

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingenieria

Geológica Mínera y Metalúrgica



**Geología Económica y Génesis de la
Mina Cañón, Hualgayoc - Cajamarca**

T E S I S

Para Optar El Título Profesional de

INGENIERO GEOLOGO

David Romero Ríos

LIMA – PERU

1991

A mi madre : LUISA

**A mis hermanos : DORA
GERARDO
RAMON**

**A mis sobrinos : CONSUELO
JUAN**

— INDICE —

**"GEOLOGIA ECONOMICA Y GENESIS DE LA MINA CAÑÓN"
HUALGAYOC - CAJAMARCA**

RESUMEN	Pag.
1. INTRODUCCION	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Ubicación y acceso	1
1.3 Fisiografía y clima	3
1.4 Trabajos previos	5
1.5 Métodos y sistemática empleados	6
1.6 Limitaciones y alcances del presente trabajo	7
2. GEOLOGIA	8
2.1 Geología Regional	8
2.1.1 Estratigrafía	8
2.1.2 Rocas Magmáticas	13
2.1.3 Tectónica	19
2.1.4 Geología Económica	20
2.1.5 Geología Histórica	26
2.2 Geología Local	29
2.2.1 Litología	29
2.2.2 Geología Estructural	36
3. DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS ECONOMICAS DE LA MINA CAÑÓN	39
3.1 Veta Cañón 1	39
3.1.1 Morfología	39
3.1.2 Mineralogía	41

3.1.3 Estructuras y texturas	42
3.2 Veta Cañón 2	56
3.2.1 Morfología	56
3.2.2 Mineralogía	56
3.2.3 Estructuras y texturas	57
3.3 Manto Corona	57
3.3.1 Morfología	57
3.3.2 Mineralogía	57
3.3.3 Estructuras y texturas	59
3.4 Otras	59
4. ANALISIS ESTRUCTURAL GEOESTADISTICO DE LA VETA CAÑON 1	69
4.1 Introducción	69
4.2 Cálculo de los parámetros estadísticos	71
4.3 Cálculo y ploteo del Variograma	77
4.4 Ajuste del Variograma	79
4.5 Conclusiones	81
5. DISCUSION E INTERPRETACION	84
5.1 Alteraciones	84
5.2 Secuencia de formación de minerales	85
5.3 Controles que favorecieron la concentración de los minerales.	89
5.3.1 Control Estructural	90
5.3.2 Control Litológico - estratigráfico	90
5.3.3 Control Tectónico - fisiográfico	90
5.3.4 Control Hidrogeológico	91
5.3.5 Control Geoquímico	91

5.4 Persistencia de la estructura y de la mineralización	95
5.5 Proceso de formación de los cuerpos con mineral económico	97
5.6 Correlación con otros yacimientos similares	100
6. CONCLUSIONES	108
7. RECOMENDACIONES	111
7.1 Referidos a la explotación y desarrollo a corto y mediano plazo.	111
7.2 Referidos al plan operacional de minado.	111
7.3 Referidos al tratamiento metalúrgico.	112
AGRADECIMIENTO	113
ANEXOS	114
BIBLIOGRAFIA	129

INDICE DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N^o1.- Principales tipos de yacimientos discordantes en Hualgayoc.

Cuadro N^o2.- Principales tipos de mantos en Hualgayoc.

Cuadro N^o3.- Minerales que ocurren en los diferentes yacimientos del Distrito Minero de Hualgayoc.

Cuadro N^o4.- Medias y Varianzas en la Veta Cañón 1.

Cuadro N^o5.- Coeficientes de correlación en la Veta Cañón 1.

Cuadro N^o6.- Cuadro resumen de los cálculos y ajustes de variogramas.

Cuadro N^o7.- Paragénesis de los minerales formados en la Veta Cañón 1-Mina Cañón.

Figura N^o1.- Ubicación del Distrito Minero de Hualgayoc y la Mina Cañón.

Figura N^o2.- Plano Fisiográfico del Distrito Minero de Hualgayoc.

Figura N^o3.- Plano Geológico Regional entre Chota, Cajamarca y Celendín.

Figura N^o4.- Columna estratigráfica simplificada del Distrito Minero de Hualgayoc.

Figura N^o5.- Plano Geológico simplificado del Distrito Minero de Hualgayoc.

Figura N^o6.- Diagrama composicional Q-A-P mostrando la ubicación promedio de las principales unidades magmáticas de Hualgayoc.

- Figura N°7.- Plano Tectónico del Distrito Minero de Hualgayoc.**
- Figura N°8.- Diagramas tectónicos del Distrito Minero de Hualgayoc.**
- Figura N°9.- Plano Geológico Superficial de la Mina Cañón - Hualgayoc (Cajamarca).**
- Figura N°10.- Diagramas tectónicos de la Mina Cañón - Hualgayoc (Cajamarca).**
- Figura N°11.- Plano Geológico subterráneo de la Veta Cañón 1 - Mina Cañón - Hualgayoc (Cajamarca).**
- Figura N°12.- Plano de Muestreo de la Veta Cañón 1 - Mina Cañón - Hualgayoc (Cajamarca).**
- Figura N°13.- Histogramas del Cuerpo 1 y Histogramas del Cuerpo 2.**
- Figura N°14.- Histogramas del Cuerpo 1, Cuerpo 2 y curvas de acumulación Cuerpo 1 y Cuerpo 2.**
- Figura N°15.- Curvas de Acumulación del Cuerpo 1 y Curvas de Acumulación del Cuerpo 2.**
- Figura N°16.- Nubes y Coeficiente de correlación del Cuerpo 1, nubes y coeficiente de correlación del cuerpo 1 y cuerpo 2 y nubes de correlación del cuerpo 2.**
- Figura N°17.- Variograma de las variables Potencia y acumulación de Ag, Pb y Zn.**
- Figura N°18.- Ajuste de Variogramas a funciones teóricas.**
- Figura N°19.- Esquema generalizado de un esquema cárstico maduro mostrando sus zonas principales.**

Figura No20.- Condición Físico - química de concentración de minerales en yacimientos de tipo intracárstico (Veta Cañón 1).

Figura No21.- Sección Longitudinal de la estructura mineralizada de la Veta Cañón 1 (x-x').

Figura No22-A.- Secuencia de Tiempo en la formación de las cavidades cársticas.

B. Cavidades cársticas formadas.

C. Relleno de cavidades cársticas.

Figura No23-A.- Principales estructuras intracársticas de la Mina Cañón - Hualgayoc.

B. Principales ocurrencias de depósitos intracársticos del Distrito Minero de Hualgayoc.

C. Principales ocurrencias intracársticas del Perú.

Figura No24.- Diagrama ternario de Ag-Pb-Zn de depósitos intracársticos del Perú y Diagrama ternario del Cuerpo 2 de la Veta Cañón 1 - Mina Cañón de Pb-Mn-Zn y Pb-Ag-Zn.

Figura No25-A.- Ubicación estratigráfica de los cuerpos intracársticos en sedimentos calcáreos de la franja miogeosinclinal del Norte y Centro del Perú.

B. Sección Longitudinal y perfiles transversales de la Veta Pozos Ricos Predilecta.

C. Principales Cuerpos con mineral en la Mina Pozos Ricos.

Grafico N^o1.- Muestra de Mano perteneciente al Manto Corona.

Grafico N^o2.- Gráfico de algunos intercrecimientos importantes ocurridos en la Veta Cañón 1.

Fotografías.- Fotografías Panorámicas - Lámina I: fotos A, C, E y G.

Fotografías de Muestra de Mano. Fotos N^o 3, 5, 6, 21 y Lámina I y II; Fotos B, D, F, H, I, J, K, L, M, N y O.

Fotomicrografías.- Fotos N^o 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20.

Tabla N^o1.- Tabla de intercrecimientos referido al Cuerpo 1 de la Veta Cañón 1.

Tabla N^o2.- Tabla de intercrecimientos referido al Cuerpo 2 de la Veta Cañón 1.

ABREVIATURAS DE GRUPOS MINERALOGICOS

Anfiboles	ANFs	Micas	MCs
Arcillas	ARCs	Minerales Opacos	Ops
Carbonatos	CBs	Oxidos	Oxd
Cloritas	CLOs	Opacos	Ops
Cobre Grises	CGRs	Plagioclasas	PLGs
Feldespato Potásico	FPKs	Piroxenos	PXs
Granates	GRNs	Sulfatos	SFTs
Limonitas	LIMs	Sulfosales	SFSs
		Sulfuros	SULs

ABREVIATURAS DE ESPECIES MINERALES

Albita	ab	Galena	gn
Andesita	and	Hematita	hm
Anortita	an	Hornblenda	hor
Apatito	ap	Ilmenita	il
Arsenopirita	apy	Leucoxeno	lcx
Baritina	bar	Magnetita	mt
Biotita	bt	Marcasita	mc
Calcita	cac	Muscovita	mus
Calcopirita	cp	Ortosa	ort
Caolinita	Kao	Pennina	pnn
Cerusita	cer	Pirita	py
Circon	Zir	Pirrotita	po
Covelita	cv	Rodocrosita	rdc
Cuarzo	cz	Rutilo	rt
Diópsido	dp	Sanidina	san
Enargita	en	Sericita	ser
Epídota	ep	Siderita	sid
Esfalerita	ef	Cerusita	cer
Esfena	efn		

OTRAS ABREVIATURAS

m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
Nv.	Nivel
μ	Micras
m.	metros
aprox.	aproximadamente
Fe	Fierro
Mn	Manganeso
&	y

RESUMEN

La Mina Cañón se encuentra ubicada en el Distrito Minero de Hualgayoc.

En la Mina Cañón ocurren depósitos tanto discordantes como concordantes con la roca encajonante, las estructuras discordantes vienen a ser fundamentalmente las Veta: Cañón 1, Cañón 2, Cañón 3, Dolores, Corona, etc.; y las estructuras concordantes: los Mantos Corona, Hualgayoc y otros pequeños asociados a las Vetas Cañón 1, Cañón 2, etc.

De todas las estructuras mineralizadas mencionadas solamente ha sido estudiada en forma integral y sistemática la Veta Cañón 1; de las otras estructuras solamente se dispone de informaciones mínimas. Entonces la presente tesis trata fundamentalmente de interpretar el origen de la Veta Cañón 1.

La Veta Cañón 1, se localiza en la Quebrada Cañón, dentro de una secuencia calcárea del Grupo Machay (Albiano Medio). En superficie presenta relieve negativo de aprox. 200 mts de longitud. Consiste de dos cuerpos contiguos separados por una zona subvertical estéril donde la estructura se adelgaza hasta potencias centimétricas. En general presenta 1.45 m. de potencia promedio, con rumbo N55°E y buz. 80°SW. Los minerales que presenta la Veta son: ef, gn, py, OXs, Fe y Mn, mc, cp, apy, SFSs Ag?, cac, rdc, sid, cer, cz, ARCs, etc. Las principales estructuras y arreglos geométricos a escalas mayores son: Laminación, brechas, presencia de cavernas y estalactitas; a escalas menores, las texturas son: botroidales, brechadas, bandeados, gráficas (con frecuencia cunelformes), coloformes, friables, porosas y terrosas. La mena de la Veta está formada de galena y esfalerita con leyes promedio: 12.00 % de Zn, 3.60 % de Pb y 5.65×10^{-3} % de Ag; las gangas que acompañan a esta mineralización son: cac, rdc, py, ARCs, etc.

En base a sus características mineralógicas y texturales la Veta Cañón 1 se clasifica como un yacimiento de relleno intracárstico; A las Vetas Cañón 2 y Cañón 3, por su similitud, también se les puede considerar de origen intracárstico, aun cuando sólo se le reconoce en superficie.

1. INTRODUCCION

1.1 Generalidades

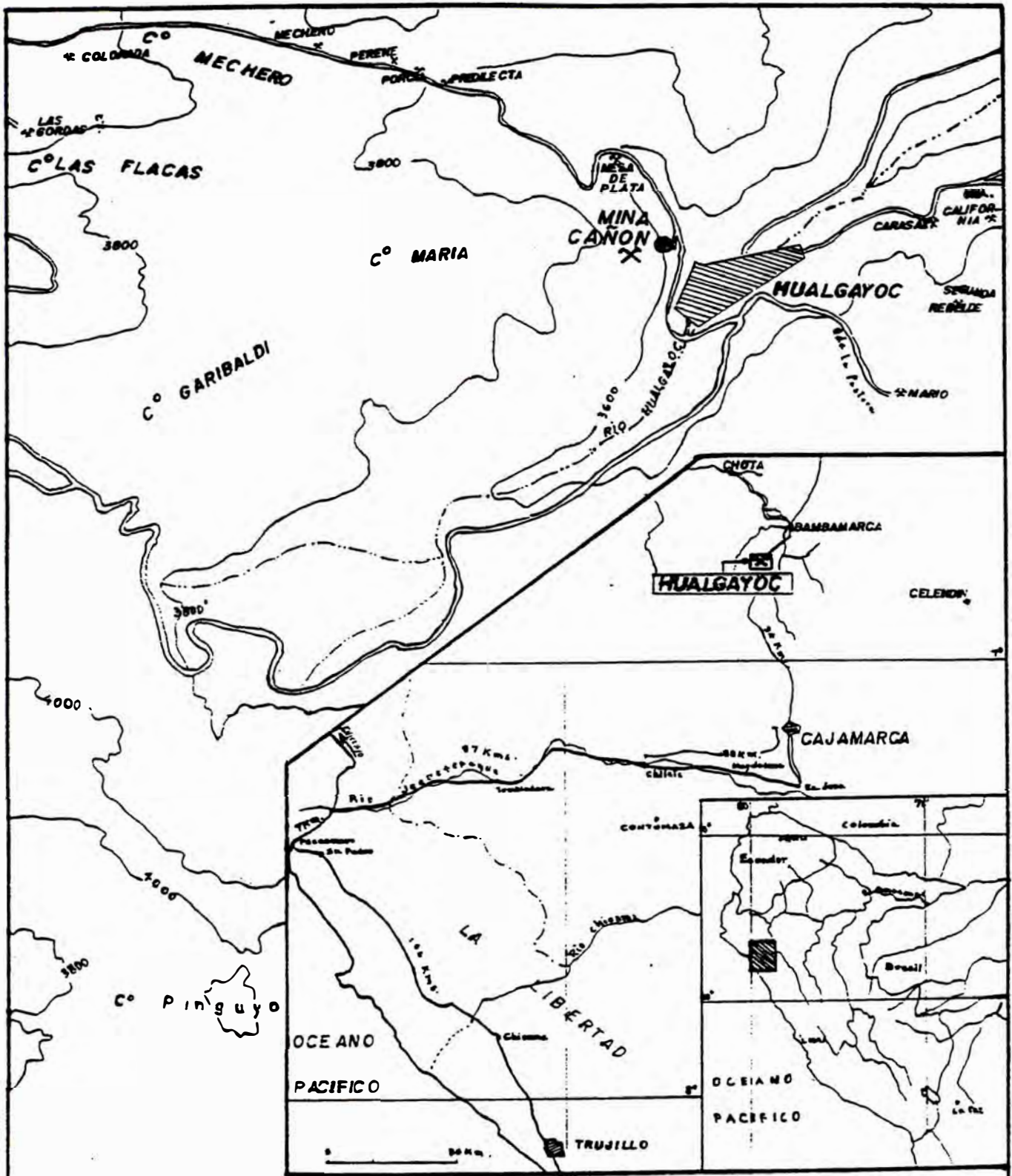
La "Mina Cañón" se encuentra en el flanco norte de la quebrada Hualgayoc, entre las quebradas Mesa de Plata y Hualgayoc, en las inmediaciones del pueblo del mismo nombre. A diferencia de otras minas del Distrito Minero, es la menor estudiada.

