

por ver de Ho

EL YACIMIENTO ESTRATOLIGADO (Pb-Zn-Cu-Ag) DE HUANZALA (HUANUCO PERU CENTRAL): DISCUSION GENETICA

R. Carrascal (1) - J. Saez (1) - P. Soler (2)

RESUMEN

Los cuerpos mineralizados (Zn, Pb, Cu, Ag) de la mina Huanzalá (Distrito de Huallanca, Provincia Dos de Mayo, Departamento de Huánuco) se hallan como lentes estratoligados dentro de las calizas y lutitas de la parte superior de la formación Santa (Valanginiense superior). Los lentes mineralizados, ubicado en el flanco W inverso de un anticlinal, han sido cortados y desplazados por un sistema de fallas inversas, aquellas que no afectan a los diques pórfido-granodioríticos espacialmente asociados a las mineralizaciones.

Las menas de Pb-Zn son de tres tipos: en ganga de pirita, principalmente en la parte norte del yacimiento (Recuerdo), en ganga de silicatos cálcicos (mineral "skarn") y en ganga de caolín (mineral "shiroji") en Huanzalá mismo. Una esfalerita roja (rica en Fe, sin inclusiones de calcopirita) se encuentra con los dos primeros tipos ("pirita" y "skarn") mientras que una esfalerita negra (pobre en Fe, con numerosas inclusiones microscópicas de calcopirita) está asociada al tipo "shiroji". A menudo se observa "ritmitas" de esfalerita y pirita.

Los tipos "shiroji" y "skarn" se encuentran alternativamente en los mantos de Huanzalá ("shiroji" en los mantos 1 y 3, "skarn" en los mantos 2 y 4 respectivamente), lo que implica un modo recurrente para la formación del yacimiento. No se observa un zonamiento vertical.

Se considera que los cuerpos mineralizados de Huanzalá son de tipo "Sedentario-Hidrotermal", formados durante la sedimentación y/o la diagénesis precoz en una cuenca de ambiente reductor cerca del borde Este de la cuenca "Santa", las soluciones hidrotermales siendo productos de actividad volcánica contemporánea.

INTRODUCCION

El yacimiento de Zn-Pb-Ag-(Cu) de Huanzalá, explotado desde 1964 por la compañía Minera Santa Luisa S.A. (subsidiaria de la Mitsui Mining Co., de Japón), se ubica en el distrito de Huallanca, provincia de Dos de Mayo, departamento de Huánuco.

Dentro de los yacimientos polimetálicos de los Andes del Perú Central, se trata de un yacimiento de regular tamaño y de altas leyes (reservas del orden de 4'000,000 Tn. con 0.10o/o Cu, 5o/o Pb, 12.5o/o Zn y 3.5 onz/tn Ag aproximadamente; potencial mucho más importante)

En el presente trabajo no se pretende dar una descripción exhaustiva del yacimiento, que ha sido ya objeto de varias publicaciones: Horita, Oikawa y Tagami (1973), Mendoza (1976), Sato & Saito (1977), Fukahori, Aikawa y Kawasaki (1980), Saito, Kawasaki, Aikawa y Hibi (1981), Samaniego (1981), Imai, Kawasaki, Yamaguchi y Takahashi (1983 por publicar), Tsuchiya et. al (1983).

(1) UNI. Dpto. Geología.

(2) ORSTOM La Mariscala 115 - Lima y Rue Bayard 75008 - París (Francia)

ORSTOM Fonds Documentaire

1
17 JUL. 1995

N° 41865 en 3

Cote : B

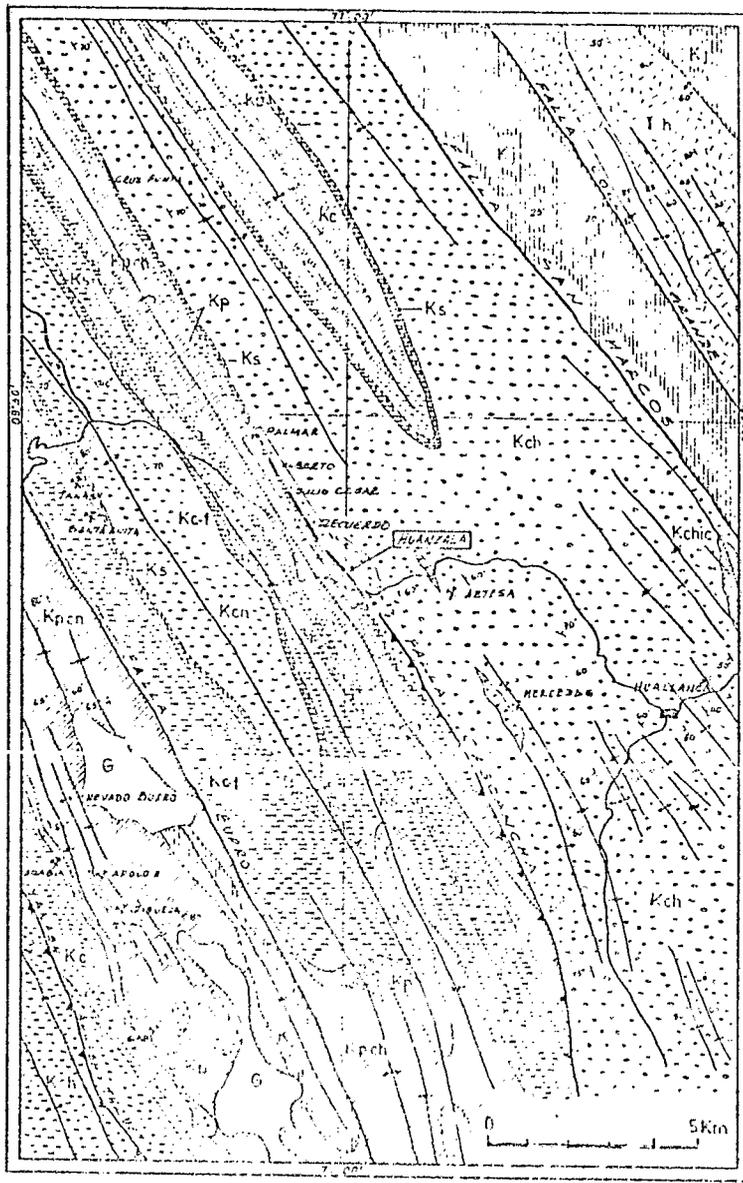


Fig 1. PLANO GEOLOGICO REGIONAL. (TRABAJO DE GRADUACION, 1960).

(MODIFICADO POR: F. CAJALAN, 1962).

