

MINERALIZACION ARGENTIFERA
ASOCIADA AL VOLCANISMO
CENOZOICO EN LA FAJA
PUQUIO-CAILLOMA

Michel Fornari* y Cesar Vilca Neyra**

Abstract:

ARGENTIFEROUS MINERALIZATIONS ASSOCIATED WITH CENOZOIC VOLCANISM OF PUQUIO - CAILLOM BELT.

In the western Cordillera highlands of Southern Peru, argentiferous mineralization occurrences have been known since the Spanish conquest time; several mines are still at work in the area: San Juan de Lucanas, Arcata, Orcopampa Cailloma.

Argentiferous mineralization is mostly related to veins hosted by mainly andesitic rocks that we correlate with the Tacaza volcanic group of lower-middle Miocene age (20-14 m. y.).

Geochemical data of Tacaza rocks compared with the ones of other main volcanic units from the same area (Sencca and Huaylillas acid volcanics and Barroso andesitic volcanics) show that:

- o There is no difference between the three volcanic groups respect to the major elements chemistry. All of them are characteristic of calco-alkalic series with high potassium contents.

* OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER (ORSTOM).
Misión en el Perú. La mariscal 115 - Lima 27.

** INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA (INGEOMIN).
Pablo Bermúdez 211 - Lima 11.

Fonds Documentaire IRD



010022021

Fonds Documentaire IRD

Cote : B* 22021 Ex: 7

M. FORNARI Y C. VILCA

- o Minor elements average contents for each volcanic group are similar to those published for rocks from similar geotectonic environment. However, the 1.5 ppm silver content of the Tacaza lavas is higher than the common 0.07 ppm of the intermediate lavas.

The length of the veins in the different mines lies generally between 500 m and 3 km. The veins have three main directions: NW-SE, NE SW and E-W. These directions appear to be related to a single period of brittle tectonics characterized by an E-W directed compression; this tectonic phase is itself subsequent to a widespread folding episode that affects the Tacaza beds.

Mineralized veins show main structures: brecciated, banded and cockade structures, and display successive stages in ore minerals deposition. Paragenesis contains sulphides (pyrite, galena, sphalerite) copper compounds (tetraedrite, chalcopyrite) copper-silver sulphide-salts, silver sulphide-salts, argentite, native silver, deposited in a mesothermal to epithermal environment.

1. INTRODUCCION

La zona investigada está enmarcada al Norte del Departamento de Arequipa y al Sur de Ayacucho, con una extensión global de 19.000 km². En el Sur del Perú, desde los 14° de latitud Sur, la Cordillera Occidental aparece como una amplia meseta de más de 150 km. de ancho y con una altura promedio de más de 4000 m.

La mineralización argentífera se emplazó antes que se acabe la elaboración de una superficie de erosión (superficie Puna) que luego fué en gran parte cubierta por tobas ignimbríticas. El levantamiento general de la zona (por lo menos de 2000 m.) se produjo en una época reciente (Plioceno).

Por encima de esa llanura se elevan edificios volcánicos que constituyen los puntos más altos de la región, tal es el Coropuna de 6,377 m. Tratándose de estrato-volcánés, cubren una buena parte de la zona; el Coropuna tiene un diámetro en su base de unos 20 km.

Los rasgos glaciares se notan en todas las partes altas, se ven depósitos morénicos muy potentes y recubrimientos extensos por depósitos glaciares finos. En esta acción glaciaria no se ha producido gran desnivel, y las zonas bajas presentan un drenaje incierto y están ocupados por lagunas.

Desde el último levantamiento, que todavía sigue, según los datos neotectónicos, se produjo una intensa erosión regresiva desde la vertiente pacífica; pero todavía los ríos no han recortado mucho la meseta de altura, salvo algunos cañones muy hondos, tal como el río Colca-Majes o el valle de Cotahuasi que muestran una incisión de 2000 m.

La abundancia de los recubrimientos de lavas productos volcánicos, y depósitos detríticos glaciares, así como la falta de cortes dificultan la observación de los afloramientos que podrían presentar mineralización interesante.

2. GEOLOGIA GENERAL

2.1. Terrenos ante-cenozoicos

Ellos constituyen el substrato en la región estudiada y no tienen relación con la mineralización; por lo tanto, basta recordar en la zona costanera la existencia de terrenos metamórficos de un zócalo antiguo (precámbrico) y depósitos sedimentarios del Paleozoico; durante el Mesozoico existía una cuenca de sedimentación con depósitos marinos y volcano-sedimentarios; al final del cretáceo se produjo una fase tectónica (fase "peruana" según Steinman 1929) que se tradujo por un plegamiento de dirección NW-SE y por una emersión de la Cordillera Occidental.

2.2. Terrenos cenozoicos

El pasaje del Cretáceo terminal al Eoceno, un poco problemático, se marca por la deposición de niveles continentales detríticos, conocidos bajo la denominación general de "capas rojas"; por otro lado, en la región de Moquegua existen volcanitas que han dado una edad paleocena (Bellon y Lefevre, 1976; Laughlin and all, 1968).

2.2.1 Las formaciones volcánicas y volcano-sedimentarias oligoceno-mioceno (Tacaza)

En la Cordillera Occidental del Sur del Perú, se distinguen una serie volcano-detrítica inferior, compuesta de tobas, lavas, aglomerados y brechas volcánicas; es la formación Pichu definida en la región de Ichuña (Marocco y Del Pino, 1966).

Encima viene un potente conjunto de volcanitas; las lavas son mayormente de composición andesítica pero se encuentran también riolitas, riolacitas y tobas piroclásticas. Este conjunto corresponde al volcánico Tacaza (Newel, 1949).

En la faja argentífera se nota una variación en el Tacaza: en la parte Oeste (zona de Puquio) predominan las facies volcano-sedimentarias y hasta sedimentarias con arcillas, yesos y carbonatos, que indican una deposición en un ambiente lagunar que permanecía entre los puntos de emisiones volcánicas. Esos depósitos están ausentes o por lo menos de volumen reducido en la zona Oriental (Cailloma).

La posición estratigráfica y los datos geocronológicos (Farrar E., Noble D.C., 1976; Bellón, Lefevre G., 1976) nos permiten atribuir una edad miocena a las volcanitas. Las partes más volcano-detríticas que yacen por debajo sin discordancia podrían bajar hasta el Oligoceno.

El conjunto mioceno fué afectado por una o más fases de plegamientos, y posteriormente por una fase quebrante con acortamiento sub-horizontal E-W.

22.2 Los derramamientos ignimbríticos (Sencca-Huaylillas)

La superficie de erosión (superficie Puna) que recorta las formaciones volcánicas del Tacaza, es recubierta por un volumen importante de material volcánico ácido y particularmente por tobas ignimbríticas muy extensas. Se las puede ver elevarse regularmente al salir de Nazca para subir hasta la Pampa de Galera, también existen en las zonas de Puquio, Chuquibamba, Orcopampa y Cailloma. En cuanto a su edad, faltan datos radiométricos precisos; tienen en parte edad del plioceno. Ciertas de esas ignimbritas podrían ser equivalentes del volcanismo Huaylillas, del Departamento de Tacna; pero tendrían entonces edades más antiguas.

22.3 Las lavas andesíticas plio-cuaternarias (Barroso)

Emitidas por los grandes volcanes, cubren una extensa superficie; además se extendieron desde varios puntos de emisión menores dispersados, y a veces relacionados con fracturas mayores. Las lavas se emplazaron también en el fondo de valles ya cavados pudiendo represarlas (por ejemplo Chivay); el volumen de lavas andesíticas y traquiandesíticas es muy importante, está acompañado de conos de escorias, cineritas y vidrios volcánicos ácidos en volumen menor. Han dado edades que van de 4 M.A. hasta muy recientes.

3. METALOGENIA

3.1. Distribución de las minas e indicios

Tal como aparece en la fig. 1 las minas e indicios de plata se localizan en las extremidades Oeste y Este de la "faja argentífera"; se nota la ausencia de indicios en la parte central, eso se debe en parte a los recubrimientos por volcánicos recientes que tapan los afloramientos de los terrenos en los cuales se podrían esperar encontrar mineralización.

31.1 Minas en producción

Las minas de plata del Sur del Perú, eran ya conocidas antes de la conquista española, después fueron intensamente explotadas y las minas de Cailloma tuvieron una gran fama por su producción de plata. Después de la guerra de la Independencia hubo una baja en la actividad que siguió siendo de poca intensidad hasta las primeras décadas del siglo XX. Se reinició la actividad "moderna" en los años 1955-60.

Actualmente, cuatro minas están en producción: San Juan de Lucanas, Arcata, Cailloma y Orcopampa. Tratan un promedio de 300 a 500 t/día de mineral arrancado ("tout-venant") con una ley de corte de cabeza de molino de 6 a 10 oz. Ag/t. - o más elevada según la calidad del mineral.

Además de esas cuatro minas, existen algunas pequeñas explotaciones artesanales, con una producción marginal e irregular.

31.2 Minas abandonadas e indicios

Se han ubicado unas veinte entre minas antiguas actualmente paradas o simple "cateos". Muchas veces se trata de estructuras débiles mayormente con cuarzo y de poca extensión. Es difícil precisar si tienen interés económico, y además presentan poca accesibilidad. Condiciones más favorables se encuentran en San Miguel, ubicado en el cuadrángulo de Cailloma en la parte Este de la faja argentífera.

3.2. Rocas encajonantes a la mineralización

Las investigaciones realizadas en unos 8000 km² en la zona, nos han permitido comprobar que todas las vetas con mineralización de plata están encajonadas por formaciones del Tacaza, (—debemos mencionar que utilizamos la denominación Tacaza, porque es de empleo generalizado en la geología del Sur del Perú.)

Por la orientación de nuestro trabajo, hemos empleado criterios petrográficos, tectónicos, morfológicos y dinámicos, lo que nos permite pensar que "este" Tacaza representa depósitos de edad principalmente alrededor de 20-18 M.A. y posiblemente hasta 14 M.A.