La presente tesis es un estudio detallado del área de la Mina Cañón. En especial de la veta Cañón 1 (subdividido en Cuerpo 1 y Cuerpo 2). El estudio en cuestión es muy importante, debido a que se trata de la primera investigación detallada en el país de un yacimiento intracárstico, lo cual permitirá tener un prototipo que servirá de base para el estudio de otros yacimientos similares, hasta hace poco, desconocidos en el Perú.

1.2 Ubicación y acceso

La "Mina Cañón" se ubica en el cerro María, Distrito de Hualgayoc, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca y Región Nor Oriental del Marañón (Fig. Nº 1). La región se encuentra en los contrafuertes orientales de la cordillera occidental a una altitud entre los 3,000 a 3,900 m.s.n.m., presenta topografía poco accidentada, con valles redondeados y algo profundos.

El sistema principal de drenaje lo conforma el riachuelo de Mesa de Plata, el que al igual que una serie de torrentes y afluentes, desembocan en el río Hualgayoc, el que, más adelante, en su recorrido al NE, toma el nombre de Llaucano el cual desemboca en el río Marañón, formándose así uno de los afluentes principales del río Amazonas. El pueblo más cercano a



UBICACIÓN DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC Y LA MINA CAÑÓN

Modificado a partir de CANCHAYA (1980)

Fig. No 1

La Mina Cañón es el de Hualgayoc, que se sitúa a 200 metros al sur. (Fig No 1).

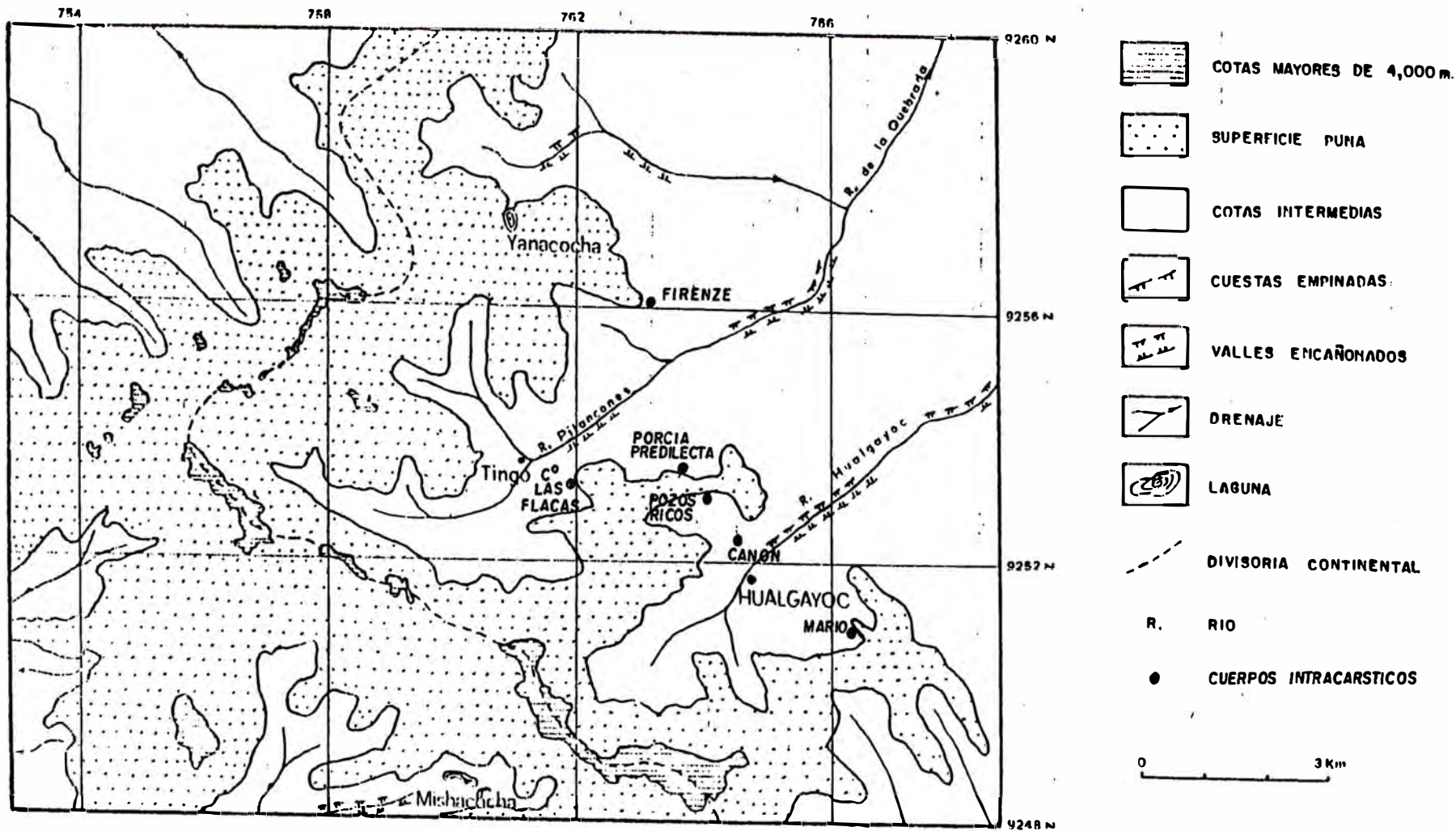
Cuadro de accesibilidad:

Vía	Tramo	Kms.	Tiempo (Hrs)	Estado de la vía
Panamericana Norte	Lima - Trujillo	562	7.70	Asfaltada
Trujillo - Cajam.	Trujillo - Cajamarca	298	5.15	Asfaltada
Cajam.- Mina Cañón	Cajamarca - Porcón Alto	24	1.05	Afirmada
	Porcón Alto - Qda. Honda	33	1.35	Afirmada
	Qda. Honda - Hualgayoc	35	1.03	Afirmada
	Hualgayoc - M. Cañón	0.5	0.10	Afirmada
TOTAL		952.5	16.38	

1.3 Fisiografía y Clima

Fisiográficamente la zona de estudio se encuentra en el flanco oriental, de la divisora continental (Fig. No 2).

En líneas generales la región es una amplia puna que ostenta en sus partes altas valles redondeados y de poca profundidad; en sus cotas inferiores, valles agudos y profundos, que se han formado según el curso de las corrientes principales. Los agentes modeladores preponderantes de la zona han sido: la



PLANO FISIOGRAFICO DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC

Fig. N° 2

Según CANCHAYA et al. (1990)

erosión glaciar y fluvial.

Aunque el hielo permanente ha desaparecido por completo de la zona, quedan algunas evidencias de que el área ha sido afectada por una o más glaciaciones: por ejemplo los valles en U (algunos escalonados) cuyos pisos y bordes están cubiertos por morrenas laterales y frontales, lagunas y pantanos de origen glaciar, etc.

El drenaje es hacia el Este (hoya amazónica). Los ríos principales: Hualgayoc y Pílancones, inicialmente drenan hacia el NE hacia el río Llaucano, éste a su vez desemboca en el río Marañón, el que finalmente llega al Amazonas.

El clima presenta dos estaciones bien marcadas: una de Abril a Setiembre, que es la época seca con precipitaciones raras, y la otra de Octubre a Marzo que es la estación húmeda con precipitaciones frecuentes, tanto sólidas como líquidas.

1.4 Trabajos Previos

El yacimiento de la "Mina Cañón" ha sido objeto de varios estudios geológicos específicos:

- HUDSON et al. (1980: 28-36) Informe geológico Minas Victoria y Cañón.- Supone que dicho yacimiento es el resultado de una acción conjunta (de fluidos hipógenos y supérgenos), actuante en las calizas adyacentes a la estructura Cañón.

- MONTREUIL DE (1980) Informe Mineragráfico de una muestra de la Veta Cañón 1 (Mina Cañón).- No define génesis del yacimiento, sólo recomienda mayor investigación geológica de campo con apoyo petro-mineragráfico y en el análisis chequear evidencias de

hundimientos, brechas de colapso debido a las soluciones (relacionado a topografía cárstica antigua) y en general ver evidencias de paleo-drenaje subterráneo.

BORREDON (1982: 207) Geología del Distrito Minero de Hualgayoc.- Postula que la veta Cañón 1 es la prolongación de una de las Vetas del; Cerro Jesús. y la interpreta como el resultado de un fenómeno idéntico al fenómeno Cárstico.

POOL (1984) y TORPOCO (1986, 1987) Informe geológico presentado a la Cía. Minera Carolina S.A. Definen a la Veta Cañón 1 (Mina Cañón) como yacimiento de reemplazamiento metasomático.

CANCHAYA et al. (1990) Estudio Geológico del Distrito Minero Hualgayoc.- Definen a la Veta Cañón 1, Cañón 2 y Cañón 3 como yacimientos de tipo intracárstico.

1.5 Métodos y Sistemas empleados

El trabajo realizado comprendió fundamentalmente los siguientes aspectos:

a.- Revisión bibliográfica de estudios realizados (boletines, informes, cursillos, conferencias, etc.).

b.- Levantamiento geológico y mapeo complementarios de las labores mineras (con cinta métrica y brújula).

c.- Muestreo sistemático del Cuerpo 2, de la Veta Cañón 1, por el método de canales.

d.- Estudio mineralógico (macroscópico, microscópico de luz transmitida y reflejada, difracción de R-X).

e.- Análisis químico (absorción atómica y espectrométrica de emisión).

f.- El tratamiento estadístico y geoestadístico fue realizado en una microcomputadora de la Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica; se empleó un programa de cálculos de Variogramas en el lenguaje BASIC; los resultados graficados en LOTUS 123.

g.- Discusión e interpretación de los resultados.

h.- Planteamiento de las recomendaciones.

i.- Redacción del trabajo, en el procesador de textos Wordperfect versión 5.1, trazo de planos, perfiles, y demás ilustraciones.

1.6 Limitaciones y Alcances del Presente Trabajo

El presente trabajo servirá de base para los estudios posteriores del yacimiento o de otros yacimientos similares; también se da a conocer una metodología específica para el estudio integral y sistemático de yacimientos intracársticos.

Las limitaciones fueron fundamentalmente económicas, por lo que el trabajo de campo fue relativamente corto, quedando más estudios por realizar.

2. GEOLOGIA

2.1 Geología Regional

El Distrito Minero de Hualgayoc se ubica en el extremo norte de la provincia metalogenética andina, en el borde occidental andino.

A escala regional destacan las estructuras tectónicas con direcciones NW-SE (Fig. Nº 3), que son las que generalmente controlaron el emplazamiento de los intrusivos, como es el caso de la falla Hualgayoc.

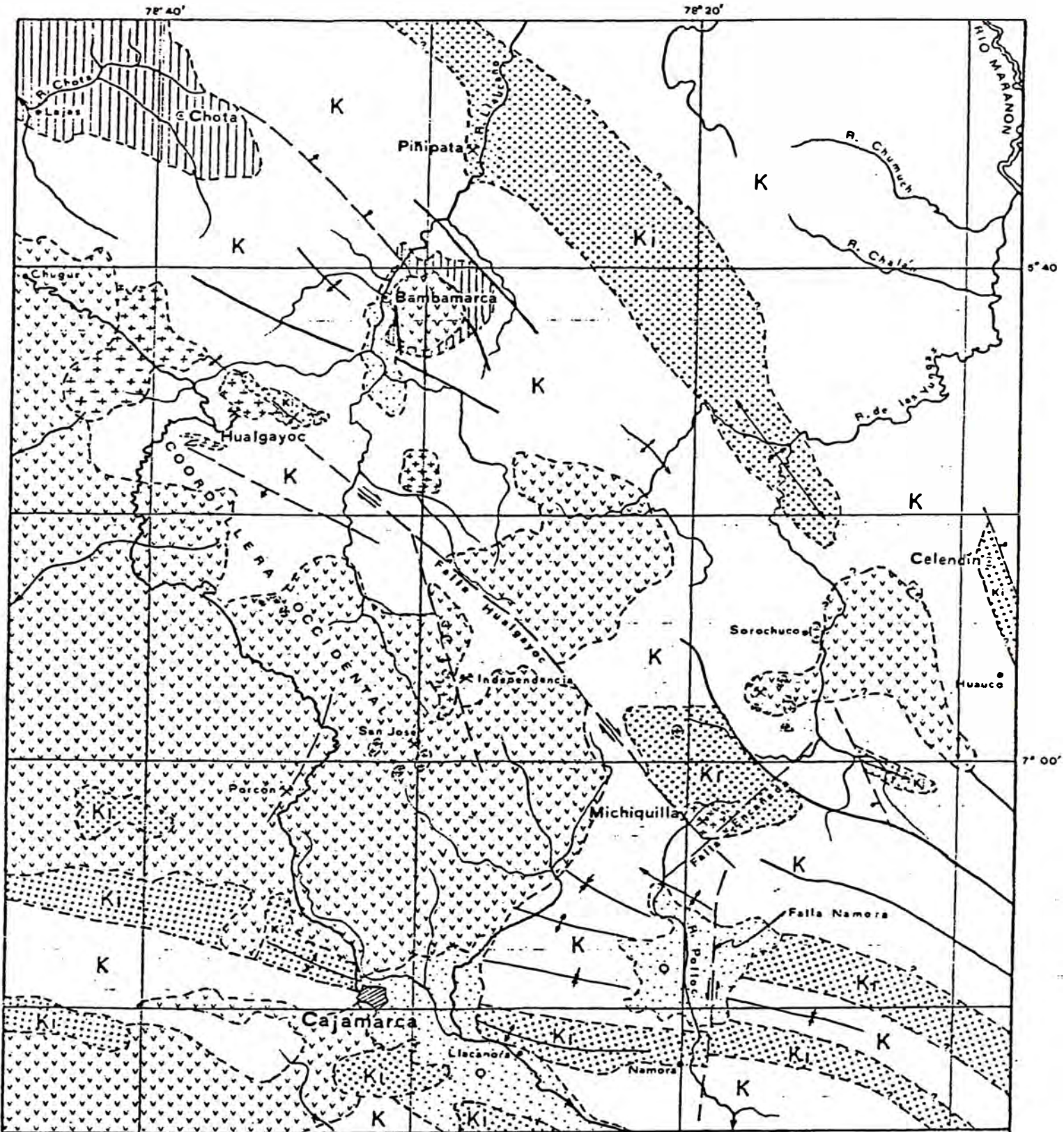
Los plegamientos de la región son suaves y mantienen una dirección NW-SE: pero a la altura de Cajabamba giran hacia el oeste quedando casi en dirección EW.

2.1.1. Estratigrafía.- En la Fig. Nº 4, se muestra la columna estratigráfica, que a continuación pasamos a describir:

FORMACION FARRAT (APTIANO).- Potencia 200 metros. Su base consiste de cuarzoarenitas y cuarcitas masivas con "slumping" y fenómeno de tixotropía, gradando a bancos pequeños de cuarcitas con pelitas y luego a areniscas parduscas. Al tope consiste de cuarcitas claras, en bancos métricos, con pelitas y pirita diseminada.

FORMACION INCA (ALBIANO INFERIOR).- De 40 metros de potencia. La base empieza con una alteración rítmica de areniscas marrones y lutitas negras amarillentas. Tiene bancos arenáceos fosilíferos (lamelibranquios). Al tope los bancos presentan cantos de argilita.

FORMACION CHULEC (ALBIANO MEDIO A INFERIOR).- De 120 metros de potencia. A la base, margas decoloradas que gradan a calizas; sigue una serie de 130 metros de



- Cuaternario
- Intrusivo terciario
- Volcánico terciario
- Capas rojas Ks-T.
- Cretáceo medio y sup.
- Cretáceo inferior

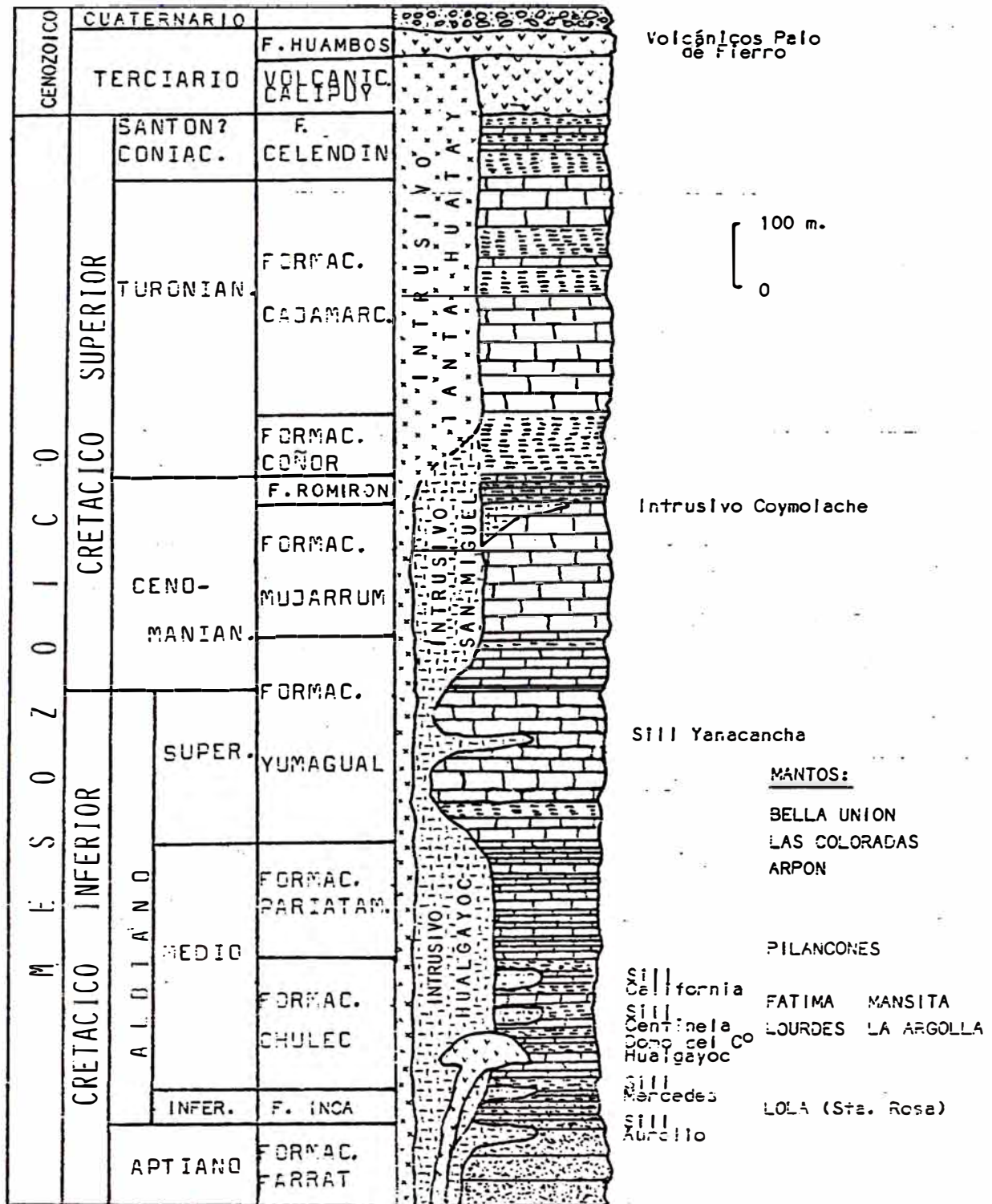
- Anticlinal con eje buzante
- Sinclinal
- FALLAS**
- mostrando dirección del buz.
- mostrando lado hundido y sentido del despijaz. relat.
- CONTACTOS**
- aproximados
- dudosos
- Ríos importantes
- Carreteras principales

PLANO GEOLOGICO REGIONAL
 entre Chota, Cajamarca y Celendín
 Según CANCHAYA (1980)

- Zonas mineras
- Localidad importante
- Capital de provincia
- Capital de departamento



Fig. No 3



Según CANCHAYA et al. (1990)

Fig. No 4

COLUMNA ESTRATIGRAFICA SIMPLIFICADA DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC

rítmica calcáreo-margosa, en paquetes de 8 a 10 metros; el tope lo constituyen calcáreos con algo de materia orgánica y margas con contenido de fósiles de Knemiceras, Parengonóceras sp y equinodermos; la secuencia termina con una argilita y con enriquecimiento de materia orgánica.

FORMACION PARIATAMBO (ALBIANO MEDIO A SUPERIOR).- De 170 metros de potencia. Compuesto de rocas margosas calcáreas, bituminosas con presencia del fósil *Oxitropidóceras carbonarium*.

Afloran en la mina Los Mantos, Pozos Ricos, Predilecta, Porcia y Mechero. La base es una roca calcárea bituminosa con el fósil *Mortoceratites* y con Foraminíferos *Hedbergella* (JANJOU 1981); luego gradan a una roca calcárea de color gris, a veces con niveles de *Ceratites*; luego siguen rocas calcáreas bituminosas en bancos pequeños.

FORMACION YUMAGUAL (ALBIANO SUPERIOR CENOMANIANO INFERIOR).- De 350 metros de potencia. Contiene *Ostrea scyphax* y *Exóginas* (BENAVIDES 1956). La base está constituida por margas y calizas biomicríticas, que gradan a rocas calcáreas con bioclastos, luego rocas calcáreas gris claras con contenido fosilífero y a continuación rocas calcáreas gris oscuro sin presencia de algas. También se encontró foraminíferos *Nummoloculina-heine* (JANJOU 1981).

FORMACION MUJARRUM (CENOMANIANO).- De 210 metros de potencia. Su base son bancos calcáreos masivos gris oscuros a gris claros, con fósiles de Equinoideos y *Exógira ponderosa*; luego gradan a margas con la presencia de *Exógira africana* (BENAVIDES 1956).

FORMACION ROMIRON (CENOMANIANO SUPERIOR).- De 30 metros de potencia. Son margas calcáreas con

presencia de Ammonites (Ceratites), gradando a margas nodulares con Lumaquelas y Exóginas squamata y olisiponensis. Solo aflora en el extremo SE del distrito.

FORMACION COÑOR (TURONIANO INFERIOR).- No aflora en Hualgayoc se reporta en las cercanías de Bambamarca. Son margas poco potentes con foraminíferos Heterohelix-reussi.

FORMACION CAJAMARCA (TURONIANO MEDIO A SUPERIOR).- De 200 metros de potencia. La base es una roca calcárea gris clara, que gradan de margas amarillentas a gris claras y terminan con margas amarillentas nodulares con Ammonites Collopoceras newelli. Sólo aflora en el extremo SE del distrito.

FORMACION CELENDIN (CONACIANO A SANTONIANO).- No aflora en Hualgayoc; se reporta en las cercanías de Bambamarca. De 80 metros de potencia. Son margas amarillentas claras con bancos calcáreos, con la siguiente fauna: Hemiassterournelli, Goniopygus hemicydariformis, Natica lesseli.

VOLCANICOS CALIPUY (TERCIARIO INFERIOR).- De composición andesítica a riolítica. Ocurren en la zona este del distrito.

FORMACION HUAMBOS (TERCIARIO SUPERIOR).- Son derrames ignimbríticos que mayormente afloran entre Hualgayoc y Cajamarca. En el distrito ocurren en el Cerro Palo de Fierro y alrededores, y en el cerro Hualgayoc donde ocurre el domo riodacítico fue datado en 7.2 m.a. (BORREDON 1982).

Finalmente morrenas pleistocénicas se encuentran cubriendo los pisos de los valles y algunas laderas. Consisten principalmente de fragmentos inconsolidados

de rocas ígneas porfiríticas y calizas, que varían en tamaño desde pequeños guijarros hasta algunos metros de diámetro.

2.1.2 Rocas Magmáticas.- En este capítulo se describe las características principales de las unidades ígneas que ocurren en el distrito (Fig. N° 5). La respectiva clasificación composicional modal ha sido esquematizada en el diagrama AQF (Fig. N° 6) que es la clasificación recomendada por la IUGS (Anexo 1). La siguiente descripción sintetiza toda la información recopilada hasta la fecha: ERICKSEN et al. (1952), BORREDON (1982), JANJOU (1981), CANCHAYA (1987) y CANCHAYA et al. (1990).

Rocas Intrusivas.- Los cuerpos intrusivos mayores son los Stocks, que presentan afloramientos de varios kilómetros cuadrados de área, como es el caso de los intrusivos, Tantahuatay y San Miguel (Fig. N° 5).

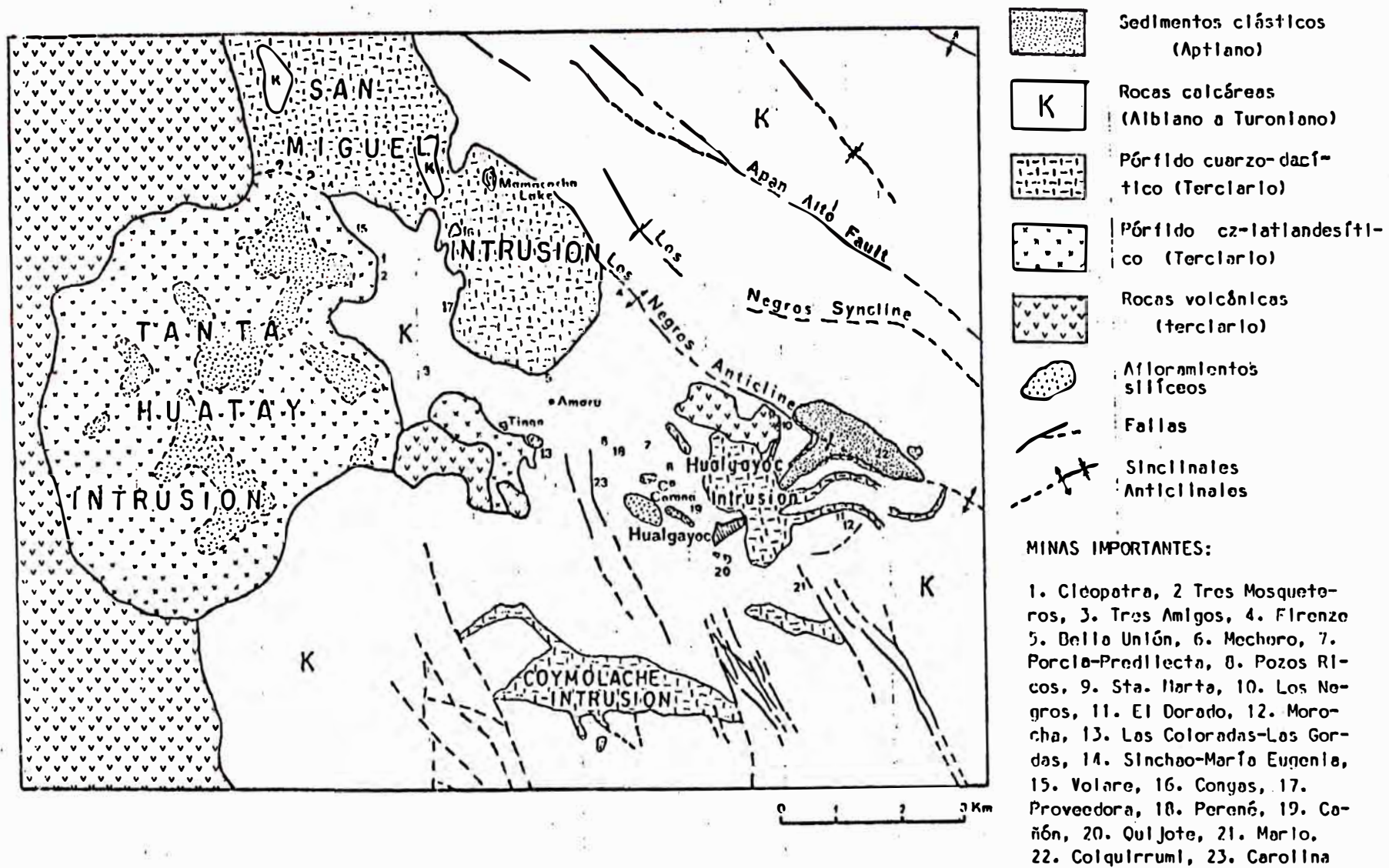
Los intrusivos pequeños, sills y diques, varían en tamaño hasta 2 Km. de largo y desde menos de un metro hasta 300 metros de potencia.

INTRUSIVO SAN MIGUEL.- Aflora hacia el NW del río Pílancones, presenta una forma alargada en la dirección andina. Comprende los cerros Chinchado, San Miguel y Pílancones.

En su extremo NW se encuentra cortando a los Volcánicos Calipuy; y el resto de su afloramiento se encuentra cortando a las calizas del Cretáceo medio a superior.

Composicionalmente varía entre un pórfido cuarzo latí andesítico y un pórfido dacítico.

INTRUSIVO COYMOLACHE.- Aflora al SW del pueblo de



PLANO GEOLOGICO SIMPLIFICADO DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC
Según CANCHAYA (1982, 1987, 1990)

Fig. No 5

Hualgayoc, a unos 2.5 Km. de distancia. Es de morfología lenticular alargada, en dirección casi EW. Comprende parte del cerro Coymolache y el flanco norte del cerro Pinguyo. Hacia el norte se desprende de él un brazo concordante a manera de codo y en su parte sur dos pequeños diques. Se encuentra emplazado en calizas del Cretáceo medio a superior; parte de sus contactos se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios. Según ERICKSEN et al. (1956) el intrusivo Coymolache es de composición cuarzo diorítica y de textura porfirítica.

Por Información de campo se le ubica emplazado al techo de las calizas en la formación Mujarrún del Cenomaniano. Ha sido datado en 11.80 ± 0.60 m.a. (BORREDON 1982).

INTRUSIVO HUALGAYOC.- De formación algo elíptica aflora al norte y este de Hualgayoc, en los cerros Jesús y José.

El intrusivo Hualgayoc se encuentra emplazado en calizas del Cretáceo medio a superior y en las areniscas Goyllarisquizga. Hacia el lado oeste los contactos se encuentran cubiertos por dos grandes depósitos cuaternarios: Quebrada Mesa de Plata y Quebrada Pastora. Hacia el lado este se extienden los sills del cañon del río Hualgayoc, entre calizas y areniscas.

La composición del intrusivo del Cerro Jesús es pórfido-dacítica con fenos de feldespatos alterados a serícita y fenocristales de cuarzo con bordes de corrosión, la matriz está formada principalmente por cuarzo y feldespatos (plagioclasas y feldespatos potásicos alterados). El intrusivo del cerro José es un pórfido cuarzo latita a pórfido latita andesita.

El intrusivo Hualgayoc ha sido datado en 14.30 +/- 0.70 m.a. (BORREDON 1982).

INTRUSIVO TANTA HUATAY.- Esta ubicado a unos 6.5 Kms. de distancia al WNW de Hualgayo. Comprende el cerro Ciénaga, parte del cerro Mirador, los cerros Tanta Huatay, Tingo, Quihuillas y otros. En sus cotas mayores presenta zonas silicificadas a manera de casquetes; corta la secuencia sedimentaria, incluyendo a los volcánicos Calipuy. Es de composición pórfido riodacítico a pórfido dacítico.

El intrusivo Tanta Huatay ha sido datado en 12.4 +/- 0.40 m.a. (MAC FARLANE 1989).

SILLS.- A continuación se describe cada una de ellas:

SILL DEL CAÑON HUALGAYOC.- Se encuentran emplazados tanto en los horizontes clásticos del grupo Goyllar como en las unidades calcáreas albianas. Estos sills son cuerpos fundamentalmente concordantes, sin embargo, en algunos casos se reconoce asimilación de roca circundante, así como tramos discordantes.

En el flanco derecho del cañon del río Hualgayoc se apreciaron 4 sills (minas Morocho y Los Mantos), los que varían en potencia desde los 20 metros hasta los 70 metros. Estos cuerpos, al igual que la secuencia sedimentaria mantienen un rumbo NE y se pueden seguir hasta los 2 Km. Así tenemos: Sill Aurelio (Fm. Farrat), Sill Mercedes (Fm. Inca), Sill Centinela y California (Fm. Chulec).

También se puede seguir los Sills al otro lado del Cañón, donde se observa solo dos de ellos: Aurelio y Mercedes (Mina Mansita y Los Negros).

Los sills del cañon de Hualgayoc son de composición

dacítica porfirítica, y por lo general se encuentran propilitizados (Fig. N° 6). Fueron datados en 10.50 +/- 0.50 m.a. (BORREDON 1982).

SILL YANACANCHA.- Aflora al SE del Pueblo de Hualgayoc a 1 Km. aproximadamente, en la falda norte del cerro José llegando hasta el paso Yanacancha. Es de forma alargada de 1.7 Km. de largo por 330 metros de ancho; se le clasifica como pórfido cuarzo andesítico.

SILL JESUS.- Emplazado al techo de las calizas de la formación Chulec (BORREDON, 1982). Presenta color gris verdoso. En forma alargada, de 600 metros de largo por 120 metros de ancho, concordante con la estratificación y tiene rumbo N20°W y buz. 25°SW. Presenta una alteración argílica y propilitica. Se observa fenos de PLGs, ANFs, y cz en matriz de PLGs. Como minerales secundarios ser y ep a expensas de PLGs. Clasificado como pórfido riódacítico (VIDAL 1980).

DIQUE EL DORADO.- Ubicado en la parte sur y superior de la mina El Dorado. De rumbo NE-SW, corta la secuencia sedimentaria albiana, su potencia es de 18 a 50 metros. Se le clasifica como: Pórfido Sienítico.

STOCK DEL CERRO CORONA.- Se ubica en el flanco Norte del Cerro Corona, ubicado al NW del pueblo de Hualgayoc. Es una roca ígnea de textura porfirítica con grandes fenocristales maclados y zonados de plagioclasas moderadamente argilitizados y albitizados, la matriz está compuesta de plagioclasas, máficos, cuarzo y en menor cantidad feldespatos potásicos. Presenta también pequeños cuerpos oxidados, silicificados y limonitizados (anexo 2).

ROCAS VOLCANICAS.- La parte oeste de la zona se encuentra cubierta por material volcánico de edad neo-terciaria, que cubre en parte a los sedimentos plegados del cretáceo. Su composición es muy variada: andesitas, dacitas y riolitas. Se pueden correlacionar con los volcánicos del Grupo Calipuy.

En el cerro Palo de Fierro, cerca al pueblo de Tingo, hay un afloramiento de extensión hectométrica, y forma redondeada. Consiste de rocas volcánicas de composición riolítica, textura porfirítica con matriz afanítica, y apariencia ignimbrítica. Probablemente pertenezcan a la formación Huambos del Terciario Superior.

En el cerro Hualgayoc, al norte del intrusivo Hualgayoc, se ha emplazado una estructura domática de forma redondeada, que se prolonga un tanto hacia el este. Es de composición riolítica, textura porfirítica y matriz afanítica. Ha sido datado en 7.2 +/- 0.35 m.a. (BORREDON 1982).

2.1.3 Tectónica.- Toda la secuencia estratigráfica fue plegada y fallada por fases tectónicas sucesivas, que ocurrieron a partir del Cretáceo superior y continuaron durante el Terciario. Las estructuras más prominentes son los pliegues; siendo los más importantes: el Anticlinal los Negros (o Molinopampa) y el Sinclinal Los Negros. El Anticlinal Los Negros es de tipo asimétrico, con eje de rumbo N40°W. Su flanco NE presenta fracturas verticales en sus niveles inferiores y plegamientos locales en las capas superiores (BORREDON 1982). Su flanco SW es de pendiente regular, entre 10° y 20°. Su eje pasa por la Mina Los Negros y sigue hacia el NW por el poblado de Pllancones. Hacia el SE cruza la Mina San Agustín.

El Sinclinal Los Negros , que en general es de igual

rumbo que el anticlinal, presenta en su parte sur una deflexión de su rumbo, alineándose en dirección EW (Fig. N^o 5 y N^o 7).

En base a un estudio estadístico de las principales estructuras CANCHAYA (1982) estableció los siguientes sistemas tectónicos (Fig. N^o 8):

A.- SISTEMA REGIONAL.- De orientación andina, con dos subsistemas: 1) De rumbo promedio N50°W, al cual pertenecen los ejes del anticlinal Los Negros, sinclinal Los Negros y fallas regionales, como la de Apan Alto (Fig. N^o 7). Este sistema parece haber controlado el emplazamiento de los intrusivos San Miguel y Hualgayoc y 2) De rumbo N25°W, agrupando a la mayor parte de las fallas regionales del sur del distrito, algunas de las cuales cortan a los sillis Coymolache y Yanacancha.

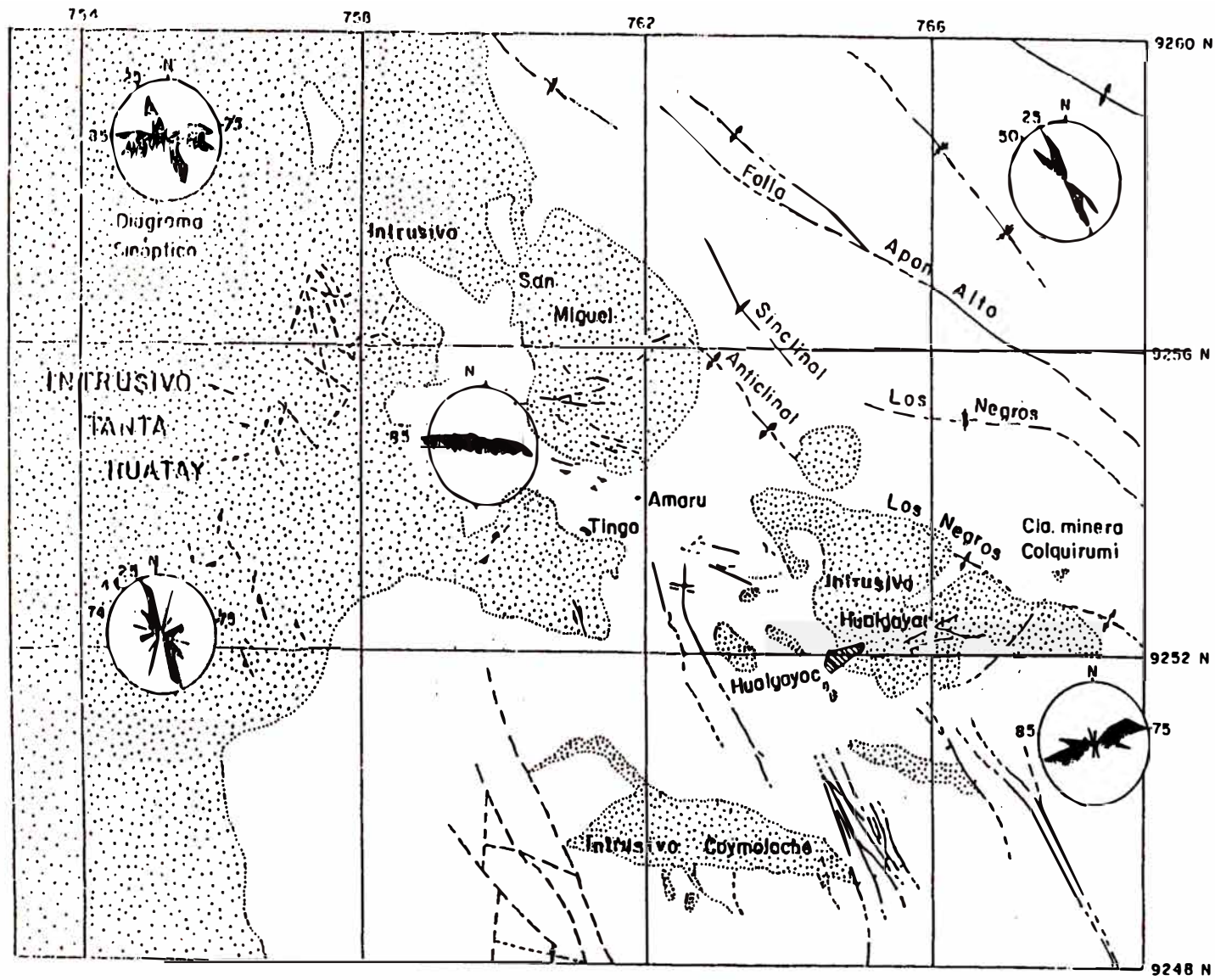
Las fallas y fracturas restantes se pueden agrupar así:








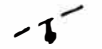
B.- SISTEMA YANACANCHA.- De rumbo N70°-80°E, a él pertenecen la mayor parte de las vetas de la parte sur del distrito (Fig. N^o 8D).

C.- SISTEMA PREDILECTA.- De rumbo N80°-90°W, al que pertenecen la mayor parte de las vetas de la parte norte del distrito (Fig. N^o 8C).

Los intrusivos suelen presentar sistemas tectónicos particulares, como es el caso del intrusivo Tanta Huatay (Fig. N^o 8B), en el cual el sistema predominante presenta un rumbo promedio de N25°W, correspondiente a uno de los subsistemas del sistema regional antes mencionado.

2.1.4 Geología Económica.- Sobre la base de las



-  Rocas terciarias
-  Rocas cretácicas
-  Anticlinos
-  Sinclinos
-  Veta
-  Fractura
- FALLAS**
-  Con movimiento horizontal relativo
-  Lado hundido

Según CANCHAYA et al. (1990)

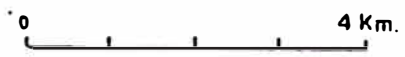
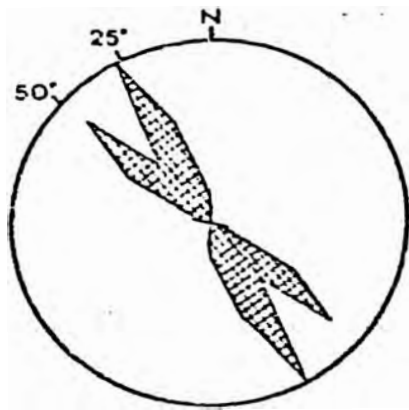
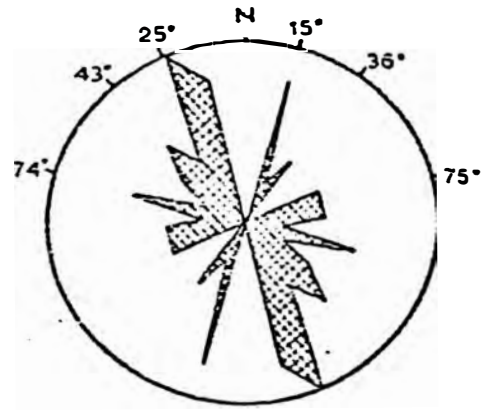


Fig. No 7

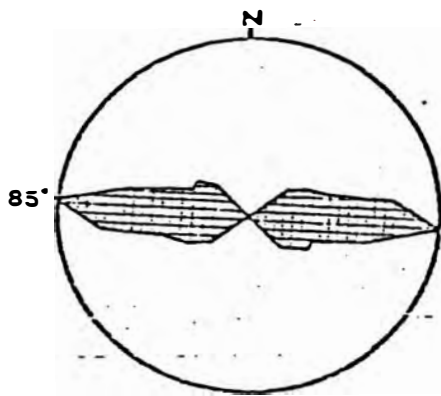
PLANO TECTONICO DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC



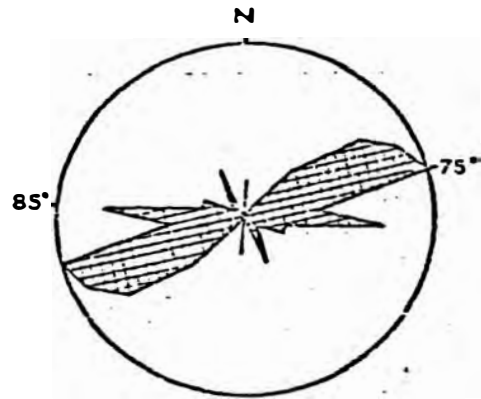
A. SISTEMA REGIONAL



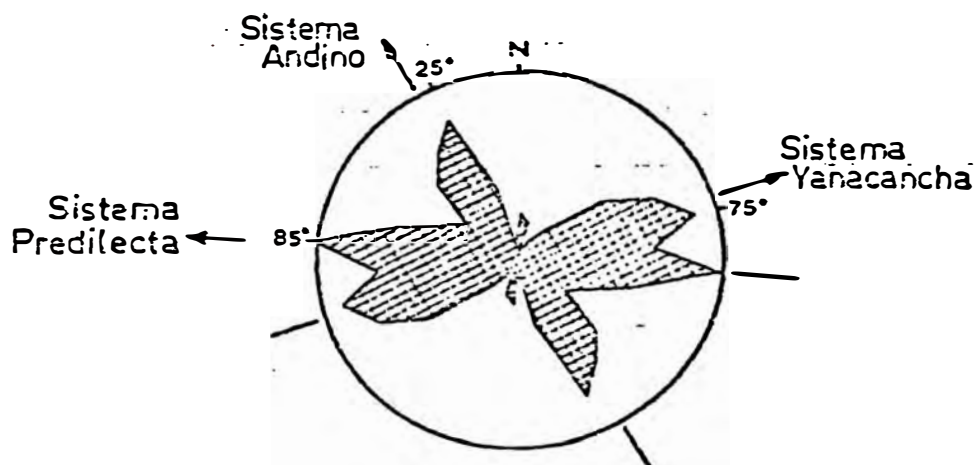
B. INTRUSIVO TANTA HUATAY



C. VETAS.- PARTE NORTE



D. VETAS.- PARTE SUR



E. DIAGRAMA SINOPTICO

Fig. No 8

DIAGRAMAS TECTONICOS DEL DISTRITO MINERO DE NUALGAYOC.

Según CANCHAYA (1990)

características geométricas y mineralógicas, se pueden diferenciar cuatro tipos principales de yacimientos en Hualgayoc: 1) Yacimientos concordantes, estratoligados, 2) Vetas Polimetálicas, 3) Cuerpos irregulares de cz-py-en y 4) Yacimientos intracársticos.

El cuadro N^o 1 resume las características de los yacimientos discordantes del distrito, que comprende a los tipos 2, 3, y 4 mencionados.

El cuadro N^o 2 resume las principales características de los yacimientos concordantes (mantos).

Subdivididos en tres grupos:

- Mantos de esfalerita-galena
- Mantos de cuarzo - pirita y
- Mantos complejos.

Adicionalmente debemos mencionar la ocurrencia de pequeños cuerpo tipo stockwork, como los de cerro Corona (HUDSON et al. 1980), mantos oxidados enriquecidos en oro residual por acción supergénica (Las Coloradas, Manto Fátima, etc.); Por otro lado algunas perforaciones diamantinas realizadas el año 1920, por la Northern Perú Mining and Smelting Co., en el intrusivo Tanta Huatay, sugieren la presencia de un pórfido de cobre de baja ley (ERICKSEN et al. 1956).

Contrariamente a lo esperado, en el contacto entre los intrusivos y las calizas se desarrollan zonas de alteración poco extensas, probablemente debido al carácter "seco" de dichas intrusiones. En algunas zonas los intrusivos son de carácter algo más ácido, llegando a desarrollar a veces pequeños cuerpos de Skarn (Mina Cañón CANCHAYA 1980), los que raras veces

C U A D R O 1

T I P O	ROCA ENCAJONANTE	CARACTERISTICAS PRINCIPALES	MINERALES PRINCIPALES	MINERALES ACCESORIOS	EJEMPLOS
VETAS Cu-Pb-Zn-Ag.	Rocas intrusivas laterales. Sedimentos cretácicos: calcáreos pelíticos y psammíticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Mineralogía compleja - Minerales de grano medio a grueso - Fuerte alteración hidrotermal de la roca de caja - Relativa abundancia de minerales de cobre - Texturas de reemplazamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Calcopirita pirita galena esfalerita cuzco berilita calcita cobregrietas 	<ul style="list-style-type: none"> Sulfosales de Ag, Pb, Cu As. y Sb carbonatos covelita limonites Sulfatos de Cu - Fe 	<ul style="list-style-type: none"> San Agustín Murclálego Proveedora "A" y "Z" (Balle Unión) Sist. vetas, Cerro Jesús y Sn. Lorenzo.
CUERPOS IRREGULARES Fe-Cu-Ag-Ag	Calizas arcillosas Intrusivos terciarios Intrusivo Tonto Huntay	<ul style="list-style-type: none"> - Ocurren sólo en zonas topográficas altas. - Fuerte alteración hidrotermal de la roca de caja - Minerales de granulometría gruesa - Ubicados en zonas de contacto: calizas intrusivos. 	<ul style="list-style-type: none"> pirita cuzco emargita 	<ul style="list-style-type: none"> Calcopirita cobregrietas elunita arcillas soricitita 	<ul style="list-style-type: none"> Cienfuegos Tres Mosqueteros Tres Amigos
CUERPOS INTRA - CARSTICOS Pb-Zn-(Ag)	Calizas y Margas Cretácicas	<ul style="list-style-type: none"> - Cuerpos tabulares e irregulares - Mineralogía simple - No se observa alteración de la roca de caja - Principales texturas: botroidal, bandada, masiva, dendrítica, terrosa, granítica, brechosa relleno intersticial e intergranular, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Esfalerita galena carbonatos pirita mercosita 	<ul style="list-style-type: none"> Chert baritina limonites arcillas óxidos de Mn 	<ul style="list-style-type: none"> Coñón Merlo Porcía Pozos Ricos

Según CANCHAYA et al. (1990).

PRINCIPALES TIPOS DE YACIMIENTOS DISCORDANTES EN HUALGAYOC.

T I P O	R O C A ENCAJONANTE	CARACTERISTICAS PRINCIPALES	MINERALES		EJEMPLOS
			PRINCIPALES	ACCESORIOS	
MANTOS DE ef - gn	Calizas Margas y Lodolitas	<ul style="list-style-type: none"> - Menas en forma de cuerpos masivos, lentes, acumulaciones, venillas cortas y diseminadas. - Materia orgánica y chert, como lentes, concreciones y venillas. - Por lo general minerales de grano fino. - Alteración de la roca encajonante muy débil o ausente. - Presencia de texturas sedimentarias - tanto de menas como de la roca de caja. - Mineralogía simple. 	Esfalerita Galena carbonatos cuarzo (incluyendo chert) pirita	Sericita arcillas arsenopirita marcasita hematita pirrotita calcopirita (rare)	La Argolla Manto 8-W (Belle Unión) Firenze (Pillancones)
MANTOS DE cz -py	Calizas y Margas con intercalaciones de tufos pelitas y psammitas.	<ul style="list-style-type: none"> - Horizontes con mineral frecuentemente asociados con capas de tufos. - Roca de caja con alteración hidrotermal muy débil o ausente. - Menas masivas, en parte finamente estratificadas. - Texturas sedimentarias obliteradas por las menas masivas. - Mineralogía simple. 	Cuarzo pirita	Calcopirita esfalerita galena cobregrietas calcita onargita caolinita	Manto 10 -W (Belle Unión) Mercedes Morocha Manto 1 (Mansito)
MANTOS COMPLEJOS	Psammitas, pelitas y margas con tufos interestratificados.	<ul style="list-style-type: none"> - Mineralogía compleja - Menas en forma de cuerpos masivos, lentes, venillas, acumulaciones, diseminadas y en concreciones nodulares. - Presencia de texturas sedimentarias que comprometen tanto a las menas como a la roca de caja. - Signos de remobilización y metamorfismo. - Superposición de otros eventos de mineralización: cárstico, hidrotermal. 	Alternativamente: pirita cuarzo (incluyendo chert) carbonatos otros sulfuros. Cloritas o sericita.	Ceolinita calcopirita esfalerita pirrotita arsenopirita Sulfosales de: Cu, Ag, Pb, As, y Sb hematita magnetita marcasita baritina	Manto Lourdes Manto Fátima Manto Lola Manto Ardón

Según CANCHAYÁ et al. (1990)

llegan a tener valores económicos de Zn y Pb, como en el caso del cuerpo de la Mina Lambayeque, cerca al borde occidental del intrusivo Hualgayoc. PAREDES (1980) da cuenta de otros indicios, un tanto dudosos, de skarnización y metasomatismo en la Mina Los Mantos.

El distrito minero de Hualgayoc, tal como ya se expresó, es un distrito muy complejo: una de las manifestaciones de dicha complejidad es su variada mineralogía. El cuadro Nº 3 es una lista de todo los minerales hasta ahora reportados en los diferentes tipos de yacimientos que ocurren en Hualgayoc, clasificados en grupos mineralógicos.

2.1.5 Geología Histórica.- A partir del Titoniano, en la Cuenca Peruana Occidental del Miogeosinclinal Andino, se inició un ciclo de sedimentación que continuó durante el Aptiano y Albiano hasta el Santoniano.

La depositación fundamentalmente clástica de la formación Farrat, en el Hauteriviano (BORREDON 1982), fue simultánea con la del llamado Grupo Goyllarisquizga al Oeste, hacia la zona del Eugeosinclinal (COBBING et al. 1981). Entre el Aptiano Superior y Albiano Inferior se depositaron los sedimentos de la formación Inca, con facies litorales y marinas que dan cuenta del inicio de una transgresión marina, que continuó con la formación Chulec, de edad Albiano medio (BENAVIDES 1956). En estas formaciones se hallan emplazados los yacimientos estratoligados "Los Mantos".

En la zona del miogeosinclinal, la formación Pariatambo del Albiano superior (JANJOU 1981), es correlacionable con los volcánicos sedimentarios de los grupos Lomas y Lancones, del Albiano Superior al

CUADRO 3

SULFUROS Y SULFOSALES

BECKHAMINITA	Ag ₂ BiS
SCHAPPECHITA	Ag ₂ BiS
ARAFAYDITA	Ag(Sb Bi)S ₂
ESTEFANITA	Ag ₂ SbS ₄
FIROSTIBNITA	Ag ₃ SbS ₃
MARGIRITA	Ag SbS ₂
PIRAKIRITA	Ag ₃ SbS ₃
PROUSTITA	Ag ₂ AsS ₃
SMITHITA	Ag ₂ AsS ₂
ARGENTITA	Ag ₂ S
ACANTITA	Ag ₂ S
ARGIROBITA	Ag ₂ CeS ₆
MATILDITA	AgBiS ₂
SCHIRMERITA	Pb ₂ AgBi ₃ S ₇
GUSTAVITA	Pb ₅ Ag ₃ Bi ₁₁ S ₂₄
ANDRITA	Pb Ag Sb ₃ S ₆
FIZELYITA	Pb ₅ Ag ₂ Sb ₆ S ₁₈
RAMONDITA	Pb ₅ Ag ₁₂ S
DAYHEEITA	Pb ₅ Ag ₂ Sb ₃ S ₁₅
DIAPHORITA	Pb ₂ Ag ₃ Sb ₃ S ₁₈
FREISLEBENITA	Pb ₂ Ag ₃ Sb ₃ S ₁₈
ERODONIARITA	Pb Ag ₂ Sb ₂ S ₅
FREIBERGITA	Pb Ag Sb ₂ S ₃
DUFRENOYITA	Pb ₂ As ₂ S ₅
GALENDEISMUTITA	Pb ₂ Bi ₂ S ₄
CANNIZZARITA	Pb ₃ Bi ₅ S ₁₁
COALITA	Pb ₂ Bi ₅ S ₁₁
KEBELLITA	Pb ₂ (Bi, Sb) ₅ S ₁₇
FULGITA	Pb ₅ Sb ₅ S ₁₅
ZINKENITA	Pb ₅ Sb ₁₄ S ₂₇
PLACIDONITA	Pb ₅ Sb ₈ S ₁₇
SEMSEYITA	Pb ₅ Sb ₈ S ₂₁
BOULANGERITA	Pb ₅ Sb ₈ S ₂₁
TUINKITA	Pb(Sb, As) ₁₁ S ₄
GEORONITA	Pb(Sb, As) ₂ S ₈
BAUMHAVERITA	Pb ₅ As ₈ S ₁₈
SARTORITA	Pb ₅ As ₈ S ₁₈
JORDANITA	Pb ₅ As ₂ S ₈
CALENA	Pb ₅ S
JAMESONITA	Pb FeSb ₆ S ₁₄
ETJENITA	Sb ₂ S ₃
MACKINAVITA	(Fe, Ni) ₂ S ₈
BRAVOITA	(Ni, Fe) ₂ S ₂
ARSENOPHITA	FeAsS
MULLINGITA	FeAs ₂
OROPIMENTE	As ₂ S ₃

LINOSTRÖMITA	Cu ₃ Pb ₂ Bi ₇ S ₁₅
HAMMARITA	Cu ₂ Pb ₂ Bi ₄ S ₉
BERRYITA	(Cu ₃ Ag ₁ , S) ₅ Pb ₃ Bi ₇ S ₁₆
KIMINITA	Cu ₂ PbBiS ₃
EDURNONITA	Cu ₂ PbSbS ₃
MENEGHINITA	Cu ₂ Pb ₃ Sb ₇ S ₂₄
SELIGMANNITA	Cu ₂ PbAsS ₃
EMPLECTITA	Cu ₂ BiS
CUPROBISMUTITA	Cu ₁₀ Bi ₁₂ S ₂₃
WITTICHENITA	Cu ₂ BiS ₃
CALCOSTIBITA	CuS ₂ S ₃
FAMAJINITA	Cu ₂ SbS ₄
TETRAEDRITA	Cu ₂ Sb ₄ S ₁₃
TENNANTITA	Cu ₁₂ As ₅ S ₁₃
LAUTITA	Cu ₂ As ₅ S ₁₃
ENARGITA	Cu ₄ AsS ₄
LUZONITA	Cu ₂ AsS ₄
CALCOSITA	Cu ₂ S
DIGENITA	Cu _(2-x) S
COVELITA	CuS
BORNITA	Cu ₂ FeS ₂
COLEPITITA	Cu ₂ FeS ₂
ESTANNITA	Cu ₂ FeSnS ₄
NEOSIGENITA	Cu ₉ S ₅
IDAITA	Cu ₂ FeS _(?)
COBREGRISES	(Cu, Fe) ₁₂ (As, Sb) ₄ S ₁₃
KESTERITA	Cu ₂ (Zn, Fe)SnS ₄
MAUSDONITA	Cu ₆ Fe ₂ SnS ₈
ESTIBIOLUZONITA	Cu ₂ SbS ₄
ESTANDIDITA	Cu ₈ (Fe, Zn) ₃ Sn ₂ S ₁₂
PAVONITA	As ₂ Cu(Bi, Sb, Pb) ₉ S ₁₆
POLIBASITA	(Ag, Cu) ₁₆ Sb ₂ S ₁₁
PEARCEITA	(Ag, Cu) ₁₆ As ₂ S ₁₁
NOVAKITA	(Cu, Ag) ₁₁ As ₅
KUTINAITA	Cu ₂ AgAs
MACKINSTRITA	Ag ₁ Cu _{0.8} S
STROMAYERITA	Ag ₂ CuS
JALPAITA	Ag ₃ CuS
PIRITA	FeS
MARCASITA	FeS
PIRROTITA	Fe _{1-x} S
MELNICOVITA	FeS ₂
MOLIBDENITA	MoS ₂
REDALGAR	AsS
ESFALERITA	(Zn, Fe)S

OXIDOS

CALCEDONIA	SiO ₂
EUPRITA	Cu ₂ O
HEMATITA	Fe ₂ O ₃
ILMENITA	FeTiO ₃
LIMONITA	FeO(OH)
MAGNETITA	Fe ₃ O ₄
PSILOMELANO	(Ba, H ₂ O)Mn ₅ O ₁₀
CUARZO	SiO ₂
RUTILO	TiO ₂
PIROLUSITA	MnO ₂
DELAFOBITA	CuFeO ₂

CARBONATOS

AZURITA	Cu ₂ (CO ₃) ₂ (OH) ₂
CALCITA	CaCO ₃
CERUSITA	PbCO ₃
DOLOMITA	CaMg(CO ₃) ₂
MALAQUITA	Cu ₂ (CO ₃) ₂ (OH) ₂
RODDROSITA	MnCO ₃
SMITHSONITA	ZnCO ₃
SIDERITA	FeCO ₃
ANKERITA	Ca(Fe, Mg)(CO ₃) ₂

SULFATOS

ALUNITA	KAl ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₂
ANGLESITA	PbSO ₄
BARITINA	BaSO ₄
BROCHANTITA	CuSO ₄ (OH) ₆
CALCANTITA	CuSO ₄ ·5H ₂ O
EPSOMITA	MgSO ₄ ·7H ₂ O
GOSLARITA	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
YESO	CaSO ₄ ·2H ₂ O
MELANTERITA	FeSO ₄ ·7H ₂ O

OTROS

ORO	Au
PLATA	Ag
ALARGENTUM	Ag ₂ Sb
DYCRASITA	Ag ₃ Sb
CUPROSTIBITA	Cu ₂ Sb
ALGODONITA	Cu ₅₋₇ As
DORREYITA	Cu ₂ As
KOUTENITA	Cu ₂ As ₂
PAXITA	Cu ₂ As ₂
FLUORITA	CaF ₂
ARCILLAS (principalmente caolinita)	
MUSCOVITA	KAl ₂ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂
ESTENA	CaTiSiO ₅
EPIDOTA	Ca ₂ (Al, Fe) ₃ (SiO ₄) ₃ (OH)
CLORITAS	

Compilado a partir de:

MILLER & SINGLEWALD (1915), ERICKSEN et al. (1955)
 RAIMONDI (1870, 1939), TUMIALAN et al. (1977),
 CANCHAYA & TUMIALAN (1976), CANCHAYA (1980, 1987a, b)
 CABOS (1980, 1982) y BARRERON (1982)

Fórmulas químicas según FLEISCHER (1980)

o Minerales abundantes o importantes

Según CANCHAYA et al. (1990)

MINERALES QUE OCURREN EN LOS DIFERENTES YACIMIENTOS
 DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC

Cenomaniano Inferior (CANCHAYA 1987, 1989). Aquí el mar cubrió la región hasta el Santoniano, depositándose las formaciones calcáreas: Yumagual, del Cenomaniano Superior (BORREDON 1982); seguida de la formación Coñor, de edad Turoniano inferior (JANJOU 1981); Cajamarca del Turoniano superior y la formación Celendín de edad Coniaciano Santoniano (BENAVIDES 1956).

La sedimentación cretácica fué interrumpida por el primer movimiento deformatorio andino (Fase Peruana) del cretáceo superior. Un segundo movimiento ocurrió durante el Terciario inferior, el cual plegó a la secuencia sedimentaria hacia el NE, contra el flanco occidental del Geoanticlinal del Marañon. Este movimiento fué seguido de una intensa etapa de erosión y subsecuente actividad magmática, la que dió origen a los Volcánicos Calipuy.

Durante la actividad magmática sinorogénica tuvo lugar otra etapa magmática durante la cual se emplazaron los stocks subvolcánicos de composición andesítica a dacítica; siendo el más antiguo el Intrusivo Hualgayoc (14 +/- 0.7 m.a.), a continuación el intrusivo Tanta Huatay (12.4 +/- 0.4 m.a.), el Coymolache (11.8 +/- 0.6 m.a.) y los sills del cañón del río Hualgayoc (10.5 +/- 0.5 m.a.).

Una intensa denudación y peneplanización, que se inició en el Mioceno, originó una amplia llanura (Superficie Puna), la cual fué sucesivamente modificada por un continuo levantamiento que obligó a los ríos a profundizar sus cauces. En clara relación espacial con dicha superficie se ubican los yacimientos intracársticos, controlados por una serie de fallas y fracturas. por otro lado, los sistemas tectónicos sirvieron de control a la formación de la mayor parte de las vetas hidrotermales el Sistema

Yanacancha y el Predilecta; el emplazamiento de estas vetas debió ocurrir entre los 10.5 y 7.2 m.a.

La actividad magmática de la zona finaliza con el vulcanismo Huambos que depositó ignimbritas de composición riodacítica, a la vez que se emplazara el Domo de Hualgayoc, de idéntica composición, datado en 7.2 +/- 0.35 m.a.

Finalmente la glaciación cuaternaria imprimió sus efectos en las altitudes mayores, rellenando a la vez las partes más hondas de los valles glaciares con morrenas y material de acarreo.

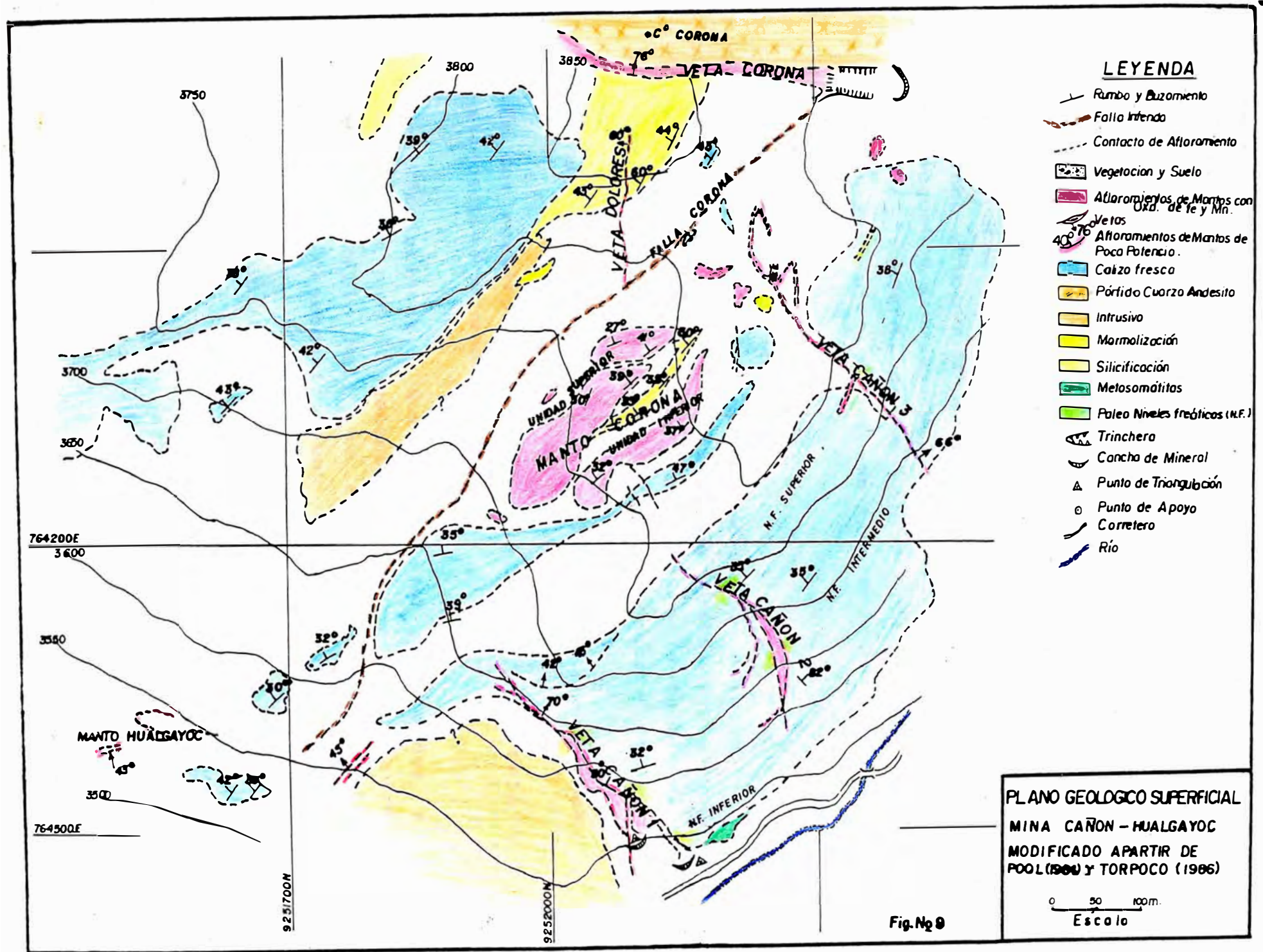
2.2 Geología Local

La "Mina Cañón" se encuentra en el Cerro María, sobre el margen izquierdo del río Hualgayoc y a la derecha de la Quebrada Pozos Ricos (Lámina I - foto A).

El relieve del terreno calcáreo es accidentado; mientras que el del intrusivo es moderado y cubierto de vegetación. Donde predominan los afloramientos de calizas se ha desarrollado suelo en el fondo de las pequeñas quebradas y en repizas sobresalientes de las rocas, a modo de "andenes". Los afloramientos de las rocas intrusivas son escasos y pequeños (Fig. Nº 9).

La traza de las vetas y mantos principales se infiere fácilmente en el terreno, por presentar relieves negativos que llegan hasta la cumbre. Actualmente la única en explotación es Veta Cañón 1 (Zn, Pb y Ag), reconocida en superficie y subterráneo por tres niveles principales: 520, 550 y 580 (Fig. Nº 11).

2.2.1 Litología.- En la mina existen dos tipos de roca principales: Las rocas calcáreas y las intrusivas; en forma esporádica se encuentran zonas



764200E

3600

3580

764300E

MANTO HUÁLGAYOC

3500

3750

3700

3650

3800

3850

42°

43°

32°

30°

9251700N

9252000N

OC° CORONA

VETA CORONA

VETA DOLORES

FALLA CORONA

UNIDAD SUPERIOR
MANTO CORONA
UNIDAD INFERIOR

VETA CAÑON 3

N.F. SUPERIOR

N.F. INTERMEDIO

VETA CAÑON 1

N.F. INFERIOR

VETA LA BONTA

marmolizadas y metasomáticas; también se encuentran afloramientos de travertino circunscribiendo a sombreros de fierro, formado en las zonas más anchas de la Veta Cañón 1 y Cañón 2 y en una pequeña área de la Veta Cañón 3 (topografía cárstica antigua) y calizas silicificadas de textura terrosa entre la Unidad Superior e Inferior del Manto Corona.

ROCAS IGNEAS.— El intrusivo mayor de la Mina Cañón es el stock ubicado en el cerro Corona. Los intrusivos más pequeños son dos: Uno de ellos se encuentra en el extremo izquierdo de la Unidad Superior del Manto Corona y el otro al extremo izquierdo inferior de la Veta Cañón 1.

El stock del cerro Corona es de textura porfirítica con fenocristales de grano medio sub- a idiomórficos de plagioclasas (abundantes), anfíboles (hornblenda) y feldespato potásico; con matriz criptocristalina compuesta fundamentalmente por feldespato potásico, en parte microgranular y plagioclasas (PLGs), cz y otros, también finas diseminaciones de minerales Ops.

En dos muestras provenientes de superficie, bajo el microscopio se encontró:

Plagioclasas.— Que constituyen los fenos más abundantes por lo general se encuentran zonados y maclados (Foto N^o 1), se alteran incipientemente a sericita y carbonatos. Una de las muestras presenta albitización (Foto N^o 2) y la otra muestra zeolitización (Foto N^o 1).

— **Hornblenda.**— En cristales sub- a idiomórficos; es el ferromagnesiano más abundante, se altera a carbonatos, opacos, cloritas y epidota.

— **Otros.**— Biotita, cuarzo, opacos, apatito, etc., muy

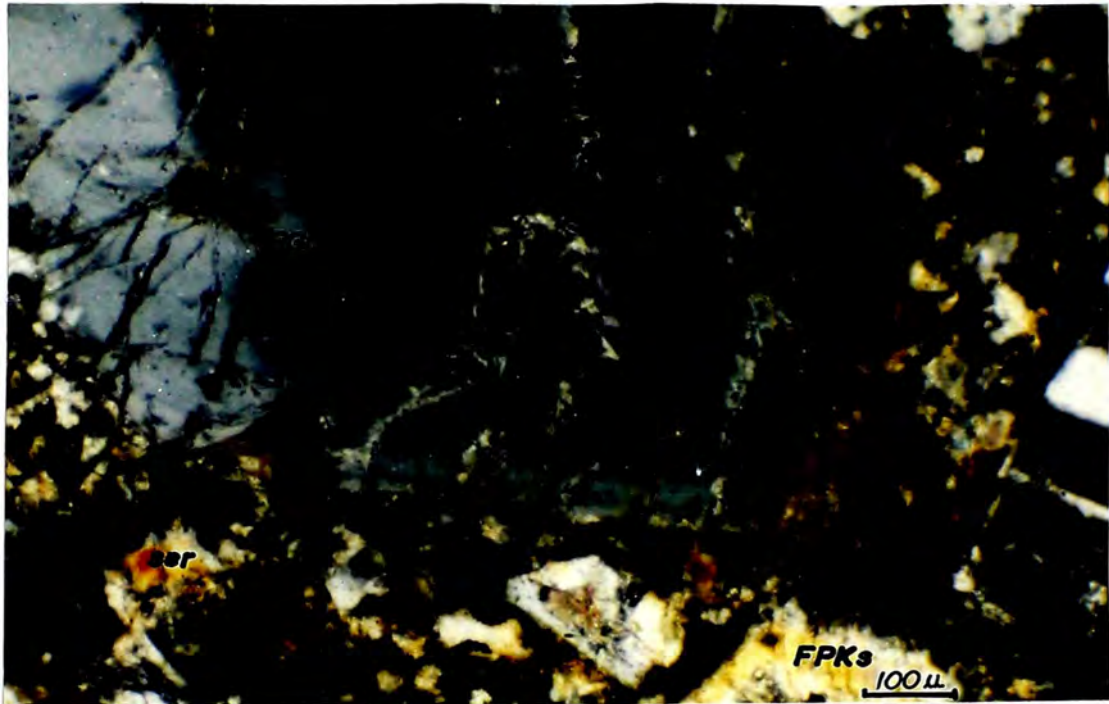


Foto Nº 1.- Stock Corona, 6.3X, muestra CI. Nícoles Xs. Fenos de PGLs maclados y alterados (Zeolitización). Matriz granular con alteración incipiente de PGLs y FPKs a sericita.

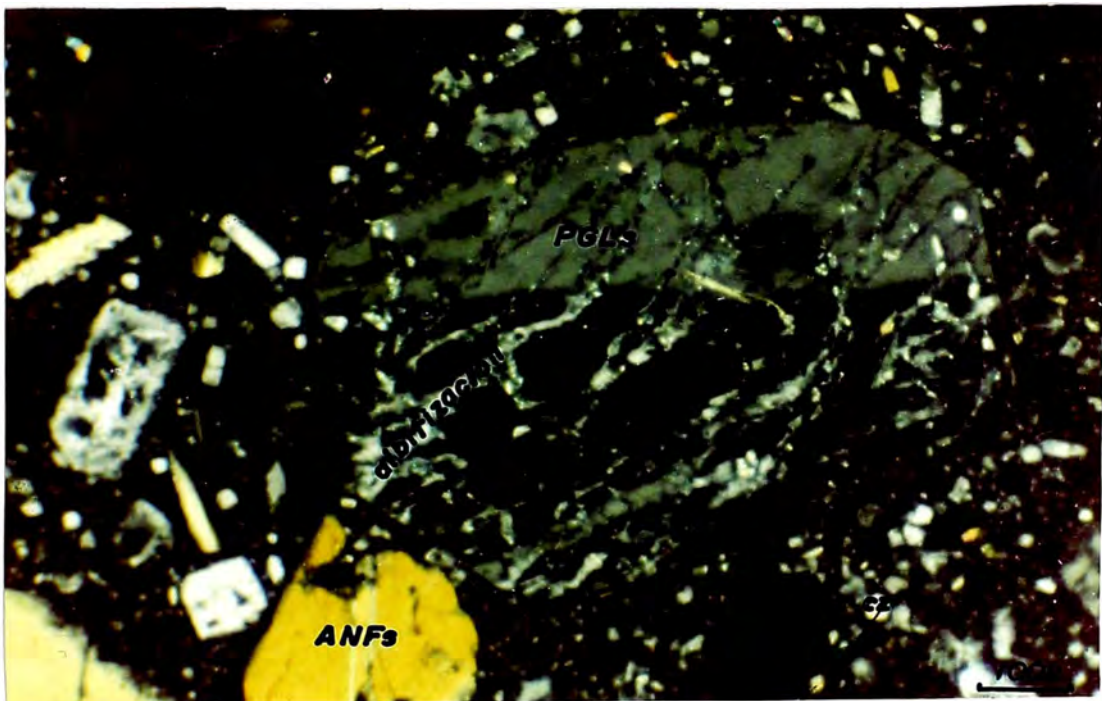


Foto Nº 2.- Stock Corona, 6.3X, muestra M4. nicoles Xs. Fenos de ANFs y PGLs macladas; el del centro está zonado y alterado (albitización). Matriz criptocristalina, en parte microgranular (PGLs, FPKs, cz y otros).

escasos.

En la matriz se identificó fundamentalmente:

Plagioclasas.- Que constituyen el mayor porcentaje, de matriz, identificada bajo el microscopio con objetivo de alto poder, observándose microcristales de plagioclasas macladas.

Feldespatos potásicos.- Es el segundo mineral más abundante en la matriz, se encuentra en criptocristalino y en parte microgranular; debido a su difícil identificación al microscopio y a su similitud con el cuarzo y plagioclasa, se confirmó su ocurrencia con tinción, usando Cobalto Nitrito.

- Cuarzo.- Considerado como el tercer mineral más abundante de la matriz.

Los minerales secundarios más abundantes son: Sericita, carbonatos, opacos, albita, zeolita, cloritas, arcillas y epidota.

Como accesorios: biotita, opacos, apatito y otros. Tanto la pasta como los fenocristales se presentan en proporciones de 45% y 55% respectivamente, en donde las plagioclasas tienen un porcentaje más abundante. De acuerdo con la clasificación de las rocas ígneas en el diagrama AQP, recomendado por IUGS (International Union of Geological Sciences), se podría denominar a esta roca intrusiva como: Pórfido Cuarzo Andesita (anexo 3).

Otros Intrusivos menores.- Son dos los intrusivos menores, uno de ellos ubicado en el extremo izquierdo de la Unidad Superior del Manto Corona, según TORPOCO (1987) se trata de una diorita de grano fino propilitizada; el otro intrusivo se encuentra en el

extremo izquierdo inferior de la veta Cañón 1, al que TORPOCO (1987) se refiere como una roca de textura porfirítica. Del afloramiento de este segundo intrusivo menor el suscrito estudia una muestra, tanto macroscópicamente y microscópicamente. En la descripción mineralógica se encontró: Sericita y cuarzo, como minerales esenciales; opacos, apatito, carbonatos, arcillas, cloritas, muscovita, biotita, esfena, zircón, rutilo y epidota, como accesorios; de los cuales sericita, carbonatos, cloritas y arcillas son secundarios; la matriz es sericítica y carbonácea.

La roca está muy alterada observándose relictos de Plagioclasas, Feldespato Potásico y otros minerales; su ocurrencia no ha sido suficientes para poder determinar el tipo de roca.

ROCAS SEDIMENTARIAS.- Las calcáreas son las rocas más abundantes en la mina, las cuales tienen interestratificaciones de horizontes margosos. En algunas partes sólo se observa bloques calcáreos aislados, ya que el suelo y vegetación cubre la mayor parte de los afloramientos.

Los estratos presentan en general buzamientos de 35° SW con rumbo N55°W. En la superficie, a la altura de los niveles principales de la veta Cañón 1; las rocas calcáreas gradan de margas decoloradas a calizas; sobreyaciendo a éstas ocurre una secuencia que consiste de una interestratificación de calizas y horizontes margosos, consideranda como zona intermedia. Por encima del nivel superior de la Veta Cañón 1, hasta en el Manto Corona los afloramientos consisten de rocas calcáreas que gradan de margocalcáreas bituminosas a una roca calcárea gris, con contenido de fósiles: Inoceramus, Gasterópodos, Arca, etc. (determinaciones de J. MARTINEZ & D.

ROMERO, UNI 1988) que no son evidencias fehacientes para poder decidir la edad ni la formación existente en la zona de estudio.

Sin embargo, por las características litológicas, se diría que la secuencia corresponde a las formaciones Chulec y Pariatambo de edad Albiano Medio.

Algunas zonas de los sedimentos calcáreos se encuentran alterados y transformados; dichas alteraciones y transformaciones gradan desde una simple decoloración hasta una silicificación, incluyendo marmolización, y hasta la formación de metasomatitas.

Silicificación.— La más importante se encuentra entre la Unidad Superior y la Unidad Inferior del Manto Corona; se trata de una silicificación fuerte, presentando la roca una textura arenosa, y algunos pequeños nódulos arrifionados.

Marmolización.— Se encuentra principalmente en el extremo izquierdo superior del Manto Corona, en el cerro del mismo nombre; consiste de una masa irregular de color blanco grisáceo a verde cremoso, en el contacto entre la caliza y el intrusivo allí existente.

Metasomatitas.— Ocurren en el extremo derecho de la bocamina del nivel 520 de la veta Cañón 1 (Lámina I: Foto C); esta roca presenta un bandeamiento de color gris a verde amarillento (granate), más hacia la derecha disminuye el metasomatismo presentándose un bandeamiento de color gris claro alterando con un gris oscuro; de ambos casos se observa fracturas rellenas con calcita, así como disseminaciones de pirita.

Eflorescencias de Paleo-niveles Freáticos .- Existen tres niveles freáticos . Las evidencias más notorias de su existencia son las eflorescencias que ocurren a la altura de los niveles principales de la Veta Cañón 1 (Nv. 520, 550 y 580).

El nivel freático superior (encima del Nv. 580), se reconoce entre los afloramientos de las vetas Cañón 2 y Cañón 3; el nivel freático intermedio (encima del Nv. 550) alineado con la veta Cañón 2 y el nivel freático inferior encima del nivel 520.

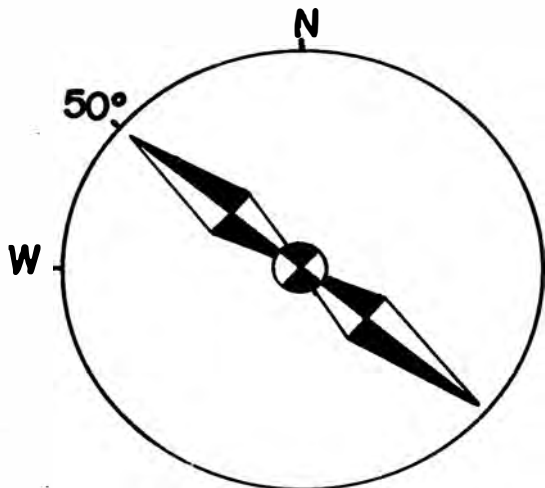
Los niveles freáticos son evidentes por las eflorescencias de travertinos de color cremoso a gris amarillento, y su aspecto coliforme, estalactítico, cavernoso, etc. (Lamina I: foto E).

2.2.2 Geología Estructural.- Del análisis estructural de la mina Cañón, Fig. Nº 10 (referido a las estructuras mineralizadas) se desprende la presencia de tres sistemas estructurales importantes: $N45^{\circ}-55^{\circ}W$, $E-W$ y $N55^{\circ}-65^{\circ}E$, que pertenecen a los sistemas tectónicos: Regional, Predilecta y Yanacancha respectivamente, mostrados en el diagrama tectónico del Distrito Minero de Hualgayoc (Fig. Nº 8).

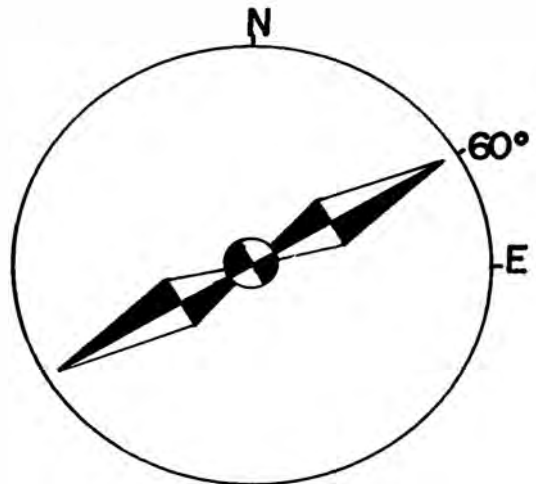
El rumbo de los mantos, al igual que el de la secuencia sedimentaria, se alinea con el Sistema Regional. Esto es válido tanto para los de gran alcance (Manto Corona) como para los de pequeño alcance, adyacentes a las estructuras Cañón 1, Cañón 2 Cañón 3 y otros.

Al Sistema Yanacancha y Predilecta pertenecen una serie de vetas; las de menor alcance corresponden al sistema predilecta, siendo la mayor de ellas la veta Dolores. Al sistema Yanacancha pertenecen, entre

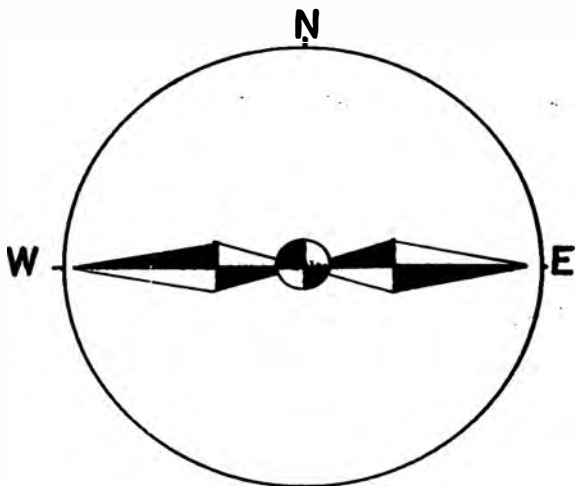
**DIAGRAMAS TECTONICOS DE LA MINA CAÑON
HUALGAYOC - CAJAMARCA**



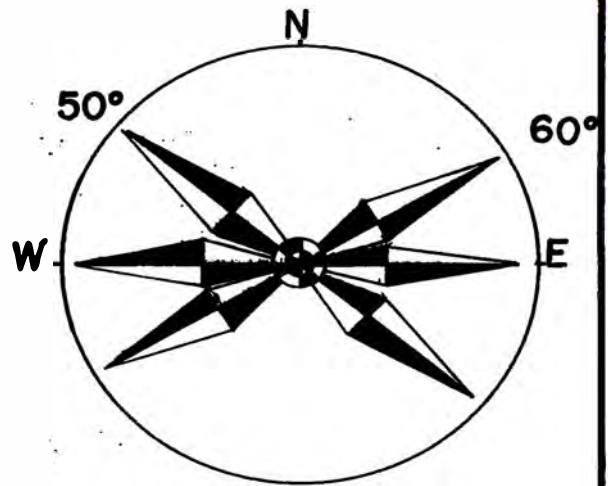
**A.-Rumbo de :
LOS Mantos+Cofoña, Hual-
gayoc y otros menores
(Sistema Regional Fig. Nº
8).**



**B.-Vetas: Cañon1, Cañon 2 y
Cañon 3 (Sistema
Yanacancha Fig. Nº
8).**



**C.-Vetas de menor de
alcance (Sistema
Predilecta Fig. Nº 8).**



E.-DIAGRAMA SINÓPTICO

otras las vetas Cañón 1, Cañón 2 y Cañón 3, todas éstas controladas por el fallamiento-fracturamiento y formación subsecuente de cavidades subterráneas por procesos cársticos. Según HUDSON et al. (1980) aparecen estructuras brechadas con rumbo N55°-65°E, al NE de la Veta Cañón 1 las cuales se han reconocido en el nivel 520 y en superficie en una zona casi equidistante entre la veta Cañón 1 y Cañón 2.

3. DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS CON MINERAL DE LA MINA CAÑON

En los planos geológicos, tanto superficiales como subterráneos, modificados por el suscrito a partir de POOL (1984) y TORPOCO (1987), ya se ha señalado algunos datos respecto a las estructuras presentes en la mina, aún cuando a veces no han sido muy bien reconocidas. En este capítulo sólo nos vamos a referir fundamentalmente a las estructuras más conspicuas de la Mina, es decir: las Vetas Cañón 1, Cañón 2 y el Manto Corona.

3.1 Veta Cañón 1

Se localiza principalmente en la quebrada Cañón, dentro de la secuencia calcárea del grupo Machay (Albiano Medio), de todas las vetas que afloran en superficie sólo esta veta ha sido reconocida en subterráneo en los tres niveles principales (Fig. No 11) así como en las labores de desarrollo y preparación. La veta se ha explotado parcialmente, sobre todo en las zonas anchas.

3.1.1 Morfología.- En Superficie la veta Cañón 1 presenta una topografía de relieve negativo aflorando nitidamente unos 200 metros, con tramos anchos que llegan aproximadamente hasta los 10 metros de potencia. Con rumbo promedio de N55°E y buzamiento de 80°SW; presenta una fuerte oxidación de manganeso y fierro. En el extremo SW la veta se angosta desapareciendo su afloramiento. Asociado a esta veta, hacia la caja techo, se tiene un manto concordante con la estratificación, de una longitud de 50 metros y potencia de 2 a 3 metros.

En Subterráneo la veta Cañón 1 presenta una geometría tabular; se le puede considerar dividido en dos

estructuras llamadas cuerpo 1 y cuerpo 2, con las siguientes características:

El cuerpo 1 presenta un bandeamiento de menas, estructuras convolutas de perfecta congruencia entre menas (gris) y gangas (gris blanquecino a gris negrusco) y fragmentos, angulosos a subangulosos de roca carbonatada de incipiente silicificación cementados por un material clástico detrítico de grano fino. Este cuerpo 1 mineralizado tiene forma aproximadamente elipsoidal, con 2 dimensiones largas y una corta constituyendo una bolsonada, la cual en sentido horizontal (en dirección al rumbo) presenta un adelgazamiento, convirtiéndose hacia el interior en un hilo fino, comunicándose luego con el cuerpo 2; hacia el otro extremo se comunica con el exterior con una fuerte oxidación, acompañada con eflorescencias de travertino (producto de una actividad paleo-freática).

En sentido vertical, en dirección del buzamiento, presenta una forma tabular, con estriás sub-verticales en los planos de falla. El Cuerpo 2 presenta las mismas características morfológicas del cuerpo 1, con una mayor concentración de rodocrosita, comparado con el Cuerpo 1.

3.1.2 Mineralogía.- A continuación se indica los minerales que han sido reconocidos en la Veta Cañón 1, agrupados en metálicos y no-metálicos.

METALICOS.- Esfalerita, Galena, Pirita, Oxidos de fierro y de Manganeso, etc. En menor cantidad ocurren: Calcopirita, Cobre grises, Marcasita, Arsenopirita, Sulfosales de Plata ?, etc.

NO METALICOS.- Carbonatos: Calcita, Rodocrosita, Siderita, Cerusita, Cuarzo, Arcillas, etc.

3.1.3 Estructuras y Texturas.- Se emplea el término estructuras para denominar arreglos geométricos a escala métrica o mayor; mientras que el término textura se emplea para las descripciones a escalas menores (muestra de mano y escala microscópica).

Las principales estructuras reconocidas en la Veta Cañón 1 son:

Bandeadas	(Lámina II: Foto M)
Brechas	(Foto N° 5)
Cavernoso y Estalactítico	(Lámina I: Foto E)

Las principales texturas reconocidas en la Veta Cañón 1 son:

ESCALA MUESTRA DE MANO

Referido al cuerpo 1 (Lámina I y II)	Referido al cuerpo 2 (Lámina II)
Botroidal- (Foto I, J, K y H) coloforme	Brechada (foto N, O)
Cuneiforme a gráfica (Foto F)	Bandeada (Foto M)
Porosa (foto F)	Porosa (Foto O, M)
Brechada (Foto D y J)	Coloforme (Foto O)
Bandeada (Foto K)	

ESCALA MICROSCOPICA.- Se muestran los tipos geométricos de intercrecimientos entre minerales, según la tabla de intercrecimiento CANCHAYA & CARDOZO (1977) Anexo 5. Los resultados de reconocimiento de los intercrecimientos se encuentran en la Tabla N° 1 (referidos al Cuerpo 1) y en la Tabla N° 2 (referidos al cuerpo 2).

MINERALES OPACOS Y SUS INTERCRECIMIENTOS REFERIDOS AL CUERPO 1
Minerales Identificados (Fotos N° 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16:
- Oxidos: Fe, Mn (Oxs/py:1e, Oxd/CBs:3d, Oxs/(ef,gn): 1e, 1d).
- Sulfuros y Sulfosales: ef, gn, py, cp, CGRs, mc, SFSs Ag ?.
- Carbonatos: cac, rdc, sid.
- Silicatos: cz

Intercrecimientos (Tabla N° 1):

- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| - ef/gn: 1a, 1b, 1e, 2b, 4b, 4c | - gn/ef: 1a, 1b, 1e, 2a |
| - ef/py: 1e, 1d, 1b, 4b, 2a | - gn/py: 1e, 4b, 1b |
| - ef/cp: 1e, 1d | - ge/CGRs: 1e, 1b, 3d |
| - ef/CBs: 3d | - gn/cp: 1b |
| - ef/CGRs: 1e | - gn/SFSs ag ?: 1e |
| - CBs/ef: 1e, 1d, 2d, 3d | - gn/CBs: 3c |
| - CBs/gn: 1e, 1d, 1c, 2d | - py/ef: 1b |
| - CBs/ef: 1e, 1d, 2d, 3d | - py/mc: 2c |
| - CBs/cp: 1e | - CGRs/cp: 2b |
| - CBs/mc: 1e | - CGRs/SFSs Ag ?: 1a |
| - CBs/cz: 1e | |

ef									
gn	$\begin{matrix} 1a, 1b, 1e \\ 2b, 4b, 4c \\ \hline 1a', 1b', 1e' \\ 2b' \end{matrix}$								
py	$\begin{matrix} 1e, 1d, 1b \\ 4b, 2a \\ \hline 1b \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1e, 4b, 1b \\ \hline \end{matrix}$							
cp	$\begin{matrix} 1e, 1d \\ \hline \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1b \\ \hline \end{matrix}$							
CGRs	$\begin{matrix} 1e \\ \hline \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1e', 1b', 3d \\ \hline \end{matrix}$	$\begin{matrix} 2b \\ \hline \end{matrix}$						
mc			$\begin{matrix} 2c \\ \hline \end{matrix}$						
SFSs Ