises, intercalados con niveles marmolizados y recristalizados con desarrollo de granates, que presentan una orientación N110°/30°SO. El granitoide se trata de una tonalita de grano grueso con minerales de cuarzo, plagioclasa, y ferromagnesianos. La región esta afectada por el sistema de fallas de Incapuquio de dirección N125°, que pone en contacto unidades de edad Cretácica con otras de edad Jurásica. A nivel local, la zona mineralizada esta controlada por fracturas orientadas N165°/72°SO.



Figura 3.10.- Arriba, vista de la mina abandonada Estique pampa y detalle de los óxidos de hierro (hematita y goethita). Abajo, detalles de las vetillas con calcita, cuarzo en goeda y jaspe.

La alteración se presenta en la zona mineralizada produciendo óxidos, además niveles de mármol y minerales de granate por skarnificación de la roca hospedante. La mineralización se presenta en estructuras vetiformes orientadas N165°/72°SO, con óxidos de hierro como hematita y goethita, además pueden observarse vetillas de calcita con galena y goethita, y vetillas con calcita y jaspe, ganga de cuarzo en forma de vetillas y en geodas.

3.1.2. Proyectos y prospectos

PUCAMARCA

El proyecto Pucamarca se ubica en el distrito de Palca, provincia y departamento de Tacna. Se localiza en las siguientes coordenadas UTM: 414635 E 8029606 N., zona 19. El proyecto está ubicado cerca al hito 52 de la frontera peruano-chilena, el cual forma el límite oriental del proyecto. La superficie del proyecto pertenece a la comunidad de Vilavilani y a la comunidad de Palca. La zona del tajo se encuentra en el Cerro Checocollo. El marco geológico lo constituye rocas volcánicas principalmente andesitas, dacitas de las Formación Huilacollo. La geometría del depósito se presenta como sistema de vetas y brechas y corresponde a un yacimiento epitermal. MINSUR viene desarrollando el proyecto y ha estimado reservas de 34'240,000 toneladas con 0.72 g/t Au que representan 787,000 onzas Au (2009).

ANDAMARCA

El proyecto Andamarca (Epitermal alta sulfuración Au), se ubica en el sur del Perú cerca a la frontera entre Perú - Chile, en el distrito de Palca, departamento y provincia de Tacna. Sus coordenadas UTM son 407,200 Este y 8'456,000 Norte. La geología regional está conformada por rocas sedimentarias y volcánicas del Jurásico al Paleógeno-Neógeno-Cuaternario. Las rocas sedimentarias principalmente están conformadas por las formaciones Jurásicas: Junerata (andesitas porfiríticas), Pelado (calizas), Ataspaca (areniscas y cuarcitas intercaladas con lutitas) y Chachacumane (cuarcitas); las formaciones Cretácicas: Chulluncane (conglomerados de cuarcita y andesita) y Tarata (andesitas y piroclastos). Las formaciones Paleógeno - Neógeno formados principalmente por rocas volcánicas: volcánicos Huilacollo (andesitas y tufos dacíticos), volcánicos Huaylillas (tufos riolíticos) y volcánico Barroso (lavas andesíticas).

ATASPACA

El proyecto Ataspaca (Pórfido de Cu-Mo), se encuentra ubicado en el distrito de Pachía, provincia y departamento de Tacna. Se localiza en las siguientes coordenadas UTM: 401887 E y 8042914 N., zona 19. La roca encajonante es una roca granodiorita. La geometría del depósito se presenta como sistema de vetas y brechas. Predomina una alteración de caolinita e illita con diseminaciones de pirita, adyacente a la veta.

BAÑOS DEL INDIO

El proyecto Baños de Indio (Epitermales de alta sulfuración, Au), se ubica en el distrito y provincia de Tarata, departamento de Tacna. Se localiza en las siguientes coordenadas UTM: 405629 E y 8068390 N., zona 19. El marco geológico lo constituye rocas volcánicas principalmente piroclásticos de las formaciones Capillune, Sencca, Maure que cortan a los volcánicos del Grupo Toquepala. Están cubiertos por lavas andesíticas-basálticas de la Fm. Barroso y cuarcitas del Cretáceo (Grupo Yura).

GIACOMO

Proyecto ubicado en el poblado de Talabaya, distrito de Estique Pampa, provincia de Tarata, departamento de Tacna. Las coordenadas UTM son 401754 E y 8062362 N. El marco geológico esta conformado por andesitas de la formación Huilacollo del Paleógeno - Neógeno (Grupo Tacaza). Esta secuencia infrayace a flujo lávicos del Grupo Barroso (Neógeno) y suprayace discordantemente a la secuencia sedimentaria del Grupo Yura. La mineralización de este depósito esta conformada principalmente por rutilo, anatasa, cuarzo y cristobalita, se localiza en un horizonte de roca

fuertemente fracturada y alterada, que ocurre en forma de un manto de irregular corrida pero visible en una longitud de 1000 a 1500 m.

LA MANCHA

El proyecto La Mancha (Pórfido de Cu-Mo), se ubica en el distrito de Palca, provincia y departamento de Tacna. Se localiza en las siguientes coordenadas UTM: 416000 E y 8013500 N., zona 19.

PALCA

El proyecto Palca (Pórfido de Cu-Mo), se ubica en el distrito de Pachía, provincia y departamento de Tacna. Se localiza en las siguientes coordenadas UTM: 394150 E y 8035550 N, zona 19.

3.1.3. Ocurrencias y anomalías

CHALLATITA

Esta ocurrencia se ubica en el sector de Challatita, distrito de Pachía, provincia y departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 383,883E y 8'030,574N, a una altitud de 1,653 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Pachía (36-v). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Tacna – Palca (Ruta PE-40), en la localidad de Miculla se toma el desvío a los Baños de Calientes, luego una trocha carrozable aproximadamente 10 km hasta Challatita donde se encuentran la mineralización.



Figura 3.11- Arriba, vista las ocurrencias minerales de Challatita en estructuras tipo manto y mostrando alteración por oxidación. Abajo, detalle de la mineralización con sulfuros en forma de cúmulos en areniscas de la Formación Gramadal.

Los afloramientos rocosos del área comprenden unidades sedimentarias del grupo Yura de edad Jurásico superior, intruidos por un cuerpo de la unidad Yarabamba (Cretácico-Paleógeno) datado en 78.18 ± 4.32 Ma (Monge y Cervantes, 2000). El grupo Yura esta representado en este sector por las formaciones Labra y Gramadal. La Formación Labra se compone de limolitas gris oscuras, areniscas calcáreas, y areniscas cuarzosas, presentando algunas secuencias de turbiditas. La Formación Gramadal esta constituido por lutitas oscuras intercaladas con areniscas laminadas y cuarzo-arenitas, que tienen una dirección $N20^{\circ}-40^{\circ}$ y buzamiento de 20° a 40° en sentido oeste. Un cuerpo intrusivo aflora en el cerro Challatita, presentando pequeños apófisis en las proximidades, se trata de una diorita que muestra facies sieno-graníticas de textura fanerítica, holocristalina y equigranular, y facies de pórfido sieno-granítico con feldespatos potásicos y cuarzo (UTM 385,903E y 8'033,363N). Los estratos de edad Jurásico se encuentran plegados y afectados por fallas inversas de dirección andina. Localmente el intrusivo presenta varias familias de fracturamiento con orientaciones $N190^{\circ}/76^{\circ}$ NO, $N160^{\circ}/82^{\circ}$ NE, $N88^{\circ}/55^{\circ}$ S, $N158^{\circ}/40^{\circ}$ SO y $N40^{\circ}/78^{\circ}$ SE.

La alteración es supérgena, restringida a las secuencias sedimentarias, mostrando oxidación y lixiviación de los sulfuros. La mineralización se da en forma de mantos de 1 m de ancho, siguiendo la estratificación con orientación $N40^{\circ}/22^{\circ}$ NO y $N160^{\circ}/20^{\circ}$ SO, presentando minerales diseminados y en cúmulos de óxidos de hierro (jarosita), y sulfuros como piritita, calcopiritita y galena. Asimismo, en el intrusivo se ha observado vetillas de cuarzo-feldespato, feldespato-turmalina, y fracturas rellenas con wollastonita de habito acicular.

LUKACHA

Se trata de una ocurrencia ubicada en los alrededores del pueblo de Chucatomani, distrito de Héroes de Albarracín, provincia de Tarata y departamento de Tacna, sus coordenadas UTM de referencia son 381,856E y 8'064,804N, a una altitud de 2,620 msnm, situada dentro del cuadrángulo de Tarata (35-v). El acceso se realiza por la carretera asfaltada Tacna – Tarata (Ruta PE-38), pasando el pueblo de Tarucachi se toma una trocha que conduce a las localidades de Pistala y Chucatomani (Ruta TA-102), donde se ubica la zona mineralizada.

Se encuentra ubicado en la franja de pórfidos de cobre del sur del Perú. En el área afloran rocas volcánicas del Grupo Toquepala de edad Cretácico superior – Paleógeno (De la Cruz y De la Cruz, 2000). Estas rocas se tratan de tobas de cristales y líticas, de composición dacítica, de color rosado y blanco, intercaladas con coladas andesíticas y latíticas de textura porfirítica, con fenocristales de cuarzo, feldespatos y sericita. No se han cartografiado fallas importantes en el área, no obstante la mineralización esta controlado por fracturas orientadas $N150^{\circ}/72^{\circ}$ SO, $N310^{\circ}/82^{\circ}$ SO, $N276^{\circ}/32^{\circ}$ NE, $N332^{\circ}/73^{\circ}$ SO, $N30^{\circ}/90^{\circ}$, $N260^{\circ}/86^{\circ}$ SE.

La alteración se localiza en la zona mineralizada produciendo la transformación de la roca hospedante a arcillas por argilización, además se observan vetillas con alteración cuarzo-sericita, y otras presentando cloritización. La mineralización en las tobas se da en vetas con presencia de sulfatos de cobre color gris plomo (UTM 381,750 y 8'064,073N), y en las coladas andesíticas en venillas orientadas $N310^{\circ}/82^{\circ}$ SO, $N276^{\circ}/32^{\circ}$ NE, $N332^{\circ}/73^{\circ}$ SO, $N30^{\circ}/90^{\circ}$, $N260^{\circ}/86^{\circ}$ SE, $N50^{\circ}/65^{\circ}$ SE, en forma de red difusa tipo stockwork, que presentan óxidos de hierro, cuarzo y sericita (UTM 380,836E y 8'065,969N).

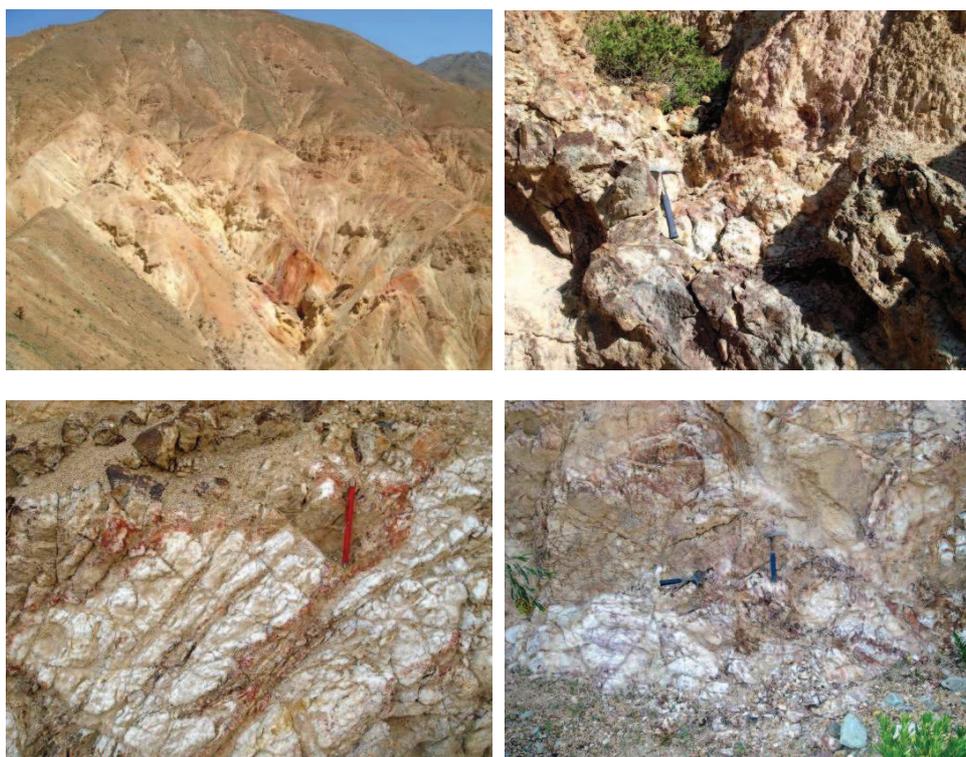


Figura 3.12.- Vistas de los afloramientos de la ocurrencia Lukacha presentando una fuerte argilización de la roca hospedante con minerales de óxido de hierro y sulfatos de cobre.

3.2. Franjas metalogenéticas

En la Región Tacna se han reconocido hasta 5 Franjas metalogenéticas que atraviesan su territorio con dirección NO-SE.

FRANJA VIII DE DEPÓSITOS DE CU-FE-AU (IOCG) DEL CRETÁCICO INFERIOR

Comprende el segmento Ica-Islay-Ilo entre Locumba y Sama (17° - 18°), los controles estructurales están constituidos por la prolongación del sistema NO-SE Ica-Islay-Ilo y fallas menores NE-SO. Los depósitos más importantes de este segmento son Licona, Valparaíso donde se infiere una edad de 105-100 Ma (Clark et al., 1990) y se encuentran hacia el NO en Ilo. En Tacna se encuentran los depósitos de hierro de Cerro Pelado y Hierro Morrito los cuales están alojados en granitoides dioríticos a granodioríticos (Narváez, 1964) intruídos por un plutón diorítico de ~105 Ma. La edad de mineralización de esta franja varía entre 115 y 100 Ma (Acosta, J., 2006a, b; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

FRANJA X DE PÓRFIDOS DE CU-MO DEL CRETÁCICO SUPERIOR

La mineralización está relacionada con intrusivos graníticos del Cretácico superior del Batolito de la Costa y controlada por fallas NO-SE de los sistemas de fallas Incahuico, así como por fallas menores con orientación N-S. Los principales depósitos que constituyen esta franja son Durazno, Cuco, Tibillos, Angostura hacia el NO en Ica y Arequipa. Sus edades de mineralización se registran entre 80 y 68 Ma (Acosta, J., 2006a, b; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008) En Tacna solo se han reconocido algunas ocurrencias metálicas sin importancia, la mayor parte de ella está cubierta por depósitos conglomerádicos y rocas piroclásticas del Mioceno.

FRANJA XIII DE PÓRFIDOS DE CU-MO Y DEPÓSITOS POLIMETÁLICOS RELACIONADOS CON INTRUSIONES DEL PALEOCENO-EOCENO

Se extiende en el flanco Oeste de la Cordillera Occidental del sur del Perú y agrupa a los depósitos de Cu-Mo de mayor tonelaje del país. Esta franja es muy importante en Tacna y el sur del Perú. Los intrusivos relacionados con la mineralización presentan composiciones dioríticas, granodioríticas y monzoníticas, cuyo emplazamiento se encuentra controlado por el sistema de fallas NO-SE Incapuquio. Esta franja registra dos épocas metalogenéticas con mineralización de Cu-Mo (Acosta et al., 2008). La primera del Paleoceno (62 y 55 Ma), representado por el depósito de Toquepala; y una segunda época del Eoceno (54 y 52 Ma), representado por el depósito de Ataspaca, y probablemente también La Mancha. Otras ocurrencias importantes son Challatita, Lluta, Ataspaca, Higuera, Mina Carnaval, Mina Flor, Mina Placero, Aruma, Lukacha, Picasa y Estique Pampa. Distalmente en los sistemas porfíricos de Cu-Mo y en las secuencias sedimentarias, se tienen estructuras mineralizadas de Cu-Pb-Zn, con geometrías de vetas y cuerpos (Acosta, 2006b; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

FRANJA XXIB DE DEPÓSITOS POLIMETÁLICOS CON SUPERPOSICIÓN EPITERMAL DEL MIOCENO.

Las rocas hospedantes están formadas por el Grupo Tacaza de edad miocénica y la mineralización corresponde a vetas de Pb-Ag-Cu, Pb-Cu-Ag y Cu-Pb-Ag, asociadas a los dos corredores formados por los sistemas de fallas Incapuquio, Condorama-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Esta franja se extiende hacia la región Puno y Moquegua donde se encuentran importantes yacimientos como Tacaza, Santa Bárbara, Berenguela y San Antonio de Esquilache y Chucapaca (Au-Ag-Cu). La edad de mineralización está asociada a intrusivos de edades comprendidas entre 22 y 19 Ma (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al. 2008). En Tacna, solo se encuentra un segmento de esta franja en el norte de la región y no se han registrado ocurrencias metálicas.

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

Se extiende en el dominio volcánico de la Cordillera Occidental del centro-sur del Perú (12°30'--18°). La mineralización de Au-Ag, está relacionada con actividad magmática Mio-Pliocena. Sus controles estructurales son fallas NO-SE del sistema de fallas Incapuquio, Condorama-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. En Moquegua se encuentran los epitermales de Au-Ag de alta sulfuración de Tucari y Santa Rosa (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008). En Tacna los yacimientos epitermales de Au-Ag de alta sulfuración son Pucamarca y Baños del Indio (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

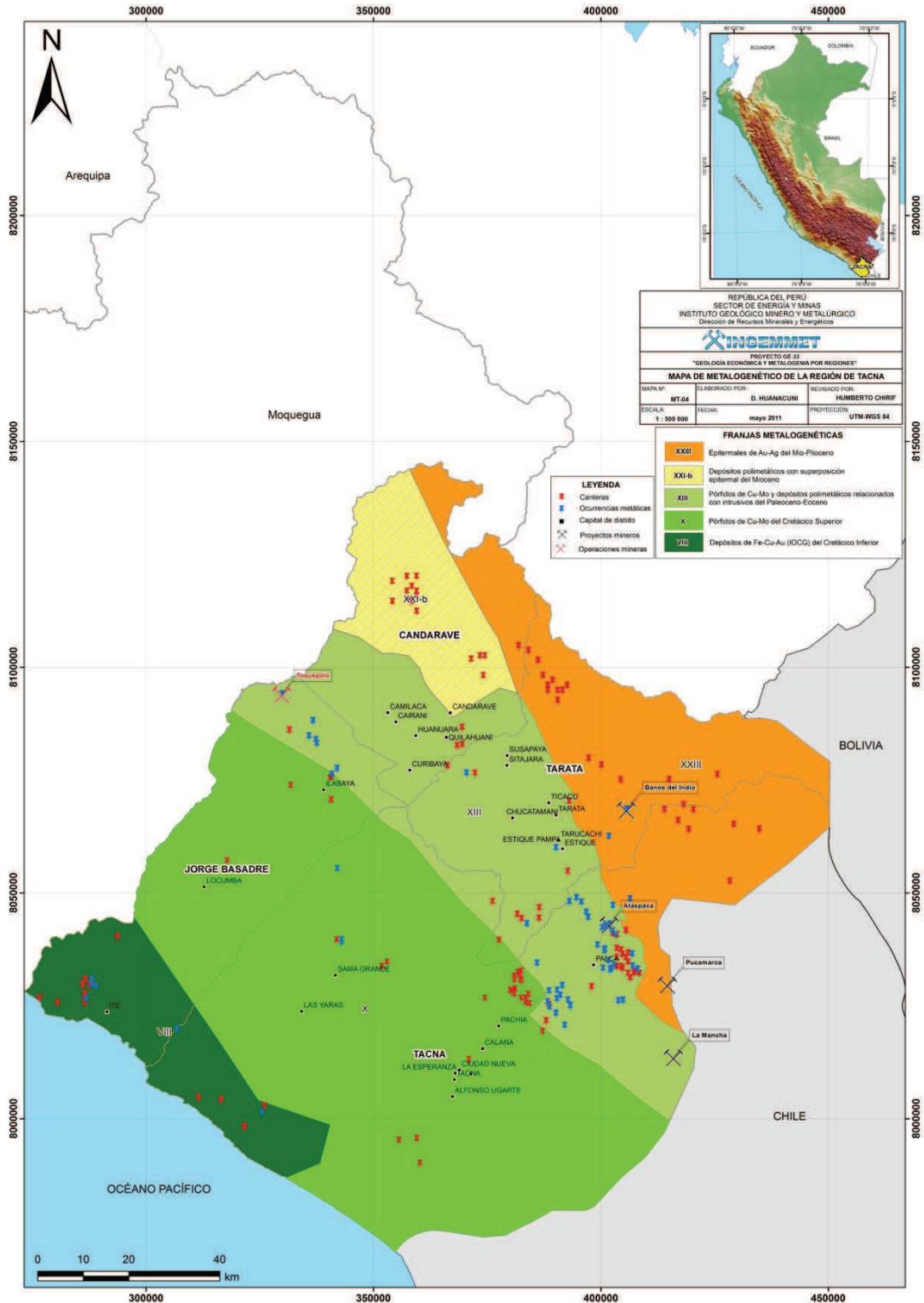


Figura 3.13.- Mapa Metalogénico de la Región Tacna.

3.3. Producción y reservas

PRODUCCIÓN

La producción metálica de los últimos 10 años en la región Tacna es presentada en la Tabla 3.1 y Figura 3.14. La región destaca por su producción de cobre, pues ocupa el cuarto lugar en producción cuprífera con 11.7% del volumen de producción nacional. La producción de este metal proviene principalmente de la mina Toquepala, que en la última década ha alcanzado un máximo de 197,000 toneladas en el año 2004, con un nivel bajo en el año 2008, para luego mostrar una leve recuperación a 166,000 toneladas en el año 2010. La producción de molibdeno muestra un comportamiento parecido, el nivel más bajo se dio en el 2009, luego se recupera a 4,800 toneladas en el año 2010. Respecto a la producción de plata, descendió a 49 toneladas entre los años 2005 y 2008, recuperándose y manteniéndose en 56 toneladas en los últimos 2 años. En el caso del oro, presenta un pico de producción de 112 kilogramos en el año 2005, desciende a 62 kilogramos en el 2008, se mantiene sobre los 90 kilogramos en el 2009 y 2010.

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

Metal / Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Oro	0.000	0.000	0.086	0.086	0.099	0.112	0.087	0.075	0.063	0.095	0.094
Plata			45.68	56.66	64.59	69.40	64.83	63.67	49.47	55.59	56.03
Cobre	105,610	176,808	176,229	184,839	197,475	188,082	182,347	172,571	148,295	161,957	166,396
Molibdeno						5,324.47	5,812.78	6,077.23	4,667.39	3,598.14	4,828.45

Fuente: Anuario Minero 2000-2010, MINEM

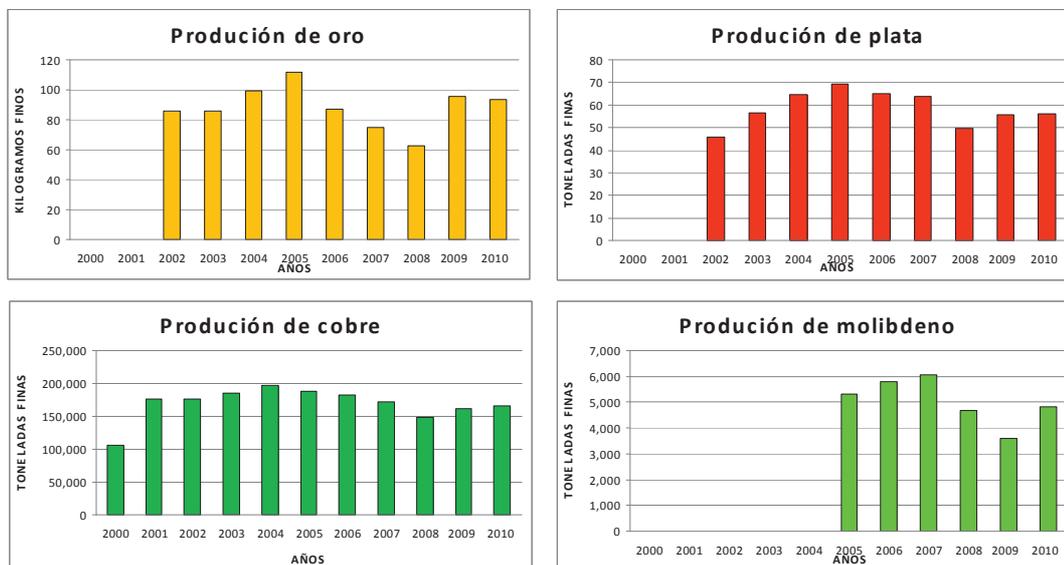


Figura 3.14.- Producción metálica de la región Tacna. Fuente: Anuario Minero 2000-2010, MINEM.

RESERVAS PROBADAS Y PROBABLES

La Tabla 3.2 y Figura 3.15 muestran que las mayores reservas de metales en la región corresponden al cobre y molibdeno, que provienen principalmente de la mina Toquepala. Las reservas de ambos metales presentan picos entre los años 2007 y 2008, con 15.8 millones de toneladas en el caso del cobre y 700 mil toneladas en el caso del molibdeno, estas reservas descienden en el año 2009, a 13 millones de toneladas para el cobre y se reduce a casi la mitad para el molibdeno con 406 mil toneladas. Se tiene registro de las reservas de oro y plata sólo para el año 2007, alcanzando una reserva de 10 kilogramos de oro y 17 kilogramos de plata.

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

Metal / Año	2005	2006	2007	2008	2009
Oro*	0	0	10	0.07	0
Plata	0	0	17	0	0
Cobre	6,217,008	9,795,334	15,751,754	15,891,331	12,976,633
Molibdeno	241,939	408,621	697,182	701,940	406,637

* En kilogramos finos. Fuente: Anuario Minero 2000-2010, MINEM

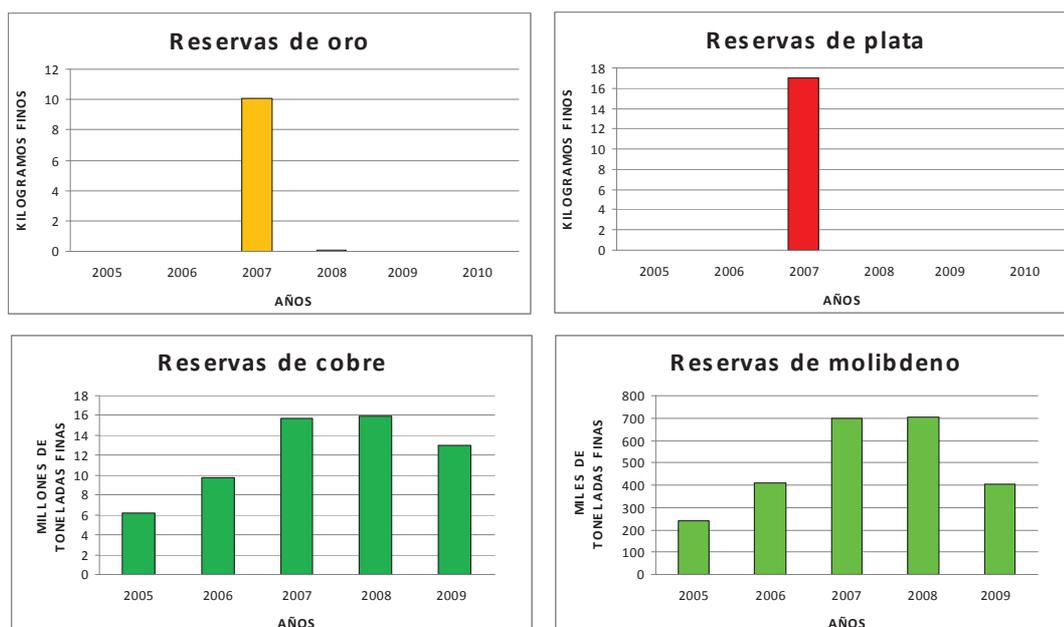


Figura 3.15 Reservas metálicas probadas y probables (toneladas métricas finas) de la Región Tacna. Fuente: Anuario Minero 2000-2010, MINEM.

CAPÍTULO IV

ACTIVIDAD MINERA

En la región Tacna, se concentra la Cía. minera Southern Copper, ubicada entre las siete empresas cupríferas más grandes del mundo, tuvo ventas por encima de los US\$3,743.3 millones durante el 2009, y está presente en Tacna hace varios años. Opera la histórica mina de Toquepala a tajo abierto y posee una concentradora con capacidad de molienda de 60,000 toneladas al día. Su producción promedio anual es de 150,000 TM de cobre fino y 5,000 kg de plata fina. Cabe destacar que la empresa estima en el orden de US\$35.4 millones las compras que realiza en el sur peruano, además promueve proyectos de desarrollo sostenible en la región. Para el año 2012, se espera que Toquepala produzca anualmente 100,000 TM de cobre y 3,100 TM de molibdeno. La empresa estima que su producción de cobre del 2010 sea de 500,000 TM y 18,500 TM de molibdeno.

El proyecto aurífero de Pucamarca, ubicado cerca de la frontera con Chile. Para su realización, la empresa Minsur, perteneciente al grupo Brescia, tiene planeado invertir hasta US\$70 millones. Esta mina en promedio produciría 70,000 oz de oro al año. Además se espera que a mediados del 2011 se culmine con su construcción, así como de una planta de procesamiento.

Cabe mencionar, además, el desarrollo de una pequeña minería y minería artesanal no metálica que se dedica principalmente a la extracción de sílice, que es vendido a Southern Copper para su utilización en el proceso de fundición de cobre.

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.
- Acosta, J. (2006a) - Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú, informe técnico interno. Lima: INGEMMET, DGEPM, 26 p.
- Acosta, j. (2006b) - Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú (Latitudes 14° - 16°S), informe técnico interno. Lima: INGEMMET, DRME, 20 p.
- Bellido, E (1979) - Geología del cuadrángulo de Moquegua, 1 Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1979, 78 p.
- Chávez, R. (1999) -Geología, prospección geoquímica, alteración y mineralización epitermal de oro de alta sulfuración del Cerro Andamarca. Proyecto Andamarca (Tacna Perú). Universidad Nacional de San Agustín. Escuela Profesional de Ingeniería Geológica. Arequipa, 1999, 34 p.
- 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.
- Escudero, J. Flores, M. (1962). Informe geológico económico de los depósitos minerales de Lluta, mina Canaura y Junerata, departamento de Tacna. Fondo documental de INGEMMET.
- García, W. (1962) - Geología de los cuadrángulos de Pachia y Palca. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1962, 82 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000) - Estudio de los recursos minerales del Perú, Franja No. 1. INGEMMET. Boletín. Serie B: Geología Económica, n. 8, 196 p., 2000
- Jaén, H., Ortíz G., Wilson, J. (1963) - Geología de los cuadrángulos de La Yarada, Tacna y Huaylillas. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1963, 59 p.
- Jaén H (1965) - Geología del cuadrángulo de Tarata. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1965, 91 p.
- Mattos, R. y Valle, J. (1999) - Exploración, geología y desarrollo del yacimiento Toquepala. Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999, Primer libro de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú 2000, pp. 101-116.

Mendivil, S (1965) - Geología de los cuadrángulos de Maure y Antajave, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1965, 97 p.

Narváez S (1964) - Geología de los cuadrángulos de Ilo y Locumba. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1964, 75 pg.

Quang, C. X.; Clark, A. H.; Lee J. K. & Hawkes, N. (2005) - Response of supergenes processes to episodic cenozoic uplift, pediment erosion, ignimbrite eruption in the porphyry copper province of southern Perú. *Economic Geology*, 100(1): 87-114.

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.

Wilson, J. & Gracia, W (1962) - geología de los Cuadrángulos de Pachía y Palca (Hojas 36-v y 36x). Lima: INGEMMET, Boletín Serie A, (4): 82 p.