32.1 Petrografía y modo de emplazamiento

Se trata principalmente de lavas y son mayormente andesíticas, de textura porfírica; presentan fenocristales de plagioclasa An₃₀₋₄₅, anfíbolos (Hornblenda) y piroxenos de pequeño tamaño.

Frecuentemente, los ferromagnesianos muestran una aureola ferruginosa. La alteración se marca en las plagioclasas y ferromagnesianos; se desarrollan principalmente cuarzo, epidota y calcita.

Se encuentran también rioclitas frecuentemente con textura tufácea que contienen fenocristales de cuarzo corroídos, sanidina frecuentemente fragmentada y láminas de biotita marrón.

Las condiciones de yacimiento de esas rocas son variadas, así en San Juan de Lucanas, se trata de un cuerpo andesítico intrusivo en tufos lávicos brechosos, andesítico dacítico. En Cailloma, es un cuerpo ovoide intrusivo, y que probablemente se alza hasta la superficie (protrusión en domo). En Arcata, se trata en parte de un cuerpo intrusivo sub-volcánico en tufos piroclásticos y en parte de coladas. En Suckuytambo, son mayormente coladas potentes; en cuanto a Orcopampa, se conocen andesitas, dacitas intrusivas, coladas, tobas riocliticas, brechas volcánicas, brechas de material volcánico cuyo modo de formación no es muy nítido (brecha Tudela).

32.2 Geoquímica

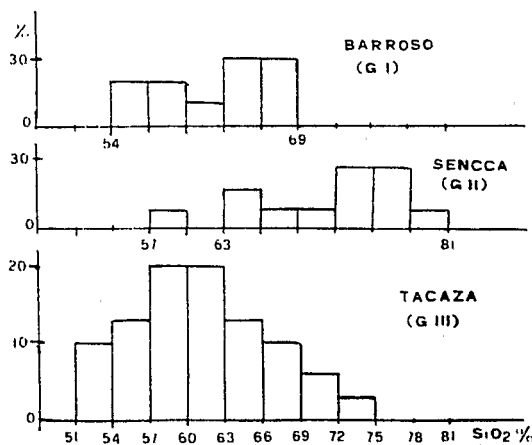
Puesta en evidencia esta conexión, por lo menos espacial entre las lavas del Tacaza y las vetas, se realizaron análisis de los elementos mayores y trazas, por cuantometría y absorción atómica en los laboratorios del CRPG-CNRS en Nancy, Francia*; se determinaron los porcentajes en Si O₂, Al 2O₃, Fe2O₃ ("fierro total") Mn O, Mg O, Ca O, Na₂ O, K₂ O, Ti O₂, y pérdidas por ignición, leyes en Ba, Sr, V, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Ag.

Para poder establecer comparaciones el muestreo comprende lavas del Barroso (11 muestras, grupo I), del Sencca (12 muestras, grupo II), del Tacaza (31 muestras, grupo III) tomadas lejos de todo indicio mineralizado; además se determinaron las trazas por 15 muestras (grupo IV) provenientes de las rocas de caja, de las vetas en minas e indicios.

Trabajos sobre la geoquímica de los volcánicos del Sur del Perú fueron realizados por Lefèvre, 1973 y James D.E., y Col, 1976 pero tratan mayormente de las lavas más recientes (Barroso).

Elementos mayores

Sílice Si O₂: como se puede constatar en el gráfico adjunto.



Las muestras del Tacaza presentan una amplia variación del contenido de sílice de 50 a 75 o/o; se nota que la mayoría cae entre 57 y 63 o/o de Si O₂ (andesitas).

Las muestras del Sencca (Huayllillas) tienen un porcentaje más alto con un máximo alrededor de 75 o/o (ignimbritas riolíticas)

Las lavas recientes (Barroso) aparecen relativamente más agrupadas con un promedio al 63 o/o de Si O₂.

Alcalinos Na₂ O y K₂ O

Las leyes Na₂ O varían poco en relación con Si O₂, están comprendidas entre 3 y 5 o/o, valores muy corrientes en las rocas calco-alcalinas de las regiones peri-pacíficas.

* Los datos de análisis pueden ser pedidos a los autores

MINERALIZACION ARGENTIFERA

En cambio se nota una relación de crecimiento de K_2O con SiO_2 . Además los porcentajes de K_2O son elevados, ver la fig. 3 donde la línea punteada marca la zona de la serie calco-alcalina de los arcos volcánicos insulares según Gill, 1970.

La relación de los alcalinos con SiO_2 , permite según Kuno, 1959, distinguir las lavas de las series alcalinas, calco-alcquinas y toleíticas. En la fig. 4 se nota la gran dispersión de las muestras, pero la mayoría se ubica en la zona de la serie calco-alcalina. Fenómenos de auto alteración pueden tener una responsabilidad en esta dispersión.

Elementos menores y trazas

Hemos calculado los valores promedios en los tres grupos de rocas distinguidas, y para las muestras procedentes del lado de las vetas por las cuales son modificadas (silicificación, piritización). A modo de comparación, presentamos datos más generales referidos a las andesitas peripacíficas (Taylor, 1968). Las rocas intermediarias y graníticas según Vinogradov, 1962, andesitas del Norte de Chile, Pichel y Col 1969, James y Col, 1976. Ver cuadro 1.

Manganeso: las leyes en Mn son más leves que aquellas de Taylor y Vinogradov, pero son parecidas a los valores obtenidos para las andesitas del Norte de Chile, ver fig. 5. El Mn es un elemento asociado a la mineralización a nivel de las gangas (rodocrosita); la relación con las lavas encajonantes por ese elemento es posible, pero queda a demostrar.

Titanio: muestra una correlación negativa con la sílice; las leyes son parecidas a las de Taylor para las andesitas, mucho más inferiores a las dadas por Vinogradov para las rocas intermediarias pero el valor promedio de las ignimbritas del Sencca se amoldan con las rocas ácidas según Vinogradov, (ver cuadro 1 y fig. 6).

Bario: las leyes son moderadamente elevadas en conformidad con el contexto geotectónico de un volcanismo marginal instalado sobre una corteza continental espesa (ver cuadro 1 y fig. 7).

Stroncio: las leyes en los grupos I y III son un poco más altas de las de Taylor. Si comparamos con los datos de James y Col, 1976 en el Sur del Perú, el promedio para sus 7 análisis del Sencca y Huaylillas es muy cerca del que obtenemos en nuestro grupo II; la relación es igualmente buena entre su "Barroso" y nuestro grupo I, (605 ppm por 548). Pero en cambio, las muestras de su "Arequipa volcanic", que es equivalente del Barroso por lo menos en cuanto a su edad pliocuaternario, dan un promedio más alto, 791 ppm que se acerca a las andesitas del Norte de Chile, o del valor que encontramos para el Tacaza, (cuadro 1 y fig. 7).

Las leyes en Sr pueden ser influenciadas por la profundidad de la zona de Beniof y el espesor de la corteza; la influencia cortical (contaminación) se traduce por leyes elevadas en stroncio. James y Col que también han estudiado la composición isotópica del Sr deducen conclusiones en cuanto al mecanismo de la producción del Magma.

Vanadio: muestras leyes parecidas a las de Vinogradov, además no parece incrementar sino disminuir en las muestras del lado de las vetas (fig. 7).

Cromo, níquel, cobalto: las leyes para esos elementos disminuyen para las muestras del grupo II, Sencca (Huaylillas), en correlación negativa con la sílice. Esas leyes son más o menos parecidas entre los grupos I y III, y no tan diferentes de las de Taylor y Vinogradov. Para el grupo IV, muestras vecinas de las vetas, el Co y Ni no cambian pero el Cr es casi 9 veces más alto, (cuadro 1 y fig. 7).

Cobre: es menos abundante en las rocas del grupo I y III, que lo señalado por Taylor, pero se sabe que es un elemento común en la metalogenia andina asociada tanto a los intrusivos como a los volcanitos; podemos pensar que una parte importante se ha agregado a la fase sulfurada, más bien que a la fase silicatada; en cuanto al grupo IV, el valor promedio no es muy significativo, debido a que hay variaciones por más de factor 1000 entre las muestras (cuadro 1 y fig. 7).

Zinc y plomo: el grupo II presenta una ley en zinc, parecida a las rocas graníticas de Vinogradov; la ley es más elevada en los grupos I y III; el plomo parece variar en sentido contrario. Es difícil interpretar el comportamiento de esos elementos que son a la vez calcófilos y litófilos. Parece que pueden incluirse en los minerales durante la cristalización del magma; también una parte a la fase sulfurada del relleno filoniano, pero está menos abundante que para el cobre (cuadro 1 y fig. 8).

Plata: las leyes parecen elevadas pero no hay muchos datos comparativos con otras regiones para ese elemento. Nos parece importante la disminución de la ley en los tres grupos: la del Tacaza en 6 veces más alta que para el Sencca y 25 veces más que para el Barroso, que tienen un promedio igual al indicado por Vinogradov. Es una relación interesante si recordamos que a la fecha, todas las estructuras mineralizadas están encajonadas en la serie Tacaza. El grupo IV muestra que hay una anomalía positiva en relación con las vetas, (cuadro 1 y fig. 8).

Esos primeros datos pueden permitir la determinación de un fondo geoquímico regional adaptado al contexto local; además aparecen ciertas relaciones con las lavas encajonantes que se procesarán con análisis complementarios.

3.3. Rasgos estructurales de las vetas

Toda la mineralización de plata están en vetas o sea, de tipo filoniano y así presenta un control estructural. Esas vetas se caracterizan generalmente por una extensión horizontal regular, que varía de 800 metros frecuentemente a 1500 metros, para algunas hasta más de 3 km. La potencia puede ser mayor de 3 m en afloramiento, pero en todo caso se reduce con la profundidad. Más bien, otras vetas son de potencia menor, del orden del metro y con partes aún estrechas, reducidas casi hasta un hilo guía.

Siempre se puede encontrar anchamiento (Bolsonadas) según cambio de orientación o buzamiento; también existen zonas con roca encajonante muy fracturada donde

MINERALIZACION ARGENTIFERA

se empalman ramales anexos que pueden también crear "falso" piso o techo, que aumenta la potencia del filón. En ciertos casos, solo una pared de la veta, piso o techo, se presenta de manera nítida con espejo tectónico, el otro lado del borde del filón mostrando la roca de caja brechificada, progresivamente con menor intensidad, alejándose a unos 10 metros de la caja. En Cailloma, (fig. 9) se nota una sola dirección de fracturas NE-SW que es algo sencillo; existen ramalitos anexos o inflexiones, pero que forman ángulo importante con la dirección principal de la fractura. Pero es más complicado a interpretar mecánicamente, ya que las mismas fracturas tienen rasgos de desplazamiento verticales, en la parte W, y horizontales en la parte Este. Existen fracturas casi NS que recortan las vetas pero con desplazamiento de muy poca importancia. El masivo de lavas que incluye las vetas parece tener propiedades homogéneas en cuanto a su fracturación.

En Arcata, (fig. 10) el campo filoniano es más complejo, pero sobresalen estructuras mayores por su extensión. Se puede distinguir tres grupos que son: veta Tres Reyes, vetas Alta-Baja y vetas Marion Marciano. Así salen con dirección más o menos EW, con forma inflexurosa hacia direcciones NW y SW.

Las fracturas de menor extensión, son numerosas y con orientaciones variadas. Se notan algunas de dirección ondulosa relacionada a las estructuras mayores que parecen estructuras de tensión tal como los afloramientos en superficie del acceso a Marion.

A nivel de micro-fracturación, se encuentran varias orientaciones, ciertas de ellas correspondientes al diaclasamiento de las lavas.

Parece que hubo no más de una sola etapa de fracturamiento importante, los movimientos post minerales son menores.

En Orcopampa, (fig. 11) las fracturas están orientadas WSW-ENE y (SW-NE) y presentan buzamientos en direcciones opuestas, dando en corte una estructura en "Horst" (Arenas, 1974). Se conocen desplazamientos normales de un centenar de metros de amplitud; pero la interpretación es más complicada, porque hubo también desplazamientos según el rumbo "dicrochement" sincrónicos de la mineralización. Así también la inflexión que presenta la veta "Manto" viene de la conexión de una falla que se pega al techo, con trazas mecánicas de desplazamiento pocas inclinadas (15°).

En Suckuytambo, (fig. 12) tenemos dos fracturas de mayor extensión (fractura Carmen o Chila) que muestran desplazamientos en "dicrochement" según el rumbo, y entre ellas fracturas menos extensas. Esas fracturas corresponden a estructuras de tensión; presentan una orientación ondular, una potencia generalmente débil y variable de 20 a 100 cm además están asociadas con grietas tensionales. El patrón de fracturación y las observaciones microtectónicas muestran que el campo filoniano se produjo bajo la influencia de una compresión horizontal EW.

No sobresale una dirección única para las vetas de esos yacimientos; pero si debemos subrayar que las direcciones NW-SW o NW-SE son mecánicamente equivalentes,

en relación con una compresión E-W de la cual se nota la acción en la creación de estructuras quebrantes para todos esos yacimientos.

3.4 Características mayores del relleno filoniano

34.1 Las gangas

Del estudio comparativo de varias minas e indicios, se deduce que existen tres componentes principales que son: el cuarzo, la calcita y la rodocrosita. Se nota también la rodonita, la baritina, la ankerita, la dolomita; otras especies son todavía menos abundantes tal como la fluorita, que nos fué indicada en Arcata (Com. J. Espinoza).

El cuarzo presenta varios aspectos: existe sílice, bajo forma de jaspe. Se observa una silicificación más y más intensa de la roca, desde el borde de la caja; la textura cristalina primaria queda a modo de reliquia o desaparece completamente. Se obtiene un jaspe en los colores grises y verdosos, que pueden constituir el cuarzo I, de las etapas de la mineralización.

Otro tipo de cuarzo es blanco lechoso, masivo; forma el cemento entre fragmentos de roca de caja y rellena gran parte en ciertas vetas (cuarzo II).

Un tercer tipo de cuarzo de tendencia transparente con figuras de crecimiento; aparece en asociación con los sulfuros y constituye parte de los bandeamiento. A veces acaba de rellenar las geodas y microgeodas que están en las vetas, (cuarzo III).

Cuarzo violáceo, cuarzo amatista, existen en cantidades menores; generalmente son tardías; ocupan la parte central de la veta pero igualmente la recortan y rellenan vetillas hasta en la roca de caja, (cuarzo IV).

Esta distinción del cuarzo en cuatro grupos es algo que sumarisa las observaciones; es cierto que en cada yacimiento o cada veta de un mismo yacimiento, se pueden hacer distinciones más completas. Por ejemplo, en San Juan de Lucanas, la sílice forma también calcedonias bandeadas, mezcladas con óxidos de fierro.

Un pequeño lote de muestras de cuarzo* procedentes de varias minas e indicios fueron probadas por medio de termoluminiscencia; aparece que los cuarzos "tardíos", es decir, los que son posteriores a la (o a las) fases con mayores contenidos en sulfuros son poco termoluminiscentes (cuarzo IV de la relación anterior).

En cambio, los cuarzos ligados a los sulfuros, que aparecen en asociación con tetraedrita, sulfosales de plata y (a veces) rodocrosita, tienen una curva característica en termoluminiscencia natural (TLN) con un pico ancho, debido a la unión de dos máximos; en termoluminiscencia artificial (TLA) muestran una emisión de baja temperatura que se produce alrededor de 80°C y la emisión de más alta temperatura disminuye de modo escalonado con picos entre 200 y 350°C.

* 18 pruebas realizadas en el laboratorio de la Universidad de Niza, Francia.

MINERALIZACION ARGENTIFERA

La calcita como componente de la ganga asociada a los sulfosales se presenta en grandes playas debilitándose según el romboedro de ex-foliación, a veces, tiene aspecto de azúcar. También en las fases tardías se depositó calcita con cristales geódicos.

Las rodocrosita ocurre en formas bandeadas o escarapelas, de color rosado; se altera muy fácilmente al aire, poniéndole pulverulento, de color marrón y con óxidos negros de manganeso.

Se nota una variación entre las proporciones de cuarzo, rodocrosita y calcita, a lo largo de una misma veta. Particularmente en Arcata, se ve el fenómeno en la veta Marciano, donde la ganga es completamente calcítica en la parte Este.

En Cailloma, Stephan, 1972, estudió cómo la ganga cambia a carbonatada hacia la parte NE del yacimiento.

34.2 Contenido metálico

Las paragénesis contienen muchas especies; las más frecuentes son: pirita, arsenopirita, galena, esfalerita, calcopirita, cobres gris argentíferos: tetraedrita, freibergita; minerales de plata: polibasita, estefanita, pirargirita, miargirita, argentita, plata nativa. La estibina está presente en todos los yacimientos (salvo en San Juan de Lucanas?) generalmente es más tardía que las fases principales con los demás sulfuros.

En Orcopampa, la fase mineralizada principal (f3) muestra a la tetraedrita como mineral más abundante (veta Manto), contiene faculas orientales de galena o playas redondas de calcopirita asociada a la tetraedrita; a menudo, el contacto de la playa de galena que bordean la tetraedrita se nota la polibasita (escasa). La esfalerita poco abundante, está periférica a la tetraedrita y vecina de la galena.

La mineralización de Orcopampa, se caracteriza por la gran abundancia de la tetraedrita argentífera en relación con las sulfosales de plata que son muy poco abundantes.

El Arcata es característica la abundancia de minerales de plata roja. Examen de secciones pulidas de la Veta Baja muestran: que la pirita es abundante en cristales automorfos con bordes corroídos; frecuentemente está reemplazada por la esfalerita, la esfalerita contiene numerosas exsoluciones de calcopirita. La galena es menos abundante que la esfalerita que la reemplaza; la galena puede contener playas de tetraedrita asociada con calcopirita y mirmekitas de pirargirita. También se nota, que la galena está a veces, reemplazada por la pirargirita, asociada a la calcopirita que es relativamente abundante como también la tetraedrita.

La estefanita se localiza al contacto de la pirargirita, a veces con plata nativa; existen también la polibasita cerca o en contacto de las playas de calcopirita.

Se nota de modo escaso, algunos puntos de miargirita en la pirargirita. Los minerales de plata roja se localizan con abundancia en donde está microtectonizada la galena.

M. FORNARI Y C. VILCA

En las vetas Marion-Marciano se determinó la sucesión: pirita, arsenopirita, galena, esfalerita, tetraedrita, calcopirita, polibasita, miargirita, pirargirita, estefanita, argentita - plata nativa.

En Cailloma, la paragénesis ha sido descrita por Stephan, 1972, quien señala tres períodos de formación de los minerales y nota que el segundo es el más importante, con la deposición de calcopirita, blenda, galena y tetraedrita, seguidos por los minerales de plata con ganga calcítica.

En los yacimientos se recupera también oro, en general con relación Au/Ag de 0,01 o más por Suckuytambo y San Juan de Lucanas; se puede pensar que el oro está en parte incluido en la pirita (y arsenopirita).

34.3 Las texturas

El relleno de las vetas presenta tres tipos de texturas principales: (ver tabla foto)

- Textura brechosa donde los fragmentos de roca de caja están cementados por cuarzo; la pirita forma granos diseminados o pequeñas agrupaciones con los demás sulfuros. También cuando hubo movimientos sincrónicos de la deposición, la brecha incluyó fragmentos de la mineralización depositada anteriormente.
- Textura brechosa, se trata de alternancia de cuarzo, rodocrosita, sulfuros, calcita y a veces, rodonita. El porcentaje de los varios componentes y el espesor de cada banda varía de algunos milímetros hasta más de 10 cm. En las partes anchas de las vetas, el relleno puede ser bandeado sobre más de 2 metros de ancho; a veces, el bandeamiento está interrumpido debido a que hubo varias etapas de descarga de las soluciones mineralizadas. También a pequeña escala, el bandeamiento rítmico está interrumpido por "micro-corrosión".
- Textura escarpela, su modo de generación indica que hubo ciertos movimientos sincrónicos al depósito de las soluciones mineralizadas, ya que fragmentos de roca de caja, gangas y sulfuros ya depositados, sirven de núcleo para el crecimiento de minerales ulteriores. También, en ciertos casos, es resultado de un modo de deposición bandeada en forma muy contornada.

34.4 Etapas de mineralización

Toda la mineralización, se colocó en un tiempo relativamente breve; en general, cuando se distinguen varias etapas de deposición, están separadas por interruptores o fracturamiento intra vetas, pero no se encuentran datos indicando que las condiciones físico-químicas han variado mucho.

Podemos distinguir tres etapas en Arcata, cuatro o cinco en Orcopampa, tres en Cailloma, la segunda dividida en dos (Stephan, 1972).

MINERALIZACION ARGENTIFERA

Hay un decremento de las condiciones de temperatura de una etapa a la siguiente, a veces, con recubrimiento entre dos etapas.

La primera etapa corresponde a un campo mesotermal (350°C) con cuarzo, pirita (arsenopirita), después la mineralización pasa por mesotermal más bajo con los sulfuros de Pb, Zn, Cu y aún más bajo con sulfosales de Ag. Se acaba con la estibina (epitermal).

3.5 Alteraciones

El estudio de las alteraciones, sobresale el tema de este trabajo. Señalamos que en ciertos yacimientos, Arcata, Orcopampa, se produjo una alteración hipogena "Leaching" (removiendo principalmente la ganga con baritina, cuarzo, dolomita, sulfato de calcio, marcasita).

Las zonas de oxidación superficial, están bien desarrolladas en San Juan de Lucanas, Cailloma, Orcopampa; al revés, parece que fué limitada en Arcata, encontrándose por encima del nivel "O" de las vetas Marion-Marciano en unos 80 metros; y casi ausente por debajo de ese nivel.

4. EDADES

Los únicos datos geocronológicos a la fecha, han sido obtenidos en Orcopampa, por Noble (in Farar E., Noble D.C., 1976). Las formaciones volcánicas encajonantes a las vetas dan edades K/A de unos 19 M.A. Señala también una edad de 10.8 ± 0.2 para una toba riolítica que parece pertenecer a la misma serie, sin discordancia aparente.

Una toba riodacítica, post mineralización, fué fechada a 6.2 ± 0.1 . Se puede así pensar que la mineralización está comprendida entre 11 y 6 M.A. pero en el mismo artículo los autores señalan que esas edades son todavía problemáticas.

Si se toma en cuenta otras edades obtenidas en varias minas del Perú, se puede decir que la mineralización se colocó entre 14 y 6 M.A. es decir, a partir del Mioceno medio y antes del Plioceno, intervalo amplio que solo estudios en cada yacimiento podrán precisar más.

5. CONCLUSIONES

El estudio comparativo de las minas e indicios de la provincia argentífera de Puquio-Cailloma, permite confirmar unos rasgos característicos de esa mineralización; podemos subrayar los "controles" siguientes:

— Control petrográfico, las rocas encajonantes de la mineralización son volcanitas calco-alcalinas; las más importantes son andesíticas con promedio de Si O₂ de 57 a 63 o/o; su modo de emplazamiento, sea en coladas o en intrusivos sub-volcánicos (domos) es siempre relacionado con fenómenos dinámicos superficiales. Este control

M. FORNARI Y C. VILCA

petrográfico parece igualmente cronoestratigráfico, ya que las rocas encajonantes pertenecen al grupo Tacaza, y más precisamente a su parte superior; conclusión que resta confirmar por edades radiométricas.

— Control estructural, tiene suma importancia, pues las vetas están dentro de estructuras de la tectónica quebrante. Se trata de explicar el patrón de los campos filonianos, tomando en cuenta el rol de las fases tectónicas del Mioceno medio con acortamiento NS y del Mioceno terminal con acortamiento EW. A la escala de la veta, influyen las variaciones en dirección y buzamiento, en relación con la dirección de acortamiento para delimitar las zonas más favorables a una apertura y un relleno mas potente.

— Control mineralo-químico, se puede pensar que las lavas tienen influencia en la mineralización, por lo menos, en aumento a ciertos elementos (Ag, Mn). También existe una correlación positiva entre la presencia de minerales de plata y la ganga de carbonato de manganeso y de carbonato de calcio.

AGRADECIMIENTO

Para la realización de este trabajo de la acción conjunta INGEOMIN-ORSTOM, contamos con las facilidades que nos ofrecieron las compañías de Arcata, Buenaventura, Cailloma, Banco Minero y el Ing. Paul Julian.

REFERENCIAS

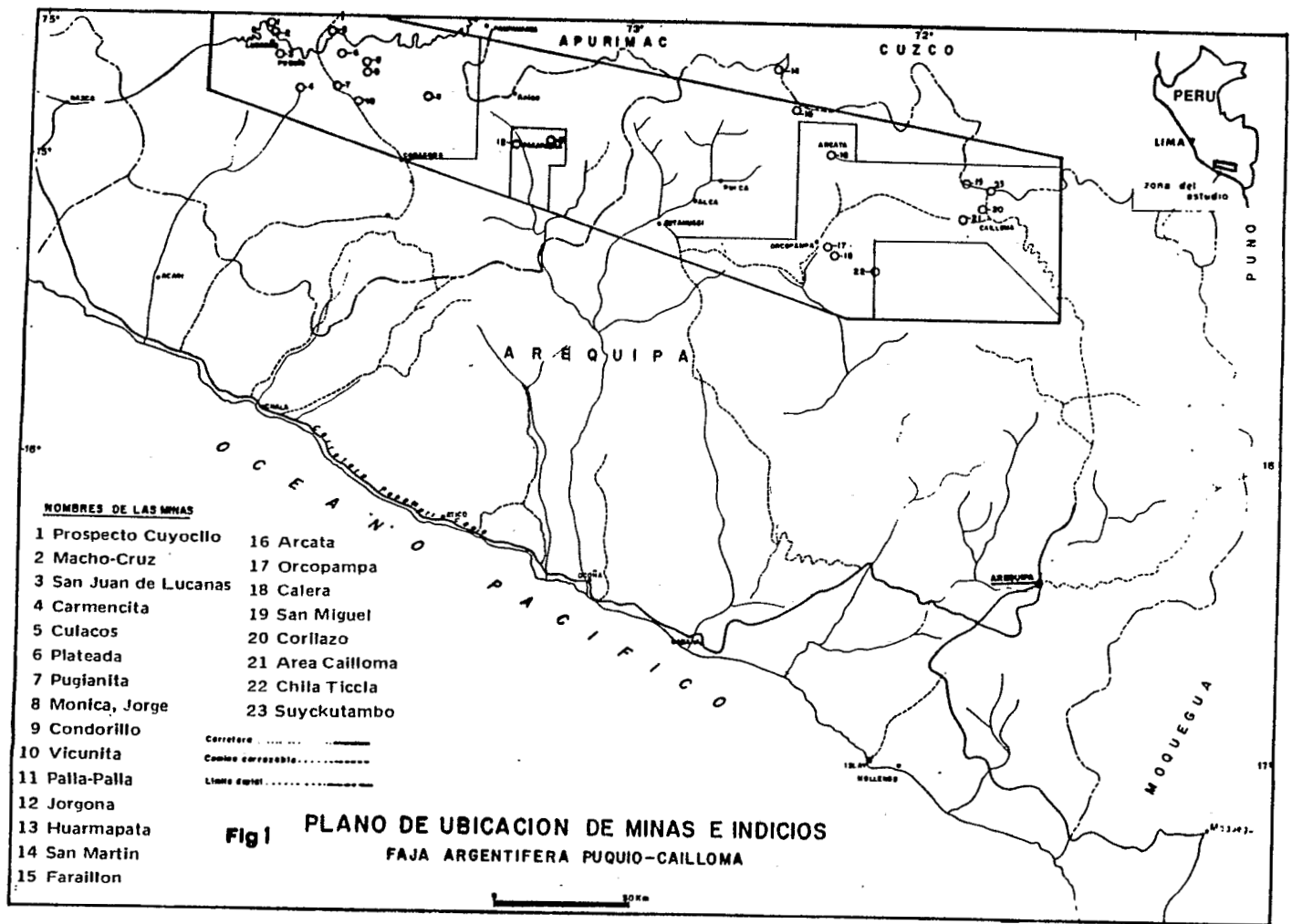
- ARENAS F.M. 1974: Geología de la Mina Orcopampa y alrededores, Arequipa. Tercer Congreso de Geología. Lima
- BELLON H., LEFEBRE C. 1976: Données géochronologiques sur le volcanisme andin dans le Sud Du Pérou. Implications volcano-tectoniques. C.R.Acad. Sc. Paris. t. 283, serie D, p. 1—4.
- FARRAR E., NOBLE D.C. 1976: Timing of late tertiary deformation in the Andes of Perú, Geological Soc. of America. Bul. v.87, p. 1247—1250.
- GILL J.B. 1970: Geochemistry of Viti Levu, Fiji and its evolution as an island arc. Contr. Mineral. and Petrol. 27, p. 179—203.
- JAMES D.E., BROOKS C., CUYUBAMBA A. 1976: Andean cenozoic volcanism Magma genesis in the light of strontium isotopic composition and trace-element geochemistry. Geological Soc. of America. Bull. v.87, p.592—600.
- KUNO H. 1959: Origin of cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas. Bull. Volcanol. 20, p. 37—76
- LAUGHLIN A.W., DAMON P.E., WATSON B.N. 1968: Potassium-Argon datas from Toquepala and Michiquillay, Peru, Econ. Geology, v.63, p.166—168.
- LEFEBRE C. 1973: Les caracteres magmatiques du volcanisme plioquaternaire des Andes dans le Sud du Pérou. Contr. Mineral. and Petrol. 41, p.258—272
- MAROCCO R., del PINO M. 1966: Geología del cuadrángulo de Ichuña, Bol. No. 14 editado por la Comisión de la Carta Geológica Nacional. Lima.
- NEWELL N.D. 1949: Geology of lake Titicaca region. Geological Soc. of America. Memoir 36
- pichler y Col. 1969, se refiere a:

MINERALIZACION ARGENTIFERA

- PICHLER H., ZEIL. 1969: Die quartäre "andesit" formation in der Hoch Kordillere Nord-Chiles. Geol. Rundschau 58, p. 866-903
- EL-HINNAWI, PICHLER H., ZEIL W., 1969: Trace elements distribution in Chilean ignimbrites. Contr. Mineral. and Petrol. 24, p.50-62
- SIEGERS A., PICHLER H., ZEIL W., 1969: Trace element abundances in the "Andesite" Formation of Northern Chile. Geochim. Cosmochim. Acta, v. 33, p.882-887.
- STEPHAN S. 1972: Genese der subvulkanischen Silberzunge von Caylloma in Peru und die durch diese Genese bedingten bergbaulichen Nutzungsmerkmale. Tesis Universität Clausthal.
- TAYLOR S.R. 1968: Geochemistry of andesites. in Ahrens L.H. Ed., Origin and distribution of the elements, p. 559-583. New York, Pergamon Press.
- VINOGRADOV A.P. 1962: Average contents of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the earth's crust. Geochemistry 7, p.649-664

CUADRO No. 1

Valores en ppm	Mn	Ti	Ba	Sr	V	Cr	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Ag	
Gr. I. Barroso (11 muestras)	727	5062	847	548	107	23	36	28	18	21	133	0,06	
Gr. II Sencca (Huaylillas) (13 muestras)	396	2456	583	244	59	18	33	19	12	73	57	0,25	
Gr. III. Tacaza (31 muestras)	844	4161	883	437	110	31	26	30	39	46	111	1,55	
Gr. IV. Tacaza Vetas (15 muestras)	—	—	2171	840	58	276	24	39	339	984	3571	326	
Andesitas Pacíficas, Taylor	1200	4200		385		56	24	18	54				
Vinogradov	intermediarios	1200	8000	650	800	100	56	20	55	35	20	72	0,07
	graníticos	600	2300	830	300	40	25	5	8	30	15	60	0,05
Andesitas Norte Chile (Pichler y Col)	752	5630		800		90	22	50	47				
James y Col.	Barroso			605									
	Arequipa Volcanics			705									
	Sencca, Huaylillas			220									



MINERALIZACION ARGENTIFERA

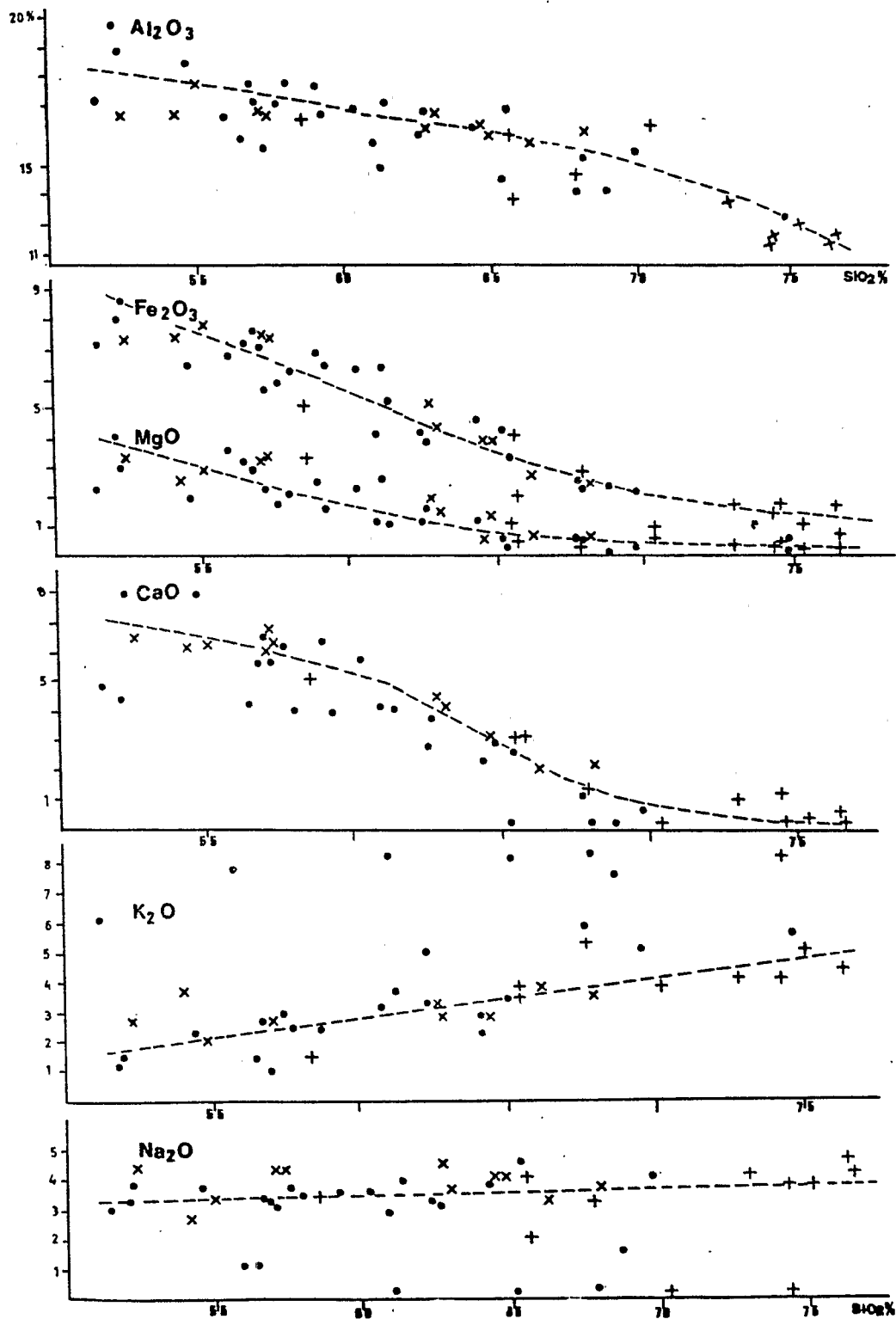


FIG.2 REPARTICION DE LAS LEYES EN ELEMENTOS MAYORES EN RELACION CON LA SILICE
 • Tacaza, × Seneca, + Barroso

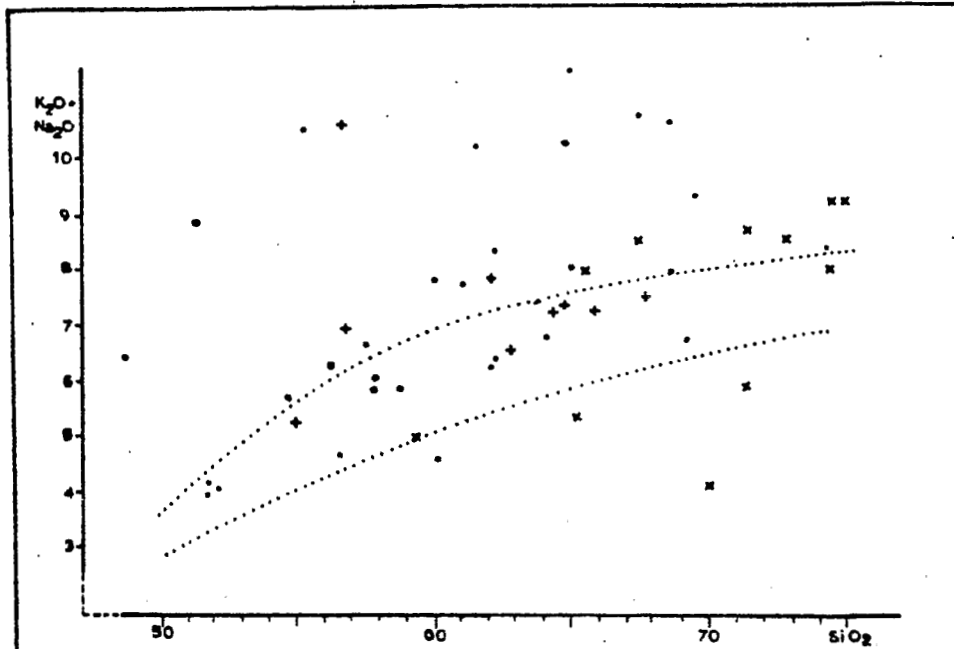


Fig 4 Repartición de los alcalinos $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ en relación con la sílice
 • Tacaza, x Senca, + Barroso, Campos de las series toleíticas, calcoalcalinas
 y alcalina, Según: KUNO - 1959

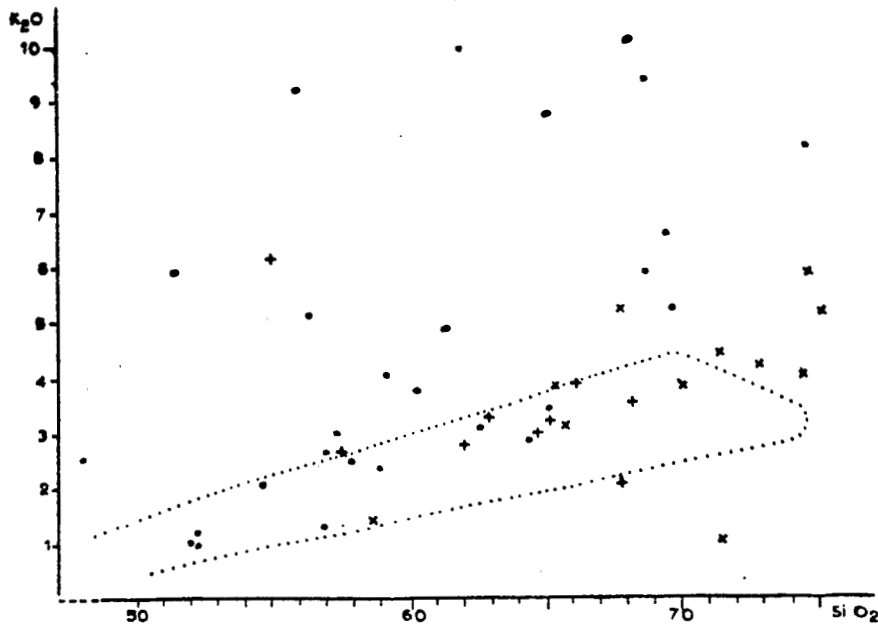


Fig 3 Repartición del potasio en relación con la sílice
 • Tacaza, x Senca, + Barroso, Zona de la serie calco- alcalina, según: G/LL-1970

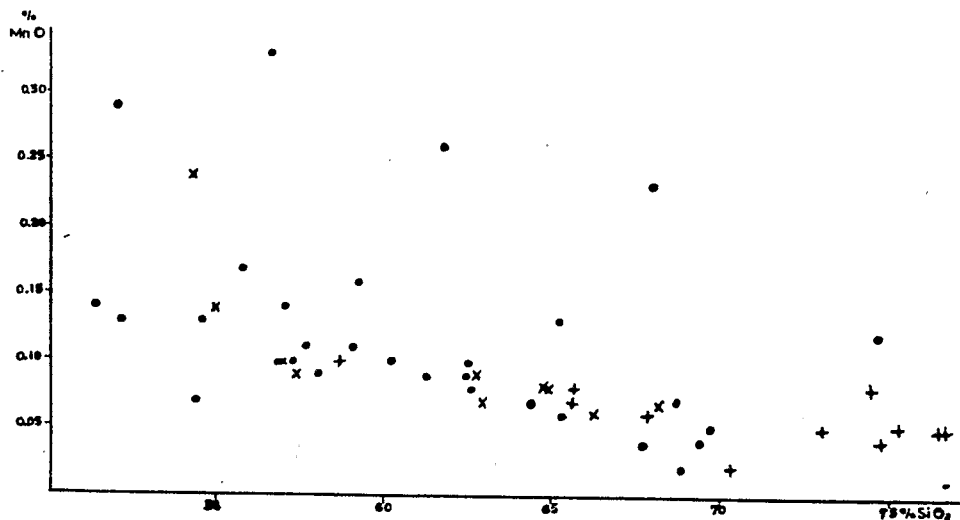


Fig 5 REPARTICION DEL MANGANESO EN RELACION CON LA SILICE
● TACAZA, + SENCA, x BARROSO.

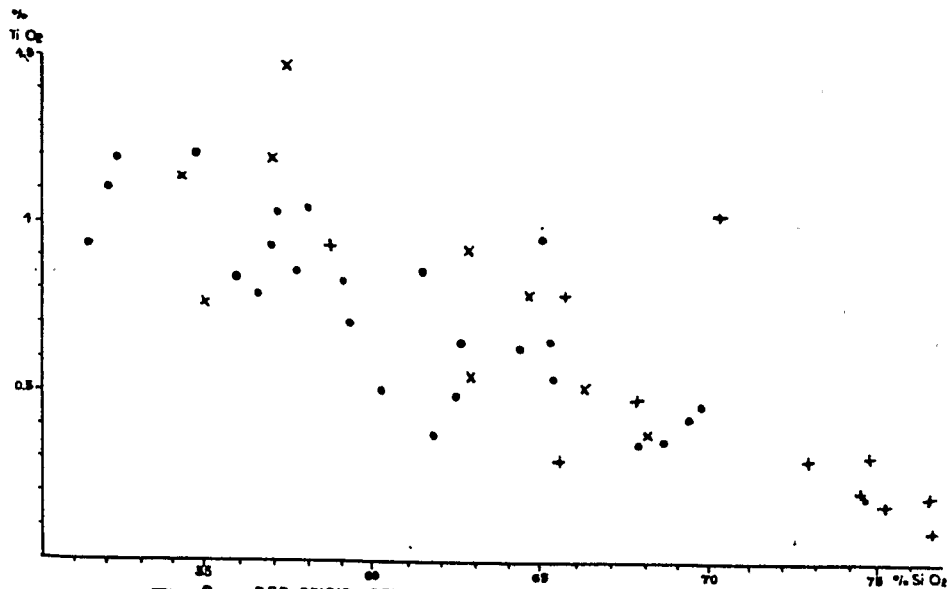


Fig 6 REPARTICION DEL TITANIO EN RELACION CON LA SILICE
● TACAZA, + SENCA, x BARROSO

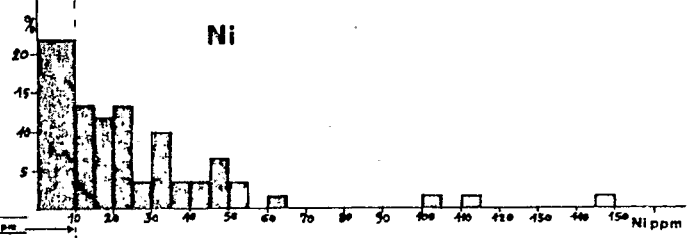
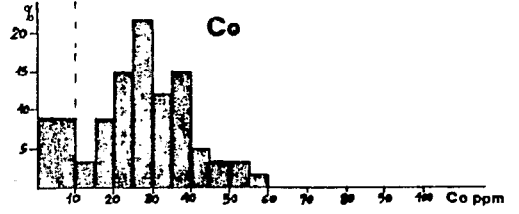
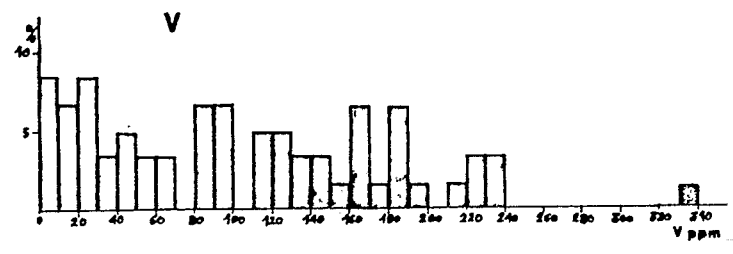
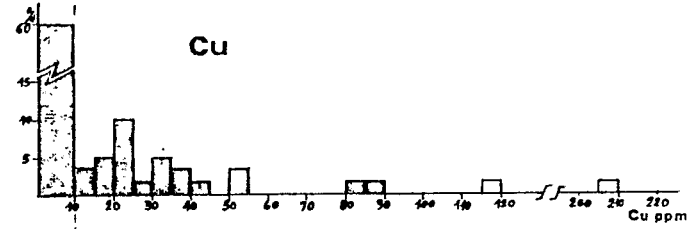
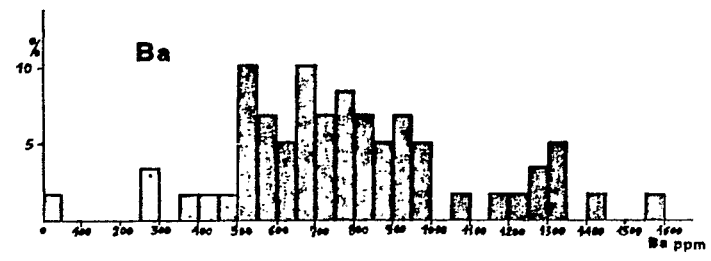
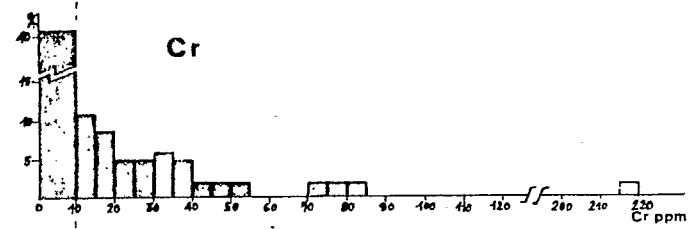
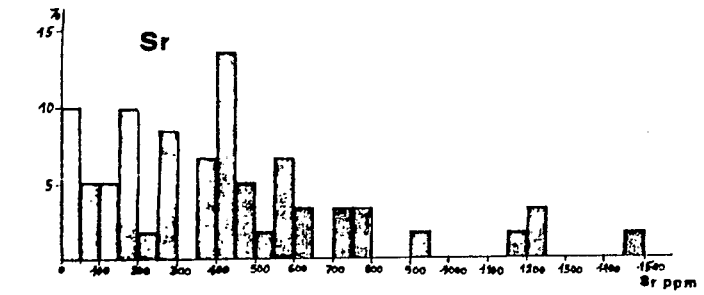


Fig 7 DIAGRAMAS DE FRECUENCIA DE LAS LEYES EN ELEMENTOS TRAZAS
 HISTOGRAMMES DES FREQUENCES DES TENEURS EN ELEMENTS TRACES

LIMITE DE DETECCION: 10 ppm

MINERALIZACION ARGENTIFERA

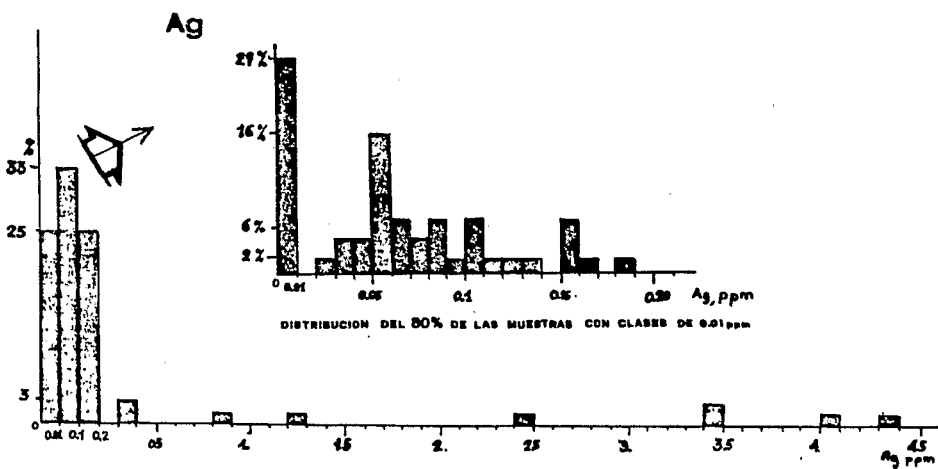
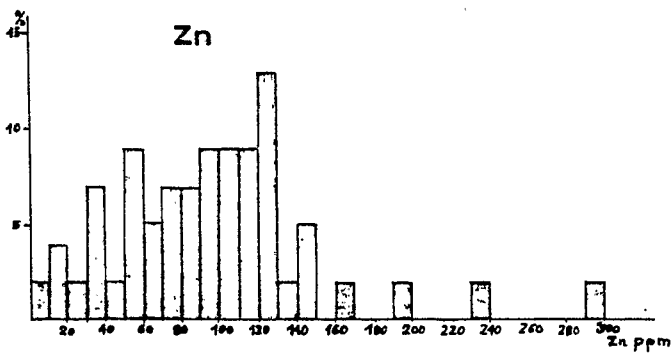
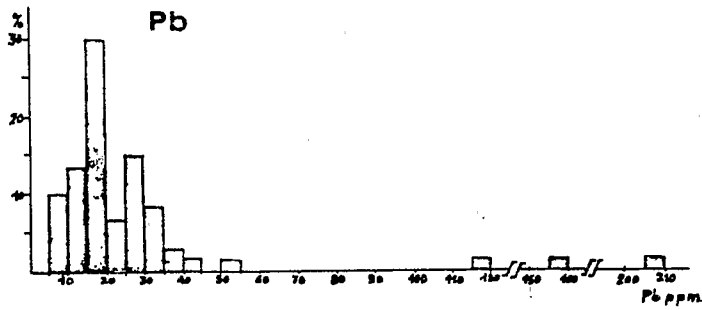
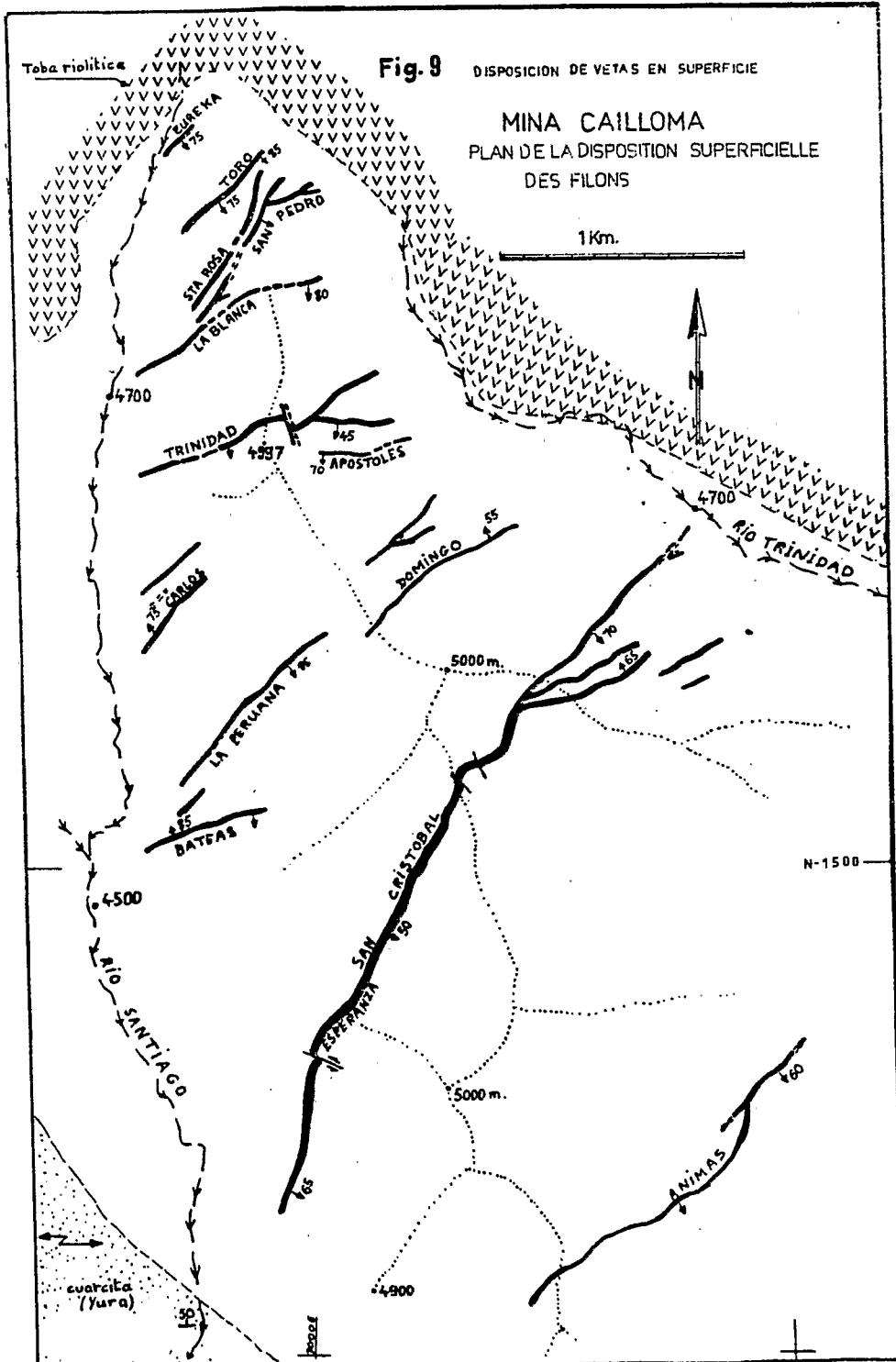


Fig 8 DIAGRAMAS DE FRECUENCIA DE LAS LEYES EN ELEMENTOS TRAZAS



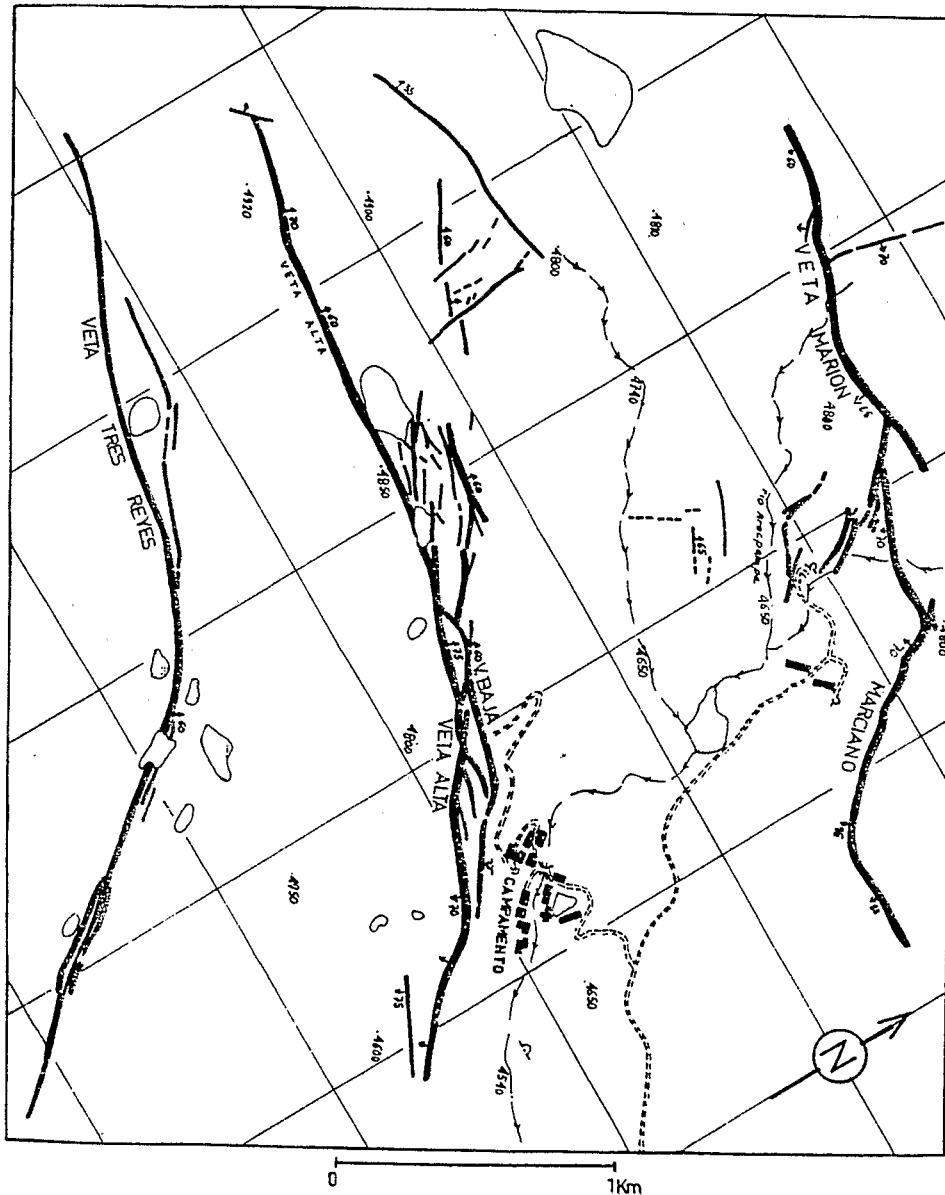


Fig. 10 - SISTEMAS DE VETAS AFLORANTES EN LA MINA ARCATA.

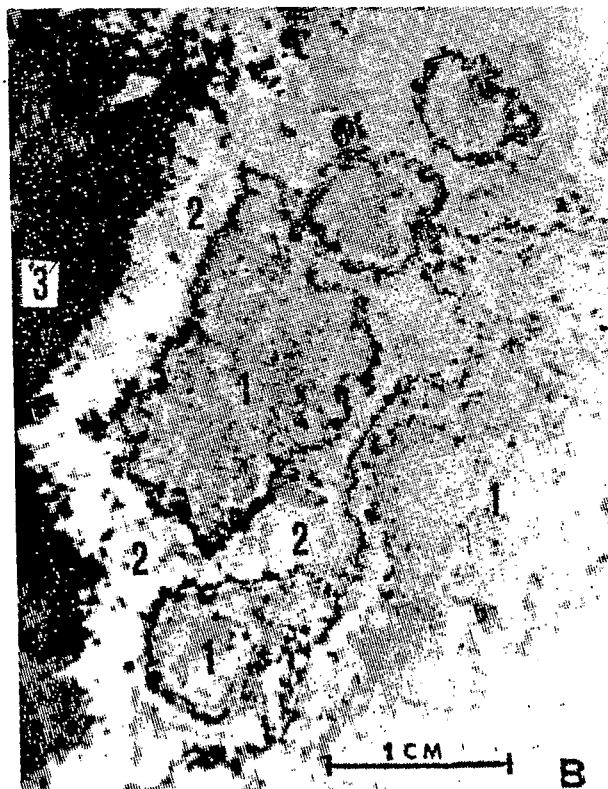
○ : Lagunas

Tabla fotográfica TEXTURAS



A TEXTURA BRECHOSA

1. fragmentos de andesita alterada con cuarzo, carbonatos y sulfuros.
2. cuarzo (ametista) tardío.



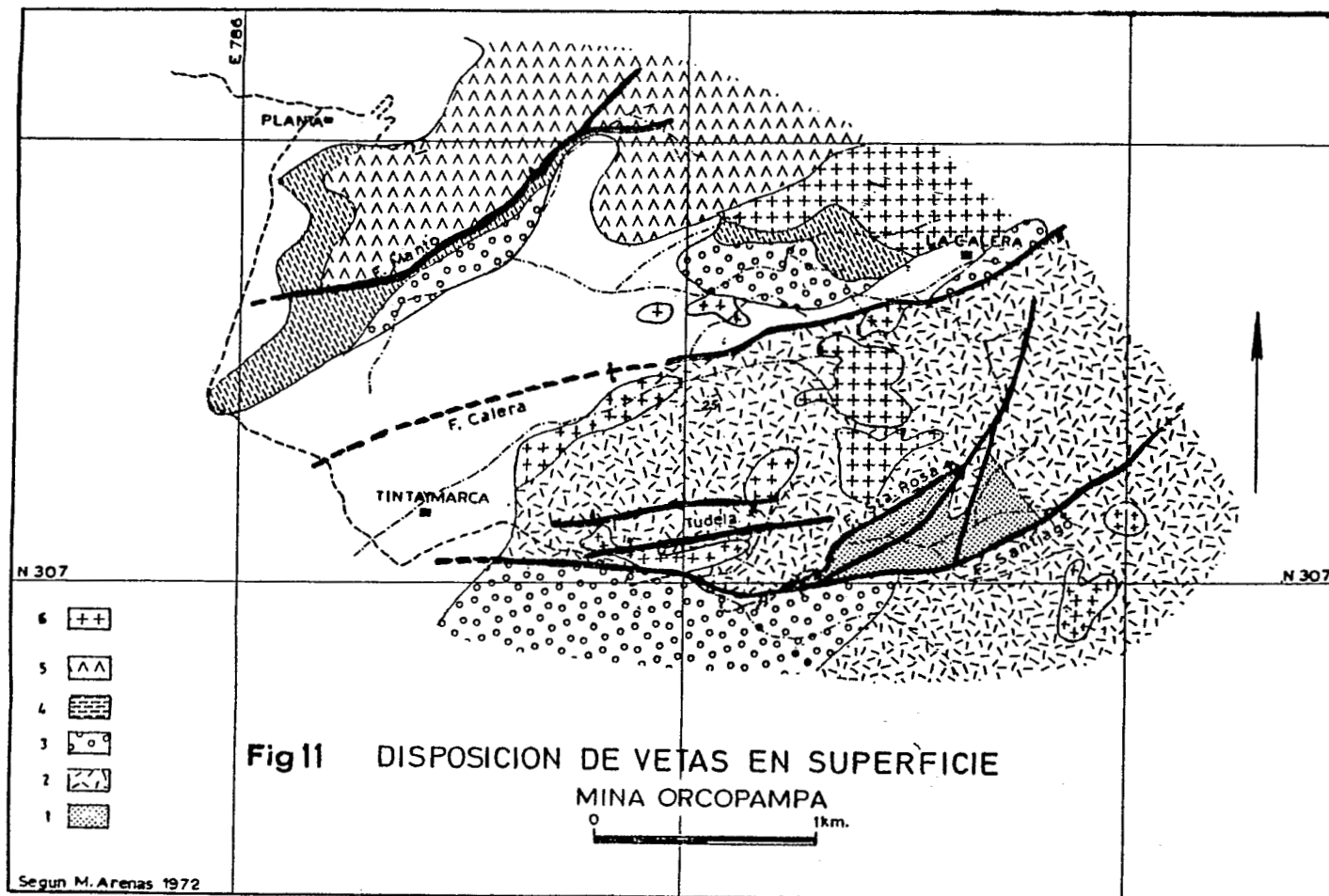
B TEXTURA ESCARAPELA

1. mezcla de cuarzo y rodocrosita rodeada por tetraedrita.
2. repetición de cuarzo y rodocrosita con manchitas de tetraedrita seguir por
3. tetraedrita en grandes playas.



C TEXTURA BANDEADA

1. silicificación y piritización de la andesita encajonante seguida por su fracturación
2. relleno, depósito con estructuras coliformes, mezcla de rodocrosita cuarzo y sulfuros: Pi, Cpi, Ga, Esf Fase rítmica con "micro corrosión".



**Fig II DISPOSICION DE VETAS EN SUPERFICIE
MINA ORCOPAMPA**

1 TUFO PISACA. 2 BRECHAS TUDELA - STA. ROSA. 3 TUFO MANTO. 4 VOLCANICOS SUB-ACUOSOS,
5 DACITA MANTO. 6 INTRUSIVO SARPANE.

MINERALIZACION ARGENTIFERA

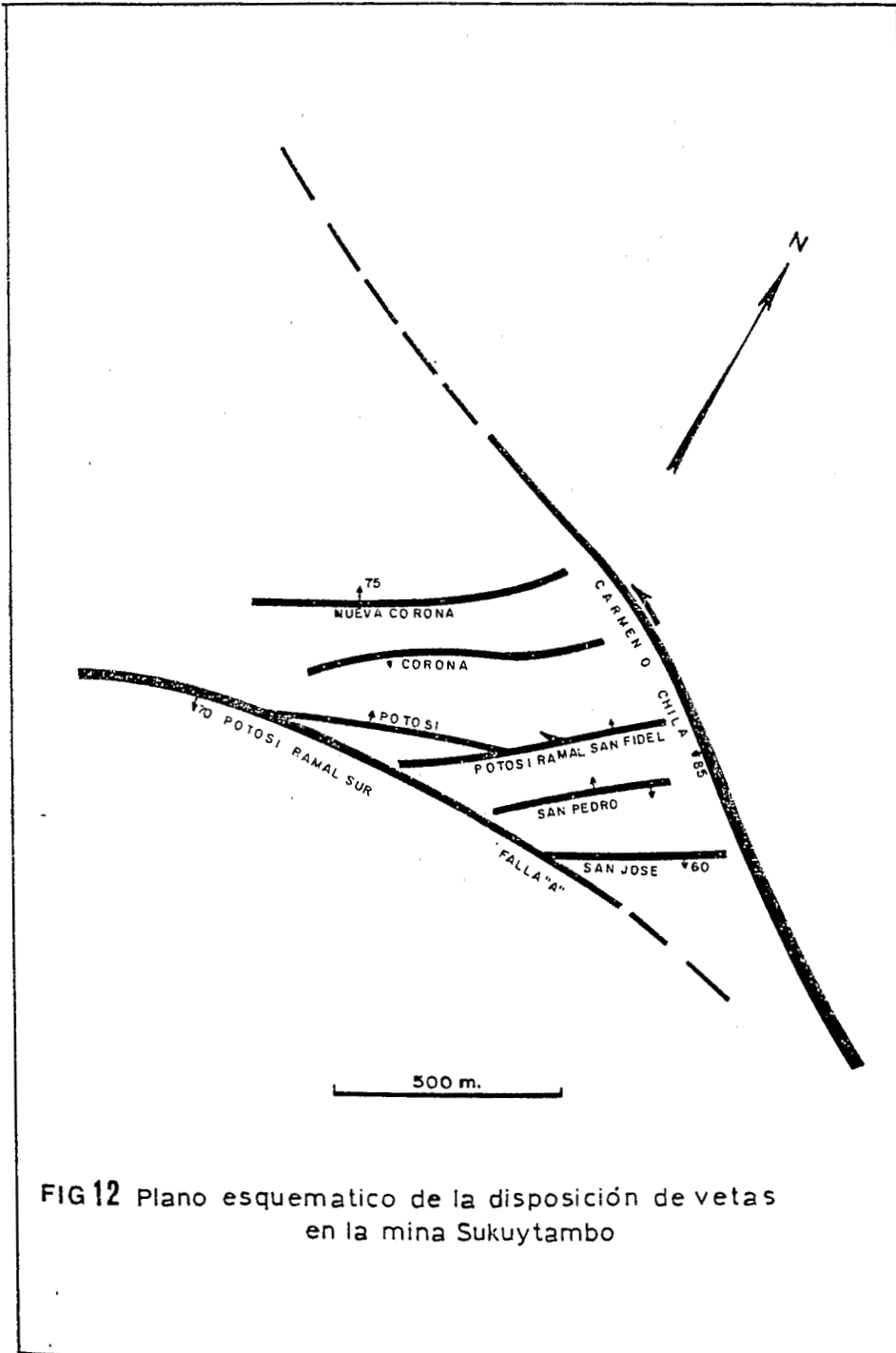


FIG 12 Plano esquematico de la disposición de vetas en la mina Sukuytambo