LEYENDA

	Kp	Fin Pariahuanca		G	Glaciar
	Kc-f	Fin Cathuz-fenat			Intrusivo
	F5	Fin Santa		Tch	Fin Chota
	KCh	Fin Chiro		KJ	Fin Jumana
	KChL	Fin Chichina		EpCh	Fin Parlatino-Chulac

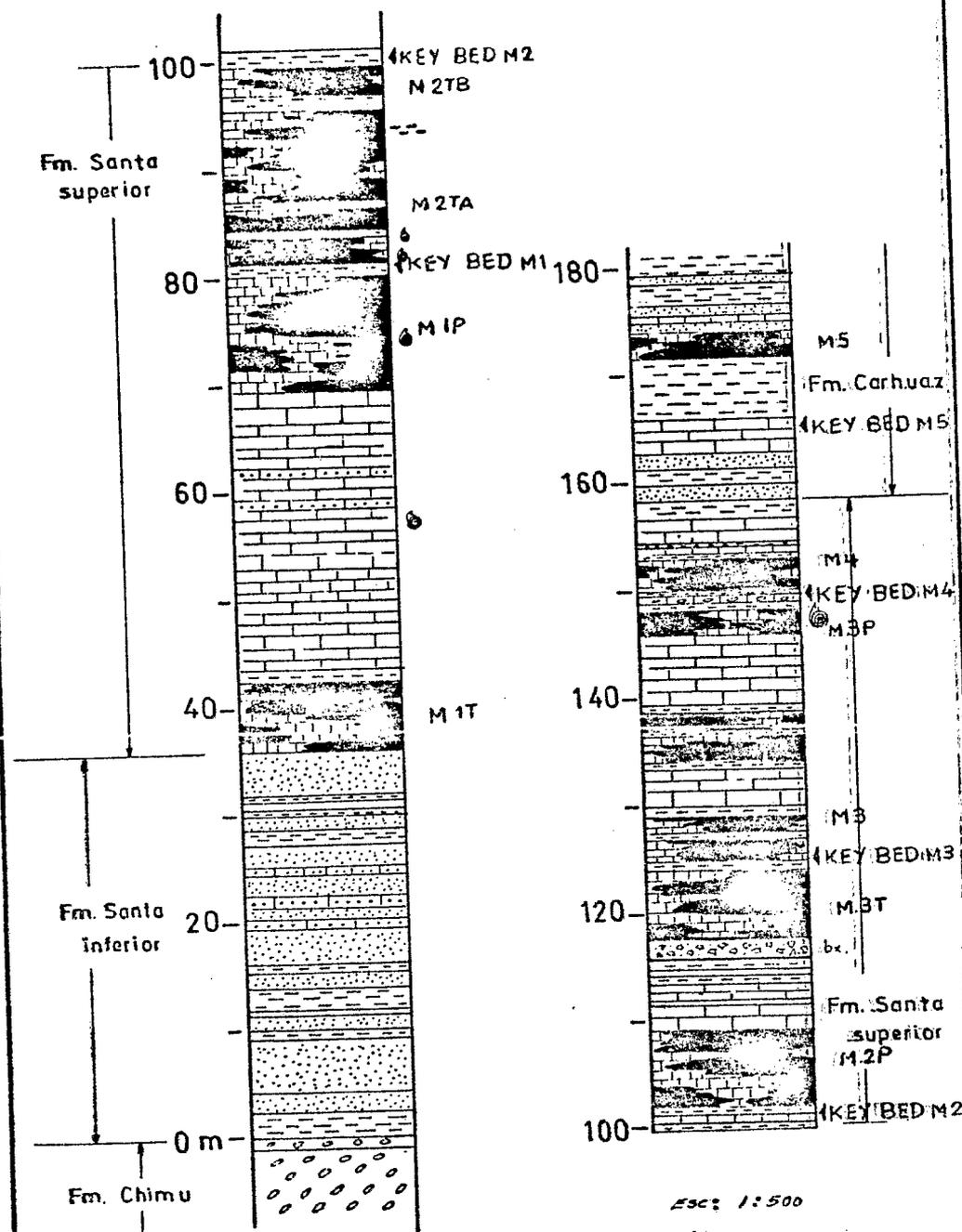


Fig 2.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA Fm. SANTA EN LA MINA HUANZALA.
 (R. CARRASCAL, 1983)

El yacimiento de Huanzalá es, geoméricamente, un yacimiento estratoligado dentro de las calizas y lutitas de la formación Santa (Valanginiano superior). Ha sido considerado por la mayoría de los autores como un yacimiento hidrotermal de reemplazamiento en forma de "mantos", genéticamente ligados a una intrusión granodiorítica del Mioceno. Otros autores (en particular, Samaniego 1981) consideran Huanzalá como un yacimiento estrictamente sin-genético, perteneciendo al "Metalotecto Santa".

A nuestro juicio, ninguno de los dos modelos propuestos refleja el conjunto de datos geológicos, geoquímicos y mineralógicos proporcionados por el estudio de Huanzalá.

En el presente trabajo, a partir de los trabajos arriba mencionados y de nuestras propias observaciones, pretendemos esbozar un modelo genético para el yacimiento de Huanzalá, que sea conforme a todos estos datos y observaciones, y levante las contradicciones que conllevan tanto el modelo epigenético hidrotermal como el modelo estrictamente sin-genético. El presente trabajo constituye un resumen sintético del trabajo de Tesis de Ingeniero de R. Carrascal (UNI - 1983).

El presente trabajo se presenta, voluntariamente, bajo una forma polémica; se seguirá el siguiente plan:

- Resumen de la geología de Huanzalá
- Argumentos en contra de un modelo epigenético hidrotermal
- Argumentos en contra de un modelo estrictamente sin-genético.
- Conclusión: el modelo "Sedimentario-Hidrotermal" propuesto.

A' RESUMEN DE LA GEOLOGIA DE HUANZALA

A.1 CUADRO GEOLOGICO

En la región aflora la secuencia sedimentaria mesozoica, que tiene como base la formación Chicama (Jurásico superior); suprayaciendo con ligera discordancia angular, se tiene la secuencia conformada por las formaciones "clásicas" del cretáceo medio y superior: CHIMU (Valanginiano inferior - medio; ortocuarcitas blancas a gris clara, con estratificación gruesa, cruzada, intercaladas con lutitas negras y carbón, corresponde a una formación deltaica); SANTA (Valanginiano superior, descrita en detalle más adelante); CARHUAZ (Hauteriviano - Barremiano; intercalaciones de areniscas, cuarcitas y lutitas grises); FARRAT (Aptiano; cuarcitas blancas a grises, en capas delgadas intercaladas con lutitas rojas); PARIAHUANCA (Albiano inferior; calizas grisáceas, intercaladas con areniscas calcáreas y lutitas), CHULEC (Albiano medio; calizas intercaladas con margas y lutitas calcáreas); PARIATAMBO (Albiano medio; margas, lutitas negras intercaladas con calizas fértidas y chert); JUMASHA (Albiano superior, calizas, dolomias grises, limolitas calcáreas); esta secuencia se halla infrayaciendo a los volcánicos Tsaca y Chota del Terciario medio, con pronunciada discordancia angular. Fig. 1

La secuencia se halla intensamente plegada, observándose anticlinales y sinclinales cerrados, presentando flancos inversos, cuyos ejes son N140-145 (dirección de compresión N50), asociados a fallas inversas. Esta deformación corresponde probablemente a la fase Incaica (fase a 40 MA).

En diversas áreas de la región, afloran rocas intrusivas en forma de stocks, diques-sill de composición granítico-granodiorítico; los cuales cortan y atraviezan la secuencia sedimentaria y son posteriores a las fases principales de deformación. El dique de granodiorita de Huanzala ha sido fechado en 7.7 a 9.2 MA, por Steward (1974).

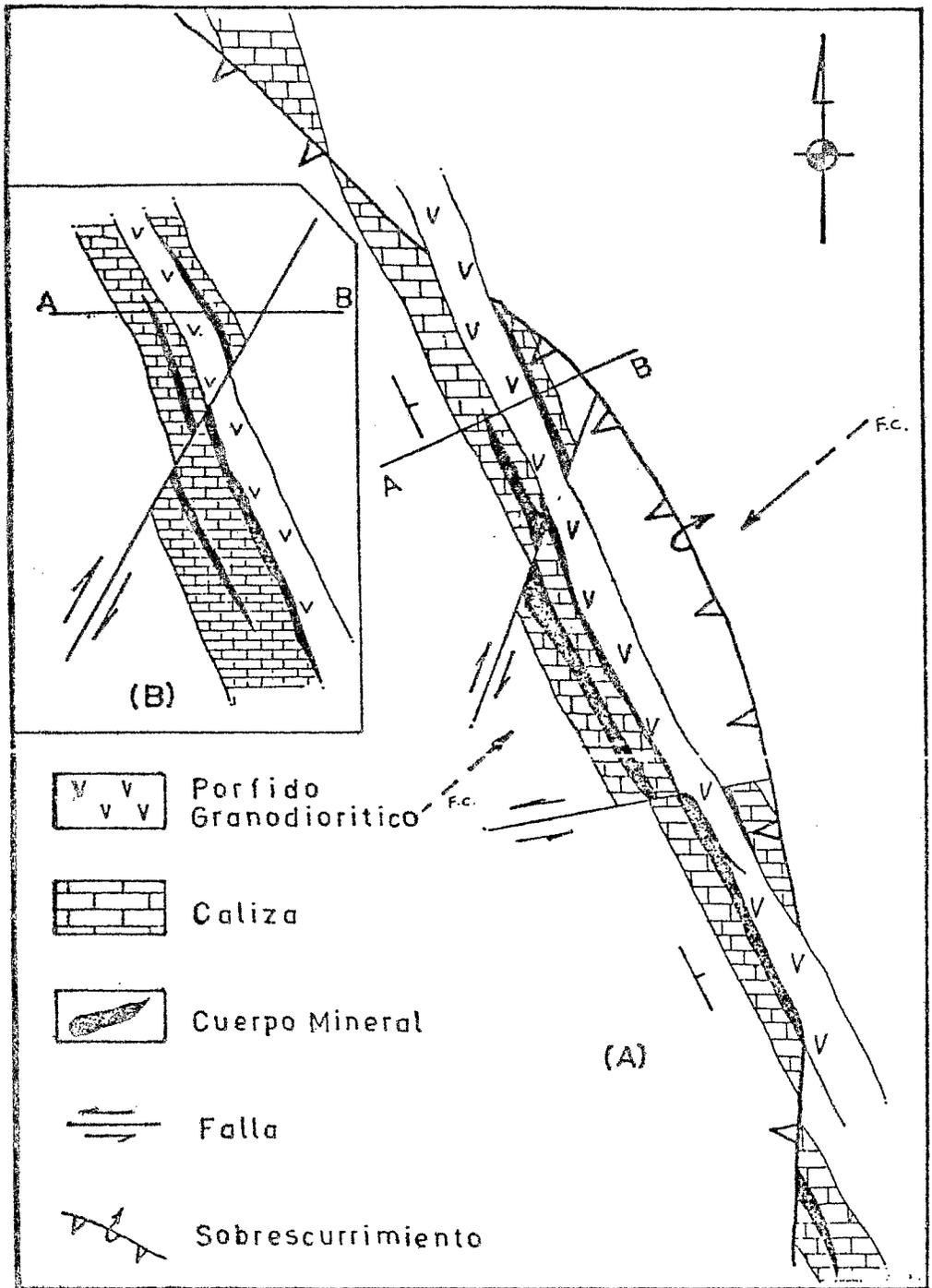


Fig 3.- ESQUEMA:
RELACION MINERALIZACION - TECTONICA - INTUSION - MINA IruANKALA.

(A) PLANTA. (B) SECCION. (ZAPACHEZ, 1962).

A.2 LA FORMACION SANTA EN HUANZALA

El contacto entre la formación Chimu y formación Santa es concordante. El límite fijarlo para el tope de la formación Chimu, corresponde al último banco de ortocuarcita, de 1 m. de espesor (de color blanco, sobre el cual descansan bancos de 0.5 m. de potencia de areniscas gris verdosas que conforman la base de la formación Santa.

Localmente la formación Santa se divide en dos miembros. Fig. 2

SANTA INFERIOR: (Potencia 30-40 m.)

Está constituido por areniscas gris-verdosas, en bancos de 0.5 a 1 m. de potencia, de grano medio presentando canales y laminaciones, encontrándose interestratificados con lutitas grises, de 0.3 m. de espesor. Estas areniscas gradualmente se hacen calcáreas, pasando a calcarenitas y calizas.

El límite fijado entre el Santa inferior y Santa superior no es preciso, sin embargo se ha tomado el último banco de arenisca calcárea gris-verdoso, de 4 m. de potencia como el tope del Santa inferior, sobre el cual descansan las calizas grises del Santa superior.

SANTA SUPERIOR: (Potencia 120 m.)

Aunque no se ha desarrollado un estudio estratigráfico y sedimentológico detallado de la formación Santa, en la zona de Huanzalá los cinco cortes estratigráficos del Santa (Carrascal, 1983); muestran que el Santa superior es bastante homogénea, siendo constituido por calizas negras en bancos de 0.5 a 1 m. de potencia, grano medio fino (mudstone), calizas bituminosas y fétidas, chert negro oscuro de 0.3 m. de espesor; dolomias, calcarenitas, calizas y fosilíferas en bancos de 0.5 m. de espesor, (conteniendo) abundantes gasterópodos; intercalados con lutitas grises en capas delgadas de 0.1 a 0.7 m. de espesor.

Se conoce un nivel de brecha sedimentaria, con cemento calcáreo, el cual engloba clastos subangulosos de calizas y chert negro oscuro; entrontrándose en forma concordante a la estratificación, con potencia de 2 a 3 m. y sirve como capa guía. Fig. 2.

En la zona de Huanzalá, las calizas del Santa superior son de aguas someras, con facies oolíticas tidales, con dolomitización (ambiente de plataforma interna); queda por hacer el estudio sedimentológico detallado.

Otra observación importante es la evidencia de vulcanismo, teniéndose dentro del paquete de calizas, calizas tufáceas reportados por Samaniego (1981), y en interior -mina niveles delgados de tufo alterados; en particular en la roca caja del manto - 3, intercalados con las calizas, reportado por Carrascal (1983) y posiblemente brechas volcánicas, éstas por estudiar en detalle todavía.

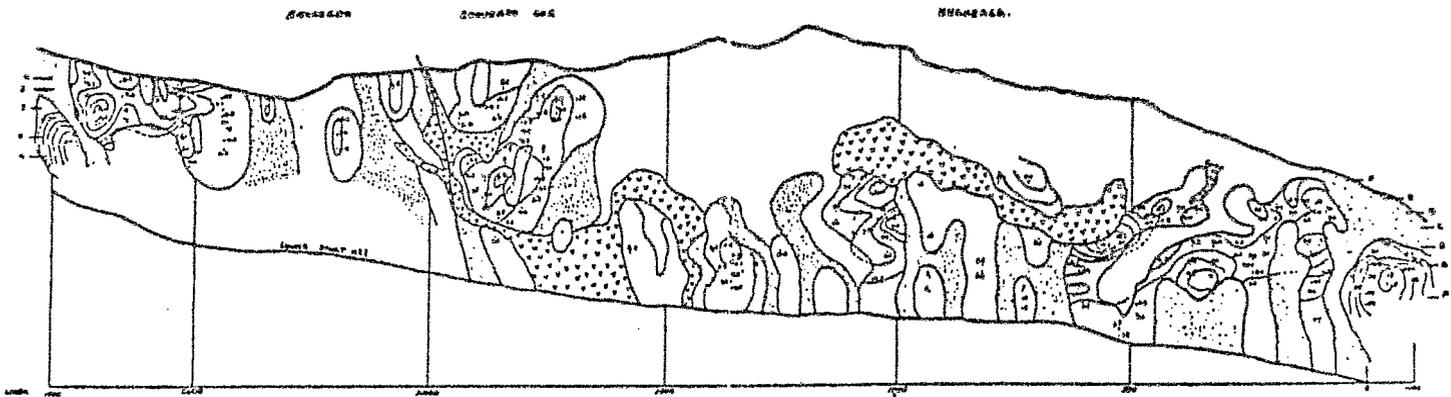
Cabe mencionar que en este miembro se encuentran los mantos minerales.

A.3 GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

Localmente se tiene un sinclinal con eje N145 (N35W), en cuyo flanco inverso E, se ubica el yacimiento de Huanzalá.

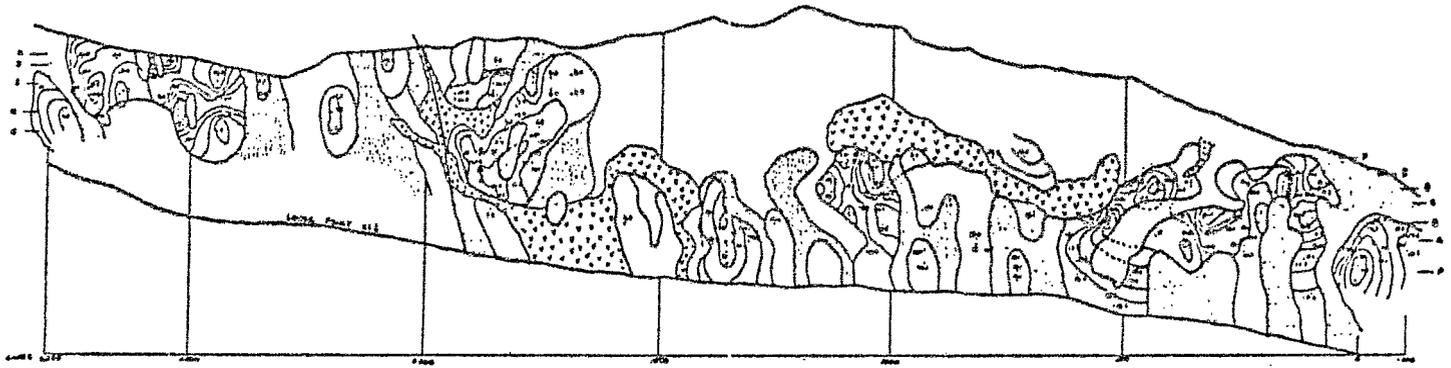
Los mantos minerales se emplazan en las calizas grises del Santa superior, teniéndose 5 mantos definidos, los cuales se hallan en forma concordante a la estratificación; dichos mantos han sido subdivididos en los siguientes: M-1T, M-1P, M-2TA, M-2TB, M-2P, M-3T, M-3, M-3P, M-4 y M-5. Fig. 2.

Los mantos presentados en forma estratigráfica, consisten en capas de tufo y graverosos de 0.4 a 0.7 m. de espesor que sirven como capas guía en la explotación y explotación de



A) - CURVAS DE ISOVALORES DE Pb%.

cuerpos de py
 cuerpos de pb.zn
 porfido granodioritico



B) - CURVAS DE ISOVALORES DE Zn%.

manto-3. mina huanzaja
Rolando Carrascal UNI-83.

Fig 4.- SECCION LONGITUDINAL DEL MANTO-3, MOSTRANDO CURVAS ISOVALORICAS

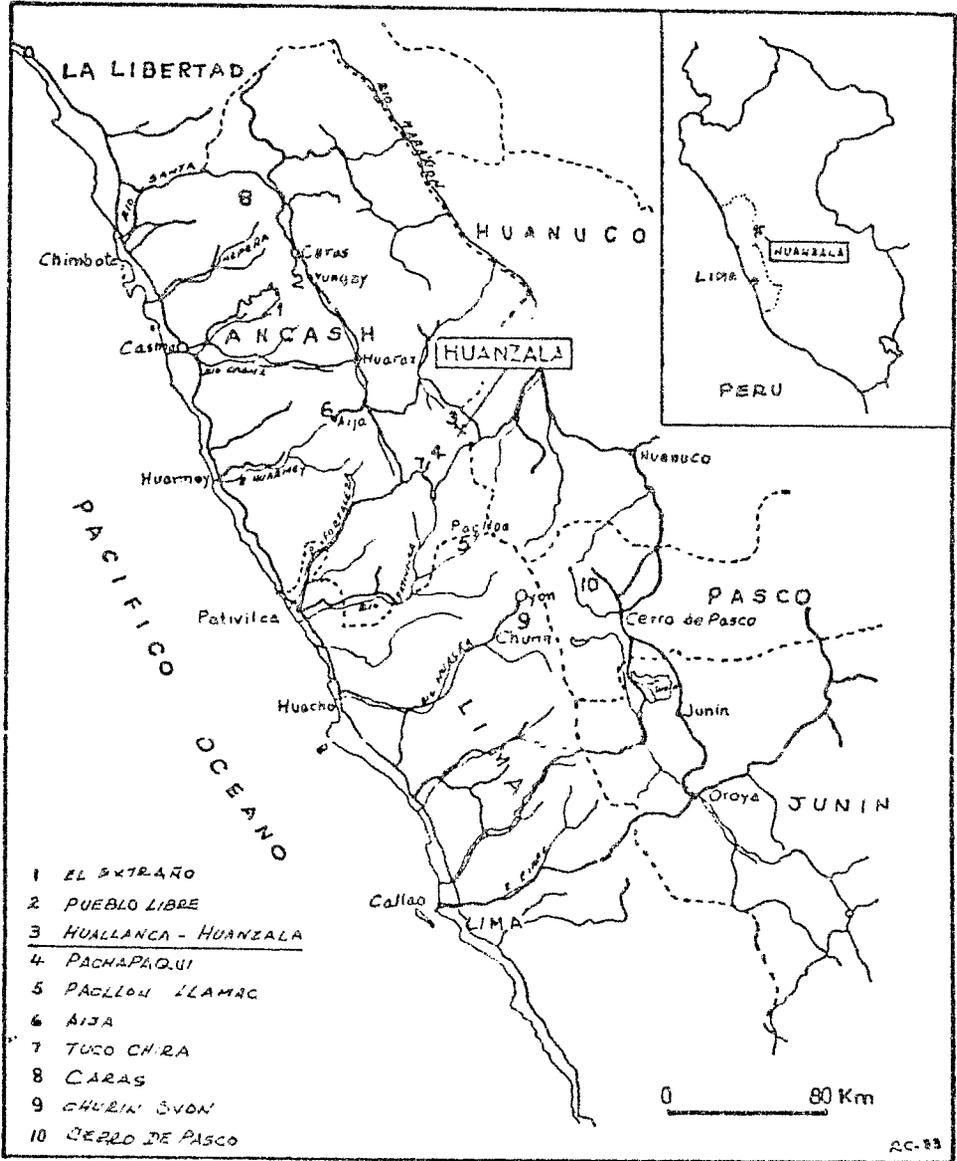


Fig 5.- PLANO DE UBICACION DE LA MINA HUANZALA, CON RELACION A OTROS YACIMIENTOS ESIPATOLIGADOS ENLACONADOS EN LA Fm SANTA. (SAMANILCO, 1978).

los mantos minerales; los mismos que se ubican en el piso y/o techo de estas capas guías. Los mantos son de forma lenticular, teniendo de 50 a 200 m. en longitud y 70 a 210 m. en vertical; con potencia que varía de 2 a 15 m. Los mencionados mantos minerales, se repiten en forma discontinua en los mismos niveles estratigráficos, conociéndose actualmente a lo largo de 8 km.

Los lentes minerales han sido cortados y desplazados por dos sistemas de fallas, Fig. 3. El primer sistema NW-SE, consiste en fallas inversas, cuyo rumbo es N60W, buzando 60-70W; con desplazamientos de 200 a 250 m., siendo las mayores de ellas las Lowe Faults 1 y 2. El segundo sistema consiste en fallas subverticales conjugadas, cuyos rumbos son N10-20 con buzamiento 45-50N y N70-80 buzando al S; con desplazamientos de 30 a 50 m. y 2 a 10 m. respectivamente, correspondiendo la falla Recuerdo a este segundo sistema.

Posteriormente se tiene la intrusión de los diques-sill y stock granodioríticos, cuya edad absoluta es de 7.7 a 9.2 MA (Mioceno) según Steward (1974). Los diques-sill se emplazan en el Santa superior, teniendo un ancho variable de 20 a 50 m. y 1500 a 2000 m. en longitud, con cierta tendencia a seguir la estratificación.

El ensamble mineralógico se presenta en 3 tipos. El tipo "Pirítico" consistente en ganga de pirita, el tipo "Skarn" en ganga de silicatos cálcicos y el tipo "Shiroji" en ganga de caolín-pirita.

Tipo "PIRITICO".— Los minerales presentes son: esfalerita roja, galena, calcopirita, como inclusiones pirrotita, estannita, también cobre grises, sulfosales de bismuto, teniendo como ganga arsenopirita, abundante pirita, sílice oscuro, cuarzo y probablemente materia orgánica "evolucionada". Este tipo mayormente se presenta en la parte Norte del yacimiento en la zona de Recuerdo, estando presente en los mantos 1 y 3.

Tipo "SKARN".— La mineralogía de las menas consiste en esfalerita roja, galena, calcopirita y como minerales de ganga: pirita y silicatos cálcicos: diopsido, granate (grosular), wollastonita, epidota, etc. Este arreglo mineralógico se presenta en los mantos 2 y 4, en la zona de Huanzalá mismo.

Se ha notado, aunque el estudio es solamente preliminar que los silicatos cálcicos tienen tendencia a reemplazar los sulfuros de mena.

TIPO "SHIROJI".— Los minerales mena son: esfalerita negra, galena, calcopirita, bornita, pirrotita, cobre grises; teniendo como gangas cuarzo, abundante sericita, pirita y carbonatos. La alteración presente es la argilización-carbonatización, piritización. Este tipo de alteración se presenta en los mantos 1 y 3 en la zona de Huanzalá.

Existen dos tipos de esfalerita: una roja (rica en Fe, sin inclusiones de calcopirita) presentándose en los tipos "pirítico" y "skarn", mientras que la esfalerita negra (pobre en Fe, contiene numerosas inclusiones microscópicas de calcopirita) está presente en el tipo "shiroji".

B. ARGUMENTOS EN CONTRA DE UN MODELO EPIGENETICO HIDROTHERMAL

B.1 Carácter estratoligado de las menas

La distribución geométrica de las menas muestra, a todas las escalas de observación, un carácter estratoligado.

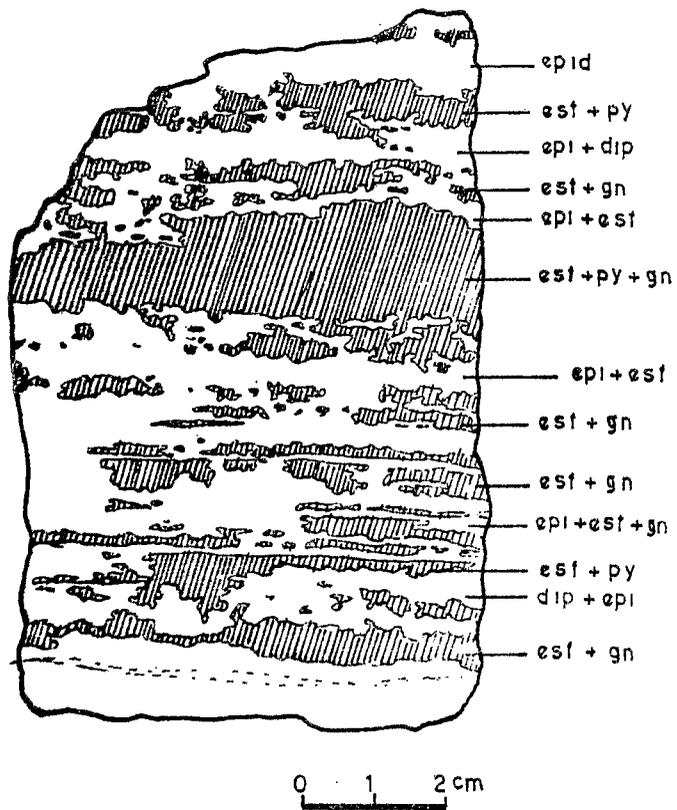


Fig. 6-A "ritmita" en el ensamble mineraló-

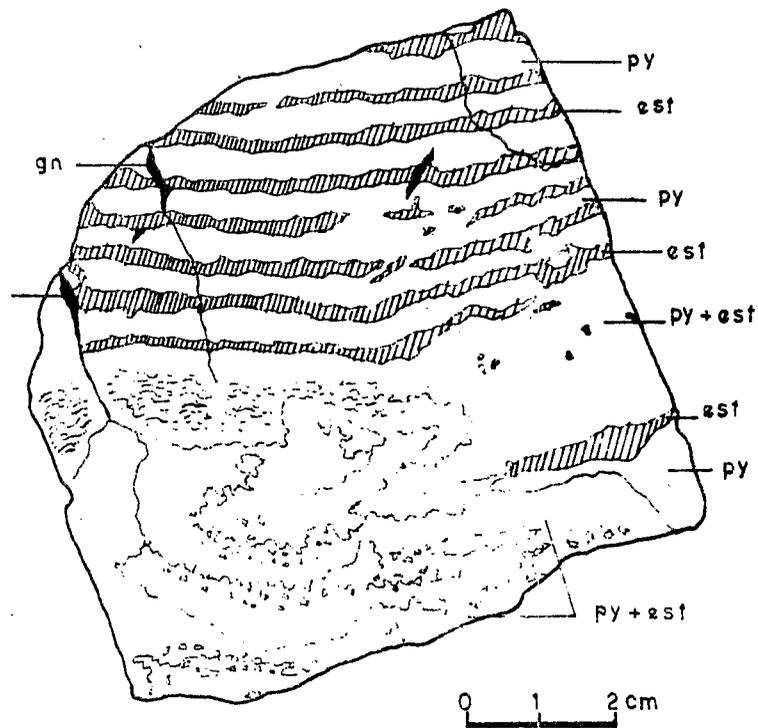


Fig. 6-B "ritmita" en el ensamble mineralógico tipo "birfítico".

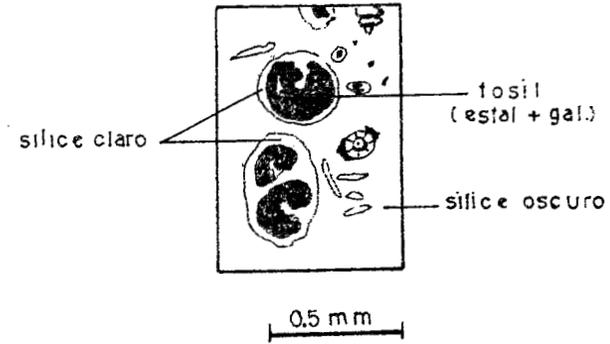
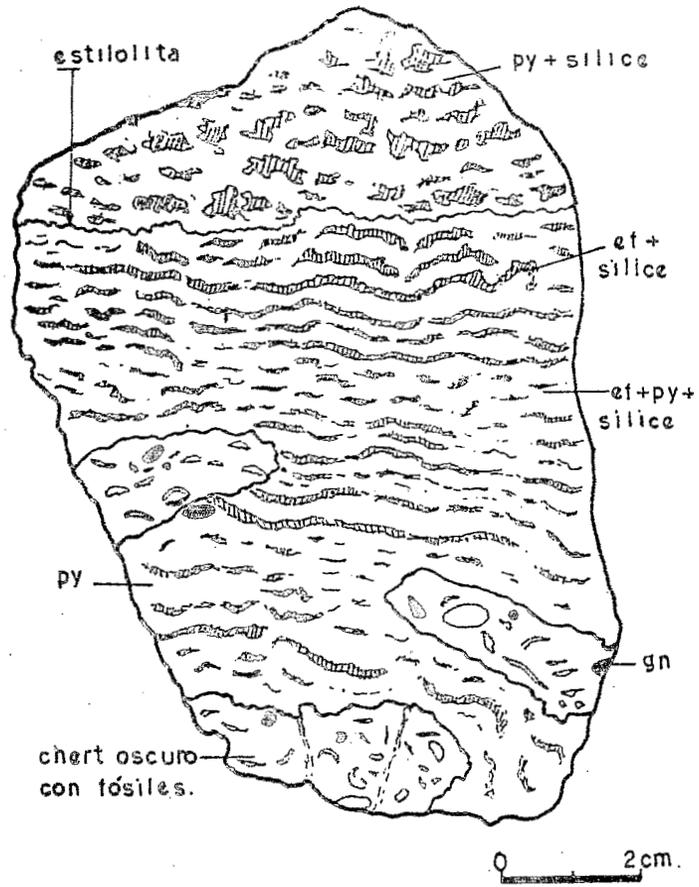


Fig. 6-C "ritmita" en el ensamble mineralógico tipo "pirítico".

Fig. 6-D detalle microscópico de fósiles rellenos por sulfuros (35x, Nx) s.d.

Los mantos son de forma lenticular, teniendo de 50 a 200 m. en longitud y 70 a 210 m. en vertical, con potencia variable de 2 a 15m., Los mencionados lentes se repiten en forma discontinua en los mismos niveles estratigráficos; conociéndose actualmente a lo largo de 8 km. Fig. 4.

A escalas decamétricas los mantos presentan una buena concordancia con las rocas encajonantes. La distribución geométrica a escalas métricas, presenta estructuras tipo "slumping" en la mineralización "shiroji" y bandeamientos en los tipos "pirítico" y "skarn".

A escala de muestra de mano presenta texturas sedimentarias-diagenéticas, así en el tipo "pirítico" se observan texturas "geopetal" (Fig 6-f), "pirita framboidal" asociado a chert oscuro, pequeños desplazamientos sinsedimentarias (Fig. 6-e), reemplazamiento de fósiles por sulfuros (Fig. 6-d), entre otros y muy frecuente "ritmitas" de pirita alternados con esfalerita y galena. (Figs. 6-b; 6-c; 6-e). En el mineral tipo "shiroji" existen "ritmitas" de pirita más galena, alternadas con pequeñas capitas de arcillas, estructuras "convolutas" en los cuales está implicado la mena.

En el mineral tipo "skarn" se presentan "ritmitas" de silicatos cálcicos alternados con sulfuros (Fig. 6-a).

A escalas microscópicas también presentan buena concordancia entre mineral mena y ganga.

A escala del yacimiento se nota que la esfalerita negra con numerosas inclusiones de calcopirita, se encuentran distribuidos principalmente en los mantos 1, 2 y 3; mientras que la esfalerita roja (no contiene inclusiones de calcopirita) se encuentran en los mantos 3, 4 y 5. Esta distribución demuestra una vez más el control estratigráfico para las menas y el carácter "rítmico" de su deposición.

B.2 Ausencia de relación Mineralización—Intrusión

B. 2.1 Tectónica

Se observa que los lentes estratoligados de Huanzalá, han sido desplazados por un primer juego de fallas inversas NW—SE, buzando 65-70 SW, siendo las mayores de ellas las Lower Faults 1 y 2. y posteriormente por fallas subverticales E—W y N20E conjugadas; mientras que el dique granodiorítico recorta estos dos sistemas de fallas. Fig. 3.

Esta observación nos permite afirmar que la mineralización de Huanzalá es prefallamiento; mientras el emplazamiento del intrusivo espacialmente asociado a la mineralización es post-fallamiento.

También es de notar que a pesar que los diferentes sistemas de fallas son pre-intrusión, no hay evidencia de mineralización en dichas fallas.

B.2.2 Geometría de los lentes Estratoligados

La distribución espacial de los lentes minerales, ya sea en ganga de "pirita" o en ganga de tipo "shiroji" y en ganga de tipo "skarn", no tiene relación geométrica con el intrusivo granodiorítico. Fig. 4

En particular en el tipo "skarn", los niveles con calcosilicatos cálcicos no tienen relación geométrica con el contacto intrusivo-caliza.

Generalmente en la zona de contacto intrusivo-caliza, el intrusivo es completamente estéril, muy localmente presenta mineral diseminado al cortar los mantos minerales.

B.3 Zonamiento

La mineralización se presenta como lentes discontinuos que pasan lateralmente a pirita casi estéril o a calizas oolíticas.

Se realizó el estudio de interpretación de las leyes de Zn y Pb; así como los cocientes metálicos, mediante curvas de isovalores (Fig. 4) e isococientes; se nota una tendencia a curvas concéntricas en cada lente mineral (Fig. 4-a y 4-b).

En particular no aparece ninguna evolución vertical de los cocientes metálicos. Los cuerpos minerales presentan distribución zonal, teniéndose mineral de Fe-Cu al centro y mineral de Pb-Zn a los extremos, descritos ampliamente por Sato & Saito (1977) y Carrascal (1983).

No aparece el tipo de zonamiento "clásico" de los yacimientos hidrotermales.

B.4 Cuadro Regional

Un argumento de carácter regional es la existencia de un gran número de prospectos y yacimientos estratoligados en la formación Santa; como: El Extraño, Pueblo Libre, Malaquita, Tuco-Chira, Pachapaquí, Pacllón-Llamac, Venturosa, Ishcay-Cruz, entre otros, en el cual se incluye Huanzalá; lo que ha permitido definir la formación Santa como "Metalotecto" según Samaniego y Amtutz (1978-79). Fig. 5.

C. ARGUMENTOS EN CONTRA DE UN MODELO ESTRICTAMENTE "SINGENETICO"

C.1 Las Gangas

Es importante señalar que las menas siempre están asociadas a alteraciones hidrotermales, se hallan presentes donde existe alteración "shiroji" y alteración tipo "skarn".

Estas alteraciones no son comunes en los yacimientos singenéticos tipo Mississippi Valley. Es de notar que no existe mineral económico en las "calizas-frescas".

C.1.1 Tipo "Shiroji".

Las menas están íntimamente asociadas a la alteración "shiroji" que consiste en caolinización principalmente, y en menor grado piritización, teniéndose cuarzo, abundante sericita, carbonatos, pirita. La presencia de caolín nos indica evidentemente una alteración hidrotermal.

C.1.2 Tipo "Skarn"

La mineralogía presente en el tipo "skarn" consiste de pirita y silicatos cálcicos: diopsido, granate (grosular), wollastonita, epidota, etc.

Esta alteración hidrotermal hace suponer temperaturas elevadas del orden de 350°C como mínimo y es producto de metamorfismo posterior; si no que forma parte del proceso mismo de formación del yacimiento.

C.2 Mineralogía de las Menas

La mineralogía de Huanzalá es compleja, a diferencia de los yacimientos estratoligados tipo Mississippi Valley, en donde la mineralogía es simple.

La mineralogía de las menas se hallan distribuidos en 3 tipos de arreglo geométrico. Así en el tipo "pirítico": esfalerita roja, galena, calcopirita, pirrotita, cobre grises, estannita, sulfosales de bismuto, arsenopirita, pirita.

En el tipo "skarn": esfalerita roja, galena, calcopirita, pirita y en el tipo "shiroji": esfalerita negra, galena, calcopirita, bornita, pirrotita, cobre grises, y pirita.

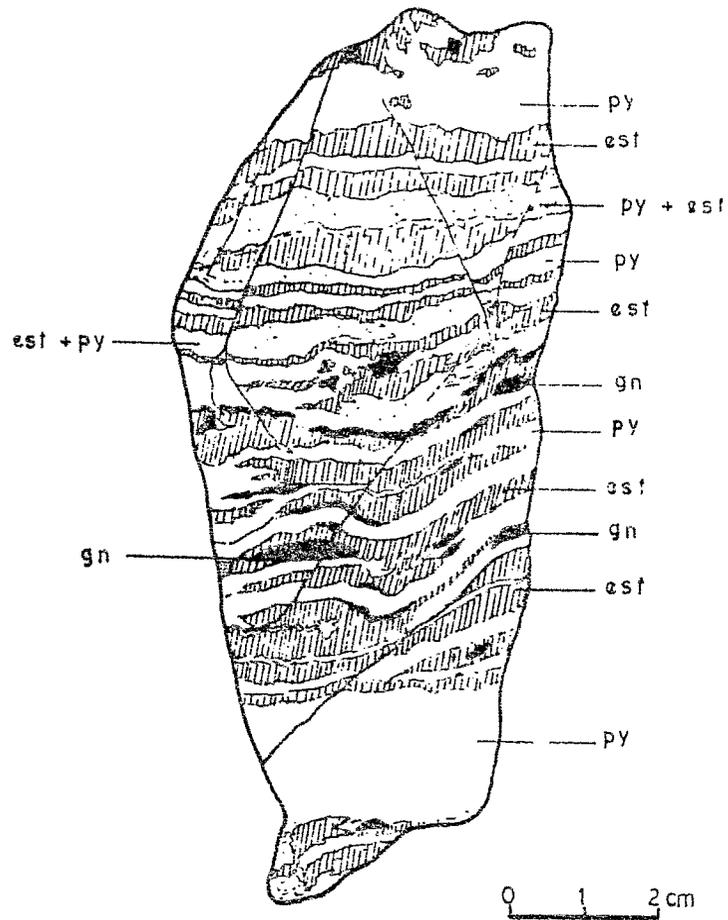


Fig. 6-E "ritmita", microfracturas sinsedimentarias, en el ensamble mineralógico tipo "pirítico".

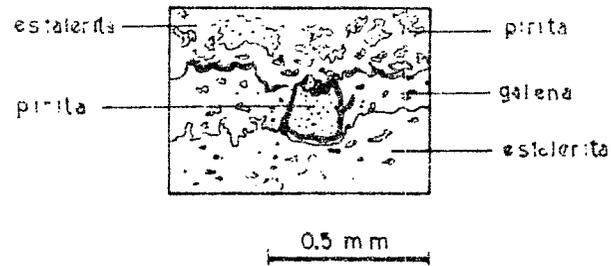


Fig. 6-F detalle microscópico de textura "geopetal", nótese la curvatura de las bandas de gn y esf. (100x N11) s.p.

D. ESBOZO DE UN MODELO "SEDIMENTARIO-HIDROTHERMAL".

Como podemos apreciar, un modelo de "Singenetismo-Diagenetismo" simple, como podría ser válido por ejm. para San Vicente, No se aplica a Huanzalá.

Existen 2 problemas mencionados en el capítulo precedente, que deben ser esclarecidos para construir un "modelo" verosímil para la génesis de Huanzalá; una vez admitido que el modelo epigenético no es válido.

Sin tener un modelo bien definido y eso es un reto para futuras investigaciones sobre yacimientos tales como Huanzalá, El Extraño y también yacimientos como Raúl-Condestable; nos parece que estos problemas se pueden resolver considerando un origen "SEDIMENTARIO-HIDROTHERMAL", el hidrotermalismo siendo contemporáneo verosímilmente de la diagénesis de los sedimentos santa y producto a no dudar de una actividad volcánica, cuyas manifestaciones son reales aunque débiles.

Quedan por resolver los problemas de la dinámica de la sedimentación y de la diagénesis frente a la dinámica de las circulaciones hidrotermales.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo presentado es un resumen sistético del trabajo de Tesis de Ingeniero de Rolando Carrascal (UNI-1983).

El trabajo de campo se realizó gracias al poyo de la Compañía Minera Santa Luisa S.A.

Nuestros agradecimientos van en particular a los ingenieros geólogos de la Compañía señores Sato, Tsuchiya, Toledo, Mendoza y Soto.

BIBLIOGRAFIA

- CARRASCAL R. (1983). "Geología del Yacimiento estratoligado de Huanzalá". Tesis de grado de Ingeniero-UNI, 1983.
- FUKAHORI, AIKAWA, KAWASAKI. (1980). "Geology and ore deposit of the Huanzalá Mine". Mineralogical study. Mining geology, 30(2), p. 103-118.
- HORITA, OIKAWA, TAGAMI. (1973). "Geological features of the Huanzalá ore deposit, Perú". Mining geology, 23 p. 265-274.
- IMAI, KAWASAKI, YAMAGUCHI, TAKAHASHI, (1983). "Mineralization and paragenesis of the Huanzalá mine" - Perú Central. (por publicar).
- STEWART, EVERDEN, SNELLING (1974). "Age determinations from Andean Peru a reconnaissance". Survey geol. Soc. Am. Reult. 85, 1107-1116.
- SATO & SAITO. (1977). "Pyrite zones and zonal distribution of Cu-Zn ores in Huanzalá mine", Perú. Mining. geol. Japan 27, 133-141.
- SAITO, KAWASAKI, AIKAWA, HIBI, (1981). "Ore genesis and exploration of the Huanzalá Mine". Mining, geology, 31(6), p. 421-429.
- SAMANIEGO A. (1981). "Stratabound Pb-Zn (Ag-Cu) ore occurrences in early cretaceous sediments of north and Central Perú. A contribution to their metallogénesis". Dr. Thesis, Univ. Heidelberg, 210 p.