

BOLETIN
DE LA SOCIEDAD
GEOLOGICA DEL PERU

TOMO Nº 66



LIMA, OCTUBRE 1980

EL DISTRITO MINERO SAN RAFAEL: PUNO ESTAÑO EN EL PERU

Mario J. Arenas*

INTRODUCCION

El distrito minero San Rafael está ubicado en el nevado Quenamari de la Cordillera Oriental del Sur del Perú, en el departamento de Puno, a una altura entre 4,500 a 5,200 metros sobre el nivel del mar, ver figura 1. En este distrito minero se encuentra la mina San Rafael, la única mina productora de estaño y cobre en el Perú, 500 T.M. diarias con 1.6% Sn y 1.20% Cu, y la mina Quenamari que produce Plomo - Zinc Plata, 50 T.M. diarias con 4.5% Pb, 4 Oz Ag y 5.5% Zn, pero que también tiene minerales de cobre y estaño.

La mina San Rafael está demostrando que la frontera peruano-boliviana no es límite de la mineralización de estaño como se sigue pensando, no obstante que se han mencionado o descrito algunos yacimientos minerales de estaño (Raimondi, 1878, Petersen, 1960).

La Cordillera Oriental del Sur del Perú, que es la continuación de la Cordillera Real de Bolivia, tiene varios picos nevados que pasan los 5,000 m. de altura; en el nevado Quenamari hay dos picos: el nevado San Bartolomé de Quenamari (5,299 m) y San Francisco de Quenamari (5,297 m). Este macizo tiene una forma semicircular, con una topografía empinada en la parte alta y ondulada en la parte inferior. El drenaje es radial, los procesos fluvio-glaciares han dejado lagunas escalonadas y morrenas.

El distrito fue explorado esporádicamente por pequeños mineros interesados únicamente en cobre; merece especial mención el señor Manuel Gonzáles Polar quien puso empeño en la prospec-

ción de este nevado y a su cateador el señor Rafael Avendaño descubridor de la veta que lleva su nombre en 1947. Desde 1946 varias compañías estuvieron interesadas en la exploración de la zona San Rafael, entre ellas Hochschild, pero recién con Lampa Mining (1950) y con Minsur S.L. (1966) se inició la exploración sistemática de San Rafael. Paralelamente, Minas Unión operaba la mina Quenamari (1953) la cual fue explorada por Saint Joseph Lead Co. (1958), Cabeen Exploration Co. (1960), Mitsui Smelting Co. Ltda. (1967). En la actualidad Minsur S.A. opera desde 1977 en San Rafael y Minera Carabaya desde 1978 en la mina Quenamari.

Pocos son los estudios e informes de carácter geológico relacionados con la mina San Rafael o con el distrito minero (Servicio Cooperativo 1959; Murguía, 1963; De Witt Smith & Co., 1965; Valdez, 1966; Alvarez, 1975; Ponce, 1977; Minera Carabaya, 1977).

Este trabajo es el resultado del Estudio Geológico del Distrito Minero San Rafael hecho por Mario Arenas & Asociados entre 1978 y 1980 y que comprendió el mapeo geológico superficial de 3,500 hectáreas a la escala 1:2,000, el mapeo geológico regional a la escala 1:25,000 y el mapeo geológico subterráneo de la mina Quenamari y de los trabajos de consultoría geológica realizados por el autor desde 1977 (Arenas, 1977, 1978a, 1978b). Agradezco a Minsur S.A. el permiso concedido para la presente publicación.

GEOLOGIA LOCAL Y REGIONAL

Las rocas del Paleozoico inferior y superior están ampliamente distribuidas en la Cordillera Oriental del Sur del Perú; ellas han sido intrusio-

* Geólogo Consultor, Lima - Perú.

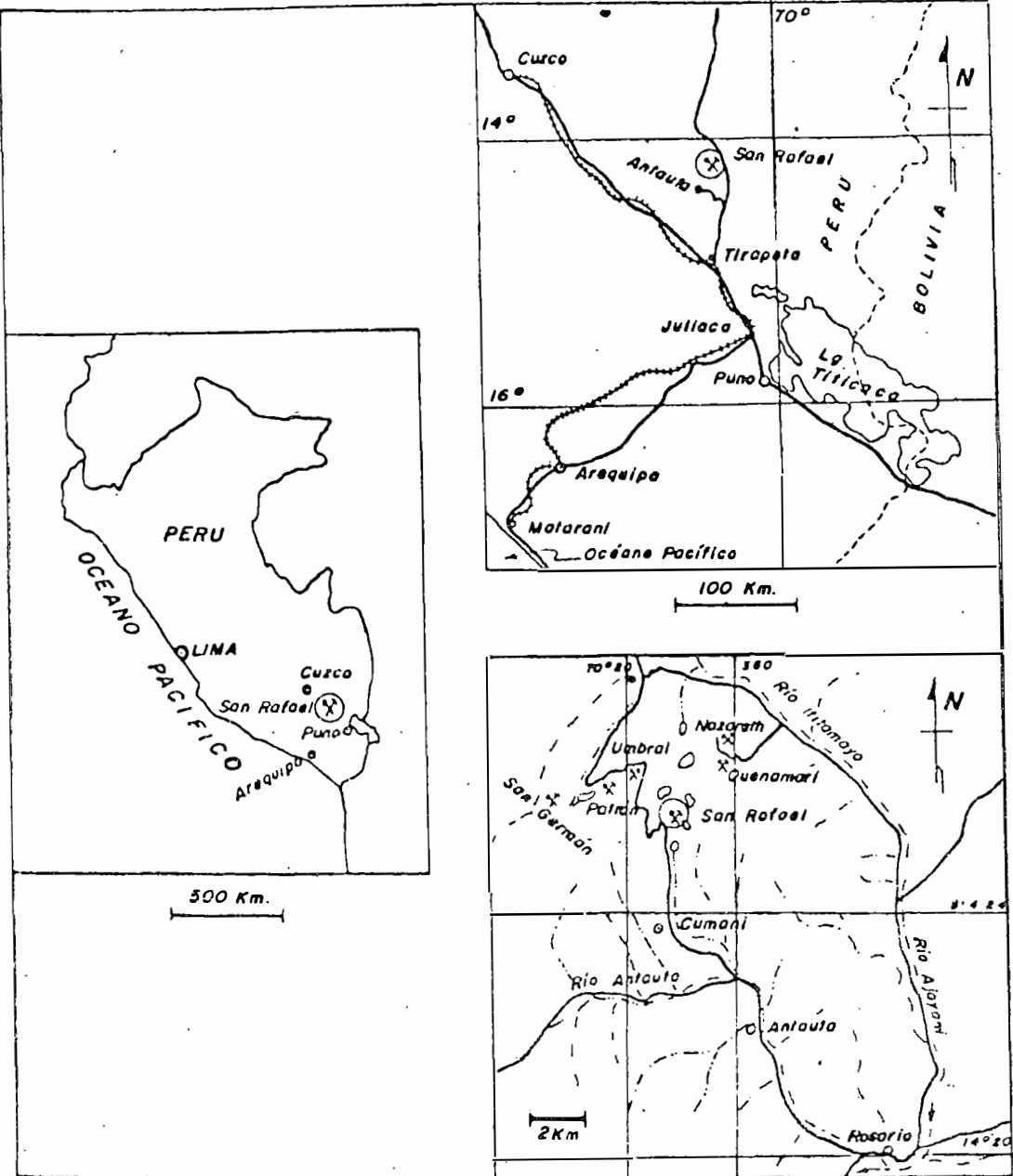


Figura 1

DISTRITO MINERO SAN RAFAEL - PUNO

PLANO DE UBICACION

nadas por rocas ígneas de dimensiones batolíticas hasta pequeños stocks con edades que varían desde el Jurásico hasta el Terciario. Las secuencias del Paleozoico Inferior, Mesozoico y Terciario están ausentes en la zona de estudio.

Estratigrafía.- En el Paleozoico superior (Newell, 1949, 1953; Laubacher, 1978) se distinguen los grupos Ambo en la zona mineralizada, Tarma, Copacabana y Mitu en los alrededores; ver figuras 2 y 3. La secuencia del Paleozoico inferior está mejor expuesta al Este de la Cordillera Oriental en donde reposa sobre un zócalo Pre-cambriano:

Grupo Ambo. Este grupo consiste de areniscas feldespáticas y lutáceas intercaladas con lutitas grises a negras, areniscas y conglomerados; el nevado Quenamari está formado por una potente secuencia lutácea con intercalaciones de cuarcitas en la parte superior correlacionadas con el grupo Ambo de edad Misisipiana. El metamorfismo regional y local ha afectado a estas rocas transformándolas en pizarras y cuarcitas.

Grupo Tarma y Copacabana.- El grupo Tarma se caracteriza por una intercalación de estratos delgados de calizas y lutitas cuya edad es del Pensilvaniano; el grupo Copacabana se distingue principalmente por una secuencia de estratos gruesos de calizas cuya edad es del Pérmico inferior. Los afloramientos de estos dos grupos están principalmente al este de la mina Quenamari y en Antauta.

Grupo Mitu.- Este grupo se caracteriza por capas rojas constituidas por areniscas, conglomerados, lutitas y material volcánico de edad Pérmico medio a superior. El afloramiento al noreste de Antauta, en Chulluni, consiste de una brecha volcánica con algunos fragmentos de caliza e intercalada con lutitas rojas.

Rocas Intrusivas.- En el macizo Quenamari hay dos áreas de rocas que intruyen al grupo Ambo: San Rafael y Quenamari, ver figuras 2 y 3. En el área de Antauta, en el cerro Moromoroni, hay un complejo ígneo que intruye a los grupos Tarma y Mitu.

Intrusivos de San Rafael.- En esta mina se han diferenciado el pórfido San Rafael, la granodiorita porfirítica Mariano, la latita cuarcífera porfirítica Andes Peruanos, diques de latita y latita cuarcífera (Gaviño, 1980).

Porfido San Rafael.- Esta roca es el intrusivo principal de la mina San Rafael, en superficie tiene una longitud de 800 y un ancho variable entre

200 y 700 metros, pero en profundidad tiene un ancho de 1,500 m. Macroscópicamente es de color gris claro, tiene textura porfirítica, con cristales de ortosa hasta 10 cm. de largo, biotita y cordierita. Ha sido determinado como un pórfido monzonítico cuarcífero.

La matriz es granitoide, los fenocristales de ortosa perfitica están a veces macizados, tiene coronas de reacción con plagioclasas en textura rapakiwi, engloba poiquiliticamente plagioclasa, cuarzo y biotita residuales. La plagioclasa está también como fenocristales, es una oligoclasa a andesina sódica con estructura zonada; en algunos casos se ha efectuado un metasomatismo cálcico haciéndose más básico con producción de cuarzo residual. El cuarzo está como fenocristales, a veces es subredondeado por la corrosión magmática o en hábito microgranulado en la matriz. La biotita férrica tiene inclusiones de zircón, está alterada a clorita, hidrobiotita y muscovita. La cordierita casi siempre está presente, está alterada a productos microescamosos o pulverulentos (sericita, clorita y/o talco). La turmalina es fibrosa, radiada o esqueletoide. El porcentaje de estos minerales es: plagioclasa 30-42%, perfitita 20-43%, cuarzo 12-23%, biotita 5-20%, cordierita 2-7%, turmalina 1-6%, opacos 2%.

Granodiorita Porfirítica Mariano.- El afloramiento es de forma circular, 300 por 400 m; es de color gris, con textura porfirítica y matriz granitoide. Los fenocristales son plagioclasa, cuarzo y ortosa, ésta última hasta 4 cm. de largo. La ortoclasa es 10 a 15% de volumen total, la plagioclasa ocupa el 50%, el cuarzo 5 a 22%, biotita 16-13%, cordierita a 4%, turmalina de 2 a 3%.

Latita Cuarcífera Porfirítica Andes Peruanos.- Es un pequeño cuerpo de 500 por 100 m., diques y diques capa que intruyen al grupo Ambo. La roca es de color blanquecino con fenocristales de plagioclasa, ortosa perfitica y cuarzo de 0.3 a 2 mm. de diámetro. Los principales minerales accesorios son cordierita, apatita, turmalina, pirita. El porcentaje de los minerales es plagioclasa 35%, perfitita 40%, cuarzo 15%, turmalina y opacos 5%, cordierita 3%.

Latita Cuarcífera y Latita Cuarcífera Porfirítica San Rafael.- Estas rocas se encuentran como diques discontinuos, son de color blanquecino, generalmente porfiríticos, varían entre una latita cuarcífera a latita cuarcífera porfirítica. La plagioclasa es una oligoclasa, a veces absorbida por perfitita o como relictos en una material sericítico.

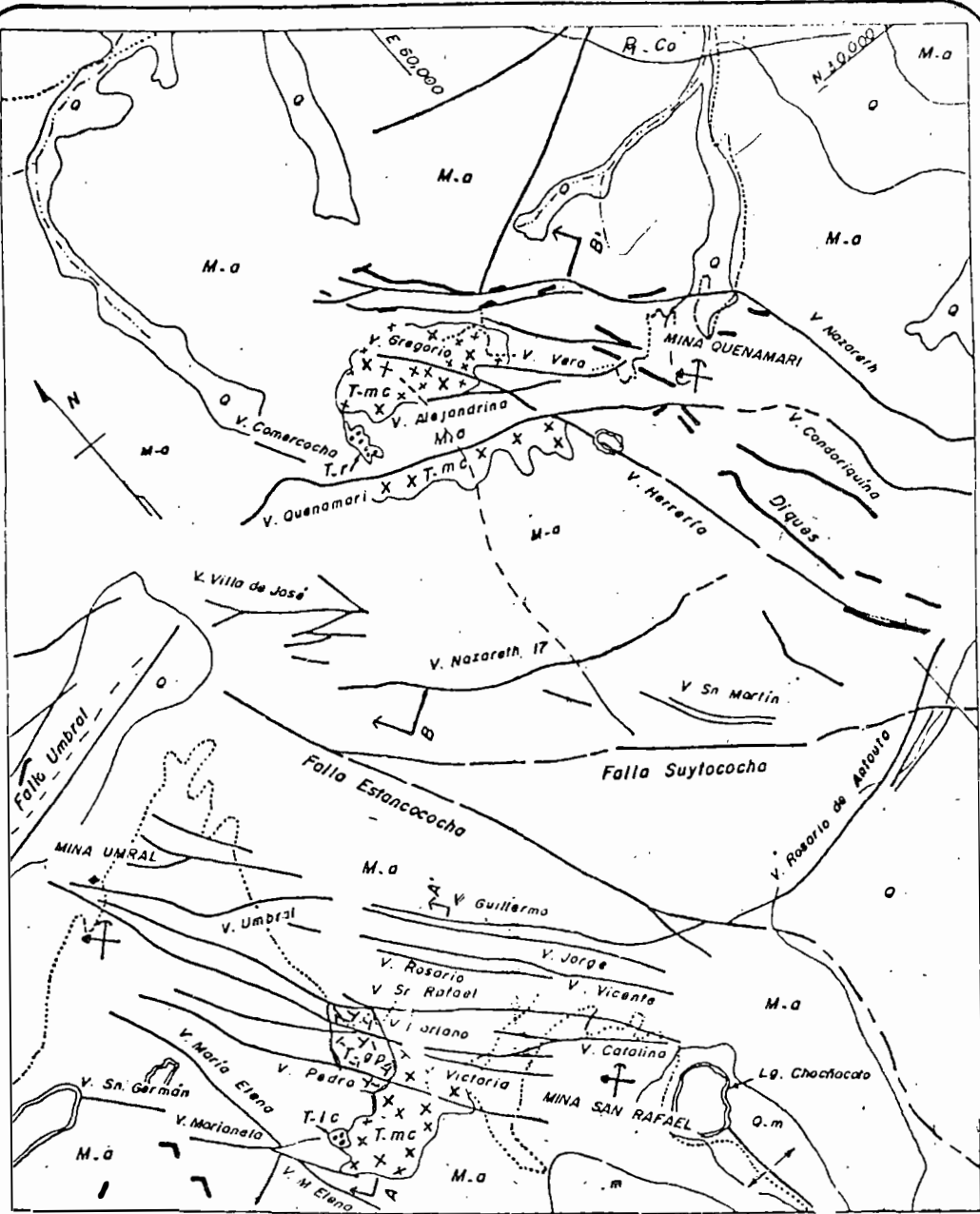
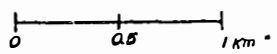


Figura 2

LEYENDA

- O Aluvial morrenas
- T-r Terciario Intrusivo-Mioceno-Lalita Cuarzifera-Riodacita
- T-gp Granodiorita Perfrítica
- T-mc Monzonita Cuarzifera
- B-co Paleozoico Superior Grupo Copacabana
- M-a Grupo Ambo

DISTRITO MINERO SAN RAFAEL
PUNO
PLANO GEOLOGICO



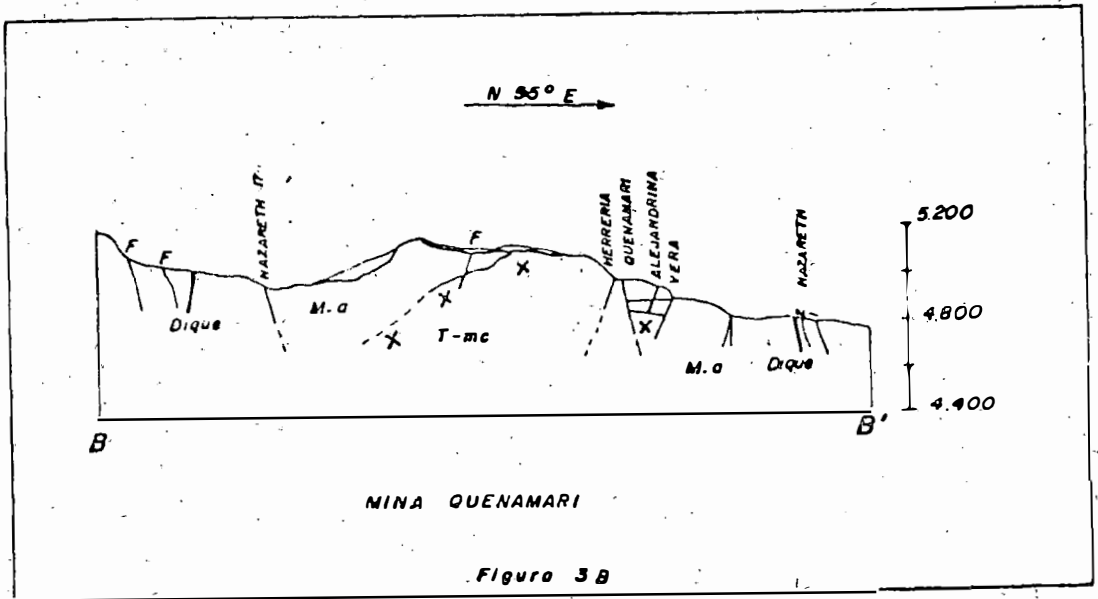
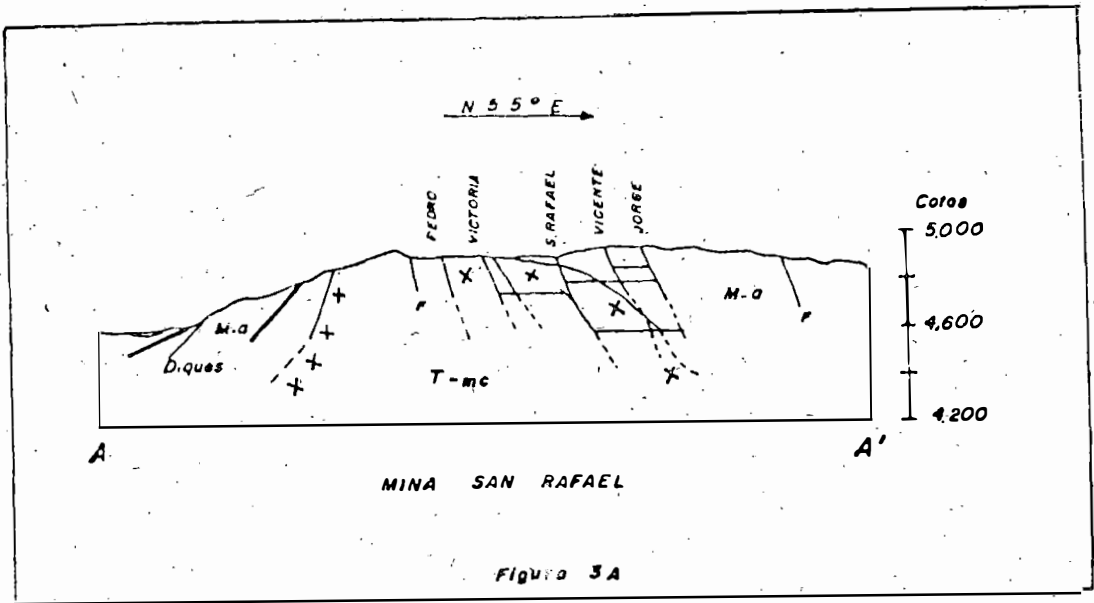
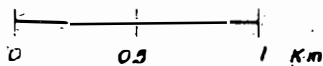


Figura 3

DISTRITO MINERO SAN RAFAEL
SECCIONES GEOLOGICAS TRANSVERSALES

Minas San Rafael y Quenamari

PUNO



La ortosa es pertita con algunos residuos de feldspatos alcalinos. El cuarzo está microgranulado o en fenocristales subredondeados.

Intrusivos de Quenamari.— En esta mina se han diferenciado el pórfido Quenamari y la riodacita porfirítica Comercocha (Gaviño, 1980).

Porfido Quenamari.— El afloramiento es 1,000 por 1,200 m., del cual salen varios diques especialmente hacia el Sur y que pueden ser seguidos por 3 Km. de longitud. La roca es muy similar en apariencia y composición al Pórfido San Rafael.

Riodacita Porfirítica Comercocha.— Es un pequeño cuerpo de 200 m. de diámetro con varios diques, radiales, ubicado en el extremo noreste del pórfido Quenamari y cerca de la veta San Gregorio. Es de color gris claro o blanco con textura porfirítica fina. La plagioclasa es una oligoclasa cálcica (An₂₈), como fenocristal tiene una dimensión de 0.9 a 2.1 mm., en la matriz 0.06 a 0.36 mm. La ortosa está como fenocristales, en la matriz está muy alterada a material arcilloso. El cuarzo está también como fenocristales de 0.6 a 1.2 mm. y en la matriz 0.06 a 0.3 mm.

Intrusivos de Antauta.— El área del cerro Moromoroni, 2.5 Km. al oeste de Antauta, es un complejo ígneo en donde se han diferenciado:

- Diques o pequeños apófisis de sienita nefelínica emplazados en una brecha del grupo Mitu, en los alrededores del caserío Chulluni.
- Un dique de pórfido monzonítico cuarcífero turmanilizado similar en textura al pórfido de San Rafael, intruye al grupo Tarma cerca de la cumbre del cerro Moromoroni.
- Basaltos en la cumbre del cerro Moromoroni y en Chulluni.

Relación y Edad de los intrusivos.— Los intrusivos del nevado Quenamari cortan el grupo Ambo. Una edad radiométrica en la biotita del pórfido San Rafael por el método K/Ar da 24.5 millones de años y la cual fue determinada por Geochron Laboratories, en 1979. La actividad ígnea corresponde al Mioceno inferior del Terciario; esta edad es similar a la obtenida en algunos depósitos estanníferos de la parte norte y central de Bolivia (Evernden, 1977; Grant, 1979), los que tienen una edad entre 20 a 23 millones de años.

La granodiorita porfirítica Mariano es más joven que el pórfido San Rafael, es menos probable que sea una diferenciación marginal del mismo cuerpo. La latita cuarcífera porfirítica Andes Peruanos y la riodacita, Comercocha son más jó-

venes que las rocas anteriores, están emplazadas en los bordes de los intrusivos mencionados.

La presencia de estructuras de flujo en los pórfidos, de inclusiones, autobrechamiento de los mismos, la presencia de un dique semianular, de una estructura semicircular cerca de la laguna Estancocha, de un dique de brecha en Quenamari, son pruebas de que la actividad ígnea en el nevado Quemari es compleja y que determinó el emplazamiento de cuerpos intrusivos cercanos a la superficie. Los megacristales de los intrusivos de San Rafael, Quenamari y Antauta, pueden ser fenocristales o pórfiroblastos debido a procesos metasomáticos; prefiero llamarlos fenocristales mientras no hayan estudios específicos. Aunque el intrusivo principal aumenta de ancho en profundidad, es menos probable que su ancho se reduzca hacia abajo o que tenga la forma de un hongo o de un cono invertido en sección vertical como sucede en el sur de Bolivia (Chace, 1958; Turneure, 1960). La sienita nefelínica del cerro Moromoroni podría ser de edad Pérmica (A. Clark, comunicación personal); el intrusivo monzonítico cuarcífero de Antauta podría ser también más antiguo que el Terciario.

Geología estructural.— Las tectónicas tardihercynianas y andinas han delineado los plegamientos y fallamientos de los sedimentos del Paleozoico superior, los cuales se caracterizan por fallas inversas, sobreescurrecimientos y pliegues. La tectónica del Terciario se manifiesta principalmente por un fallamiento de dirección NW-SE, que afecta a las intrusiones Miocénicas y que muchas veces coincide con reactivaciones de un fallamiento anterior como en las vetas Quenamari y Nazareth. Este fallamiento dió origen a las fracturas preminerales.

Localmente, el grupo Ambo forma un anticlinal cuyo eje pasa por la mina San Rafael; el flanco este se extiende hasta la mina Quenamari, en donde las rocas del grupo Ambo están en contacto con las calizas del grupo Copacabana por medio de un fallamiento inverso; en este tipo de estructuras están las vetas de Quenamari. El flanco oeste está bruscamente cortado por un fallamiento NE-SW sin mineralización conocida.

DEPOSITOS MINERALES

La mineralización del distrito minero San Rafael es de origen hidrotermal, está en vetas del tipo de relleno de fracturas y de reemplazamiento en los intrusivos y en el grupo Ambo. La zona

mineralizada abarca una extensión de 5 por 7.5 Km, se distinguen tres áreas bien definidas: San Rafael con mineralización de cobre y estaño, en donde se encuentran las vetas Andes Peruanos, San German, María Elena, Pedro, Mariano, San Rafael, Vicente, Jorge y Guillermo; Quenamari con mineralización de plomo-plata-zinc-cobre-estaño, en donde se encuentran las vetas Nazareth, Quenamari, San Gregorio, Vera, Condoriquiña, Alejandrina; y una zona intermedia entre las dos anteriores y sin intrusivos conocidos, en donde se encuentran las vetas Nazareth 17, San Martín, Villas de José, Rosario de Antauta con mineralización de cobre, estaño-plomo-plata-zinc.

Afloramientos.- Los afloramientos de las vetas corresponden a fallas pre-minerales, tienen rumbos promedio entre N30° O y N 60° O, con buzamientos entre 40° NE a 75° NE. Hay otros sistemas de vetas menos desarrollados con rumbos N 80° E y buzamientos 70-90° NO-SE.

La veta Quenamari tiene una longitud de 6 Km, de los cuales 3 tienen mineralización conocida, incluyendo la veta Condoriquiña y de éstos 1.1. Km están en intrusivos. La veta Nazareth tiene una longitud de 3 Km. Las vetas San Rafael, Jorge, Guillermo, Vicente, Pedro tienen una longitud de 3 Km; las vetas Marianela, María Elena, San Germán 1.5 Km. La veta Nazareth 17 tiene una longitud de 2 Km.

Los afloramientos de San Rafael tienen un ancho de 0.50 m en promedio, se caracterizan porque tienen varios ramales y estructuras cimoides, mientras que en Quenamari los afloramientos son más definidos, continuos y con ancho que varían entre 0.30 y 2 m. Los afloramientos son más definidos y persistentes en el intrusivo, en el sedimentario son discontinuos y lenticulares.

Mineralización.- Los minerales económicos principales son casiterita y calcopirita, en menor proporción galena, esfalerita y tetraedrita.

Minerales principales.- Casiterita, calcopirita, arsenopirita, clorita, cuarzo, fluorita, pirita, sílice.

Minerales comunes.- Bismuto, bismutinita, bornita, calcita, calcosina, caolinita, covelita, cuprita, digenita, dolomita, esfalerita, estannita, galena, goethita, hematita, malaquita, marcasita, pirolusita, pirrotita, psilomelano, rodocrosita, siderita, turmalina.

Minerales raros.- Cobre nativo, cubanita, scheelita, enargita, estromeyerita, jamesonita, luzonita, mackinawita, oro, plata-nativa, tetraedrita, wolframita.

Los minerales anteriores han sido afectados por procesos de oxidación y enriquecimiento supergénico.

Zona de oxidación.- La veta Quenamari, entre las vetas Herrería y Comerciocha, tiene un sombrero de fierro que profundiza hasta los 200 m. en contraste con la veta San Rafael que no es mayor de 20 m. El sombrero de fierro contiene casiterita, cuarzo y limonitas. En la mayoría de los afloramientos no se observa sombreros de fierro pero hay minerales oxidados de cobre mezclados con sulfuros primarios.

Zona de Enriquecimiento Supergénico.- La calcosina se encuentra principalmente en las vetas Quenamari, Herrería, San Rafael, Vicente, siempre asociadas con casiterita.

Zona de Sulfuros Primarios.- Esta zona se encuentra en los afloramientos o por debajo de la calcosina a una profundidad de 170 m. en la veta Quenamari y de 50 m. en la veta San Rafael. La casiterita se presenta en diferentes formas y tamaños, en la parte superior del yacimiento es de grano fino, de 4 a 10 micrones y en forma de agujas, crece gradualmente en profundidad hasta llegar a 60 y 200 micrones. El estaño madera tiene dimensiones entre 400 micrones y más de 1 centímetro. La casiterita botroidal se encuentra en los niveles inferiores.

Zonamiento y Paragenesis.- En la mina Quenamari hay un marcado zonamiento de la mineralización, el plomo, el zinc y la plata están hacia los bordes, como pueden observarse en la veta Nazareth y en los extremos de la veta Quenamari. En la parte central y particularmente en esta veta hay cobre y estaño. En la mina San Rafael, especialmente en la veta de este nombre, hay un marcado zonamiento vertical, cobre en la parte superior 3% Cu, 0.5% Sn y estaño en la parte inferior; 2% Sn, 0.5% Cu, ver figura 4. En esta mina se observa también un borde exterior de plomo-zinc-plata aunque menos definido que en Quenamari. La mineralización de plomo-zinc acompaña siempre a la mineralización de cobre-estaño aunque con valores muy bajos.

La textura de la mineralización dentro de la veta se presenta en forma bandeada, masiva, diseminada y brechada, esta última englobando

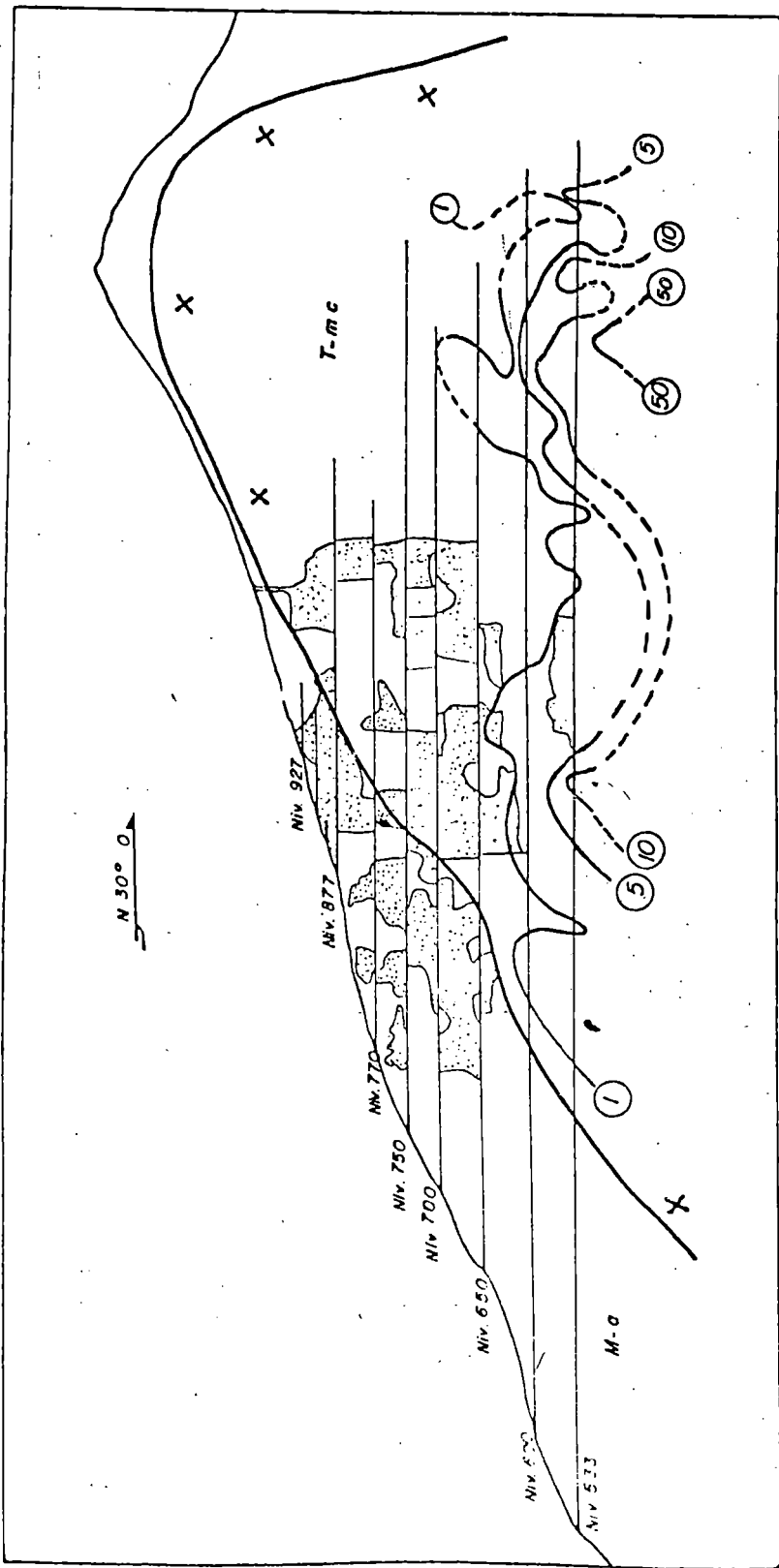
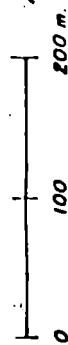


Figura 4

MINA SAN RAFAEL
 COCIENTES METALICOS Sn/Cu



varios minerales preexistentes incluyendo a la casiterita, lo que está indicando varias etapas de mineralización. Este brechamiento impide reconstruir la verdadera secuencia mineralógica, no obstante se pueden distinguir tres secuencias principales de mineralización en base a las relaciones de la casiterita con la clorita y cuarzo. La primera etapa de la mineralización está representada por una asociación de cuarzo-turmalina con algo de calcopirita; una segunda etapa está representada por casiterita, arsenopirita, fluorita, calcopirita, pirita, cuarzo con varias etapas de brechamiento de la mineralización pre-existente; una etapa más joven está representada por calcopirita, casiterita, galena, esfalerita y cuarzo.

Cuerpos de Mineral.- La mineralización de cobre estaño es lenticular, irregular y en forma de rosario. Los cuerpos de mineral son pequeños y grandes, con anchos variables entre 60, 100 y 300 metros de longitud, excepcionalmente llegan hasta 500 m., este último se encuentra en el nivel 533 de la veta San Rafael; los cuerpos de minerales de 20 m. de longitud son comunes. Los límites de los cuerpos o clavos de mineral están indicados por adelgazamiento de la estructura o por la carencia de valores económicos aunque persista el ancho de la misma. Las zonas estériles entre cuerpo y cuerpo varían entre 50 y 100 metros de longitud. Los cuerpos de mineral tienen forma alargada en altura, algunos llegan a superficie, como en las vetas San Rafael, Vicente, Mariano, Quenamari, otros no, como en las vetas Jorge, Nazareth. Cuando los cuerpos se estrangulan en profundidad aparecen otros no conocidos en los niveles superiores.

Las bolsonadas de mineral son reemplazamientos excepcionales en el intrusivo, se encuentran en el nivel 533 de la veta San Rafael. Tienen forma prismoidal, se adelgazan en altura y se ensanchan hacia abajo; no se conoce la base. Estas bolsonadas están cerca del intrusivo o más próximas al contacto norte. En el nivel 533 se conocen cuatro bolsonadas, tres de ellas por su parte superior y la otra en su parte central, esta última tiene un ancho máximo de 25 metros y un ancho mínimo de 2 metros; en el nivel 600 tiene un ancho máximo de 15 metros y un ancho mínimo de 3 metros. El volumen de esta bolsonada de mineral, entre los dos niveles, es de 32,464 m³., habiéndose cubicado 129,860 TMS con 9.08% Sn y 0.32% Cu. Por debajo de este nivel se ha cubicado 92,800 TMS con 1.1.63% Sn y 0.23% Cu.

Controles de la Mineralización.- Los cuerpos de mineral de estaño o de cobre son más grandes, definidos y persistentes en el intrusivo; en el sedimentario son discontinuos y pequeños. Hay una íntima asociación entre clorita, sílice, fluorita y arsenopirita con la casiterita; cuando la cantidad de clorita es abundante y sus cristales son más grandes, mayor es también la abundancia y riqueza de la mineralización de estaño, como puede observarse en las bolsonadas del nivel 533 de la veta San Rafael, en donde la casiterita es botroidal. Las uniones al sur o en profundidad de los ramales de un cimoide son favorables para la mineralización. Cambios de rumbo, en dirección casi norte sur, son igualmente favorables, acompañados de un fuerte cambio del buzamiento hacia la horizontal.

Alteración Hidrotermal.- La silicificación precede a la mineralización principal, se manifiesta por vetillas de cuarzo-turmalina de 1 a 5 mm de ancho en casi todo el intrusivo; dentro de las vetas y sólo restringida a ellas hay una intensa silicificación que ha destruido la textura original del intrusivo en diferentes grados. Dentro y fuera de la veta hay una fuerte cloritización que no se extiende más allá de los 3 metros.

En general, el intrusivo se presenta casi fresco y con toda su textura original; los feldepastos y la matriz presentan una débil caolinización o sericitización. Las pizarras están débilmente silificadas.

Comportamiento de la Mineralización de Estaño en profundidad.- Interpretación de cocientes metálicos de Sn/Cu, acompañados de estudios minero-gráficos y estructurales han permitido dar algunas pautas para determinar a qué profundidad se pueden encontrar los valores de estaño iguales o mayores de 1%, es decir, a qué profundidad es visible la casiterita o cuándo aumenta el tamaño de estos cristales. Esto ha sido posible por la información obtenida en la veta San Rafael, que es una estructura bien desarrollada en longitud y en profundidad y por otras parcialmente exploradas como las vetas Vicente, Jorge, Mariano.

En la veta San Rafael no aflora el intrusivo, pero está próximo a la superficie. El cociente Sn/Cu igual a 1 se encuentra cerca del nivel 600, 240 a 500 m. por debajo de la superficie, ver figura 4. La curva de Sn/Cu igual a 5 ó más se encuentra en el extremo norte del nivel 533, en donde hay un cuerpo mineral que promedia

5.08% Sn y 0.32% Cu, con un cociente Sn/Cu igual a 28. La mineralogía de este cuerpo es predominante casiterita masiva o botroidal, con nodulos hasta 3 cm. de diámetro, a una profundidad de 650 m. con respecto a la cumbre.

Esta información y la obtenida en las otras vetas mencionadas, permite hacer las siguientes generalizaciones y conclusiones para este distrito.

- La curva del cociente Sn/Cu igual a 1 es más o menos paralela con la superficie terrestre.
- La curva del cociente Sn/Cu igual a 1 se encuentra entre 200 y 500 m. de profundidad.
- Los cristales de casiterita aumentan de tamaño con la profundidad.
- Cocientes de Sn/Cu mayores que 5 indican zonas de alta ley de estaño acompañadas con casiterita botroidal.

MINERALIZACION DE ESTAÑO EN EL PERU Y BOLIVIA

La mineralización de estaño en el Perú es nueva y poco conocida, no obstante es posible establecer algunas relaciones y características:

Litología.- PERU: sedimentos missisipianos. BOLIVIA: sedimentos ordovicicos, silúricos.

Edad del Intrusivo.- PERU: 24.5 m.a.. BOLIVIA: 12 a 17 y 20 a 23 m.a.

Alteración Hidrotermal.- PERU: débil. BOLIVIA: fuerte.

Mineralización.- PERU: Calcopirita-casiterita. BOLIVIA: Casiterita-wolframita, casiterita, casiterita minerales de plata.

Zonamiento.- PERU: definido, cobre en la parte

superior y estaño en la parte inferior; plomo-zinc-plata hacia los bordes. BOLIVIA: indefinido.

Fracturamiento.- PERU: vetas simples. BOLIVIA: vetas complejas.

CONCLUSIONES

- 1.- El grupo Ambo se presenta algunas veces como una cubierta superficial sobre el intrusivo, éste tiene mayores dimensiones en profundidad, lo que garantiza su continuidad y persistencia por debajo de las pizarras en las zonas mineralizadas.
- 2.- La actividad ígnea en el nevado Quenamari cuya edad es 24.5 millones de años es más o menos equivalente con los depósitos estanníferos de la parte norte y central de Bolivia.
- 3.- La mineralización de la casiterita está íntimamente relacionada con la actividad ígnea, la complejidad de ésta en el nevado Quenamari asegura una persistencia de la mineralización en profundidad.
- 4.- Los intrusivos y las pizarras son igualmente favorables para la mineralización de estaño o de cobre, pero los cuerpos del mineral son más definidos y persistentes en el intrusivo.
- 5.- El incremento del tamaño de los cristales de la casiterita de San Rafael en profundidad significa un aumento del contenido de este metal y de la disminución de los valores de calcopirita.
- 6.- En la veta Quenamari los cristales de casiterita son aún pequeños y la calcopirita es abundante; condiciones litológicas, estructurales y de mineralización aseguran un aumento del tamaño y contenido de la casiterita en profundidad.

REFERENCIAS

ALVAREZ J., 1975, Estudio Geoeconómico de la zona Patrón-Umbral y su integración al Yacimiento Minero San Rafael: Tesis Ing. Geol. Univ. San Agustín, Arequipa. No publicada.

ARENAS M., 1977, Mina San Rafael, Posibilidades y Plan de Exploraciones-Desarrollos. Inf. Priv. Minsur S.A.

ARENAS M., 1978a, Mina Quenamari: Reservas de Mineral y Posibilidades: Inf. Priv. Minsur S.A.

ARENAS M., 1978b, Fracturamiento, Controles de la Mineralización Y Programa de Diamond Drill en la Mina San Rafael; *Inf. Priv. Minsur S.A.*

COMPANIA MINERA QUENAMARI.- 1976 - Explotación Unidad Minera Quenamari, Departamento de Puno. VI Informe, VII Anexos y Planos.

CHACE F.M., 1958, Tin-Silver veins of Oruro, Bolivia; *Econ. Geol.* v43, p333-383.

DEWITT SMITH & COMPANY, Inc. 1965 Lampa Mining Company Peruvian Properties; *Arch. Priv. Minsur S.A.*

EVERNDEN J.F., KRIZ S.J., and CHERRONI M.C., 1977, Potassium Argon ages of some Bolivian rocks; *Econ. Geol.*, v72, p1042 - 1061.

GAVIÑO C., 1980, Informe Micropetrográfico: 1) Diecisiete rocas del área de San Rafael, 2) Catorce rocas de la localidad de Quenamari; *Inf. Priv. M. Arenas & Asociados.*

GRANT J.N., HALL CH., AVILA W., SNELLING J.S., 1979 K-Ar Ages of Igneous and mineralization in part or the Bolivian Tin Belt; *Econ. Geol.*, v74, p838-851.

MURGUIA R., 1963, Yacimiento Minero San Rafael; Tesis Ing. Geol. Univ. San Agustín, Arequipa. No publicada.

NEWELL N.D., 1949, Geology of the Lake Titicaca Region, Peru and Bolivia; *Geol. Soc. Am. Mem.* 36, p111.

NEWELL N.D., CHRONIC J., ROBERTS T., 1953, Upper Paleozoic of Peru; *Geol. Soc. Am. Mem.* 58, p276.

PETERSEN G., 1960, Sobre Condoriquiña y otros depósitos de Estaño del Perú; *Bol. Soc. Nac. Min. y Pet.* No. 72 p 36-42.

PONCE C.A., 1977, Distribución de Leyes, Potencias, Valores, Cocientes y Contenidos Metálicos de la veta San Rafael: Distrito Minero de San Rafael - Puno: Tesis Ing. Geol. Univ. San Agustín. No publicada.

RAIMONDI A., 1978, Minerales del Perú o Catálogo Razonado de una Colección que representa los principales minerales de la República con muestras de guano y restos de aves que los han producido. 305 p.

ROMAÑA E.A.L., 1908, Una inspección de los Yacimientos de Estaño de Bolivia y una Exploración por el mismo metal en el Perú; *Bol. Cuerpo Ing. Minas*: No. 57, p 99.

SERVICIO INTERAMERICANO DEL PLAN SUR, 1959, VII Los Recursos Minerales.

TURNEAURE F.S., 1960, Comparative Study of the Major Ore Deposits of Central Bolivia; *Econ. Geol.*, v55, p 217-254, 576-606.

VALDEZ J.G., 1966, Interpretación Genética de las vetas Andes Peruanos y Preparación para su explotación; Tesis Ing. Geol. Univ. San Agustín, Arequipa. No publicada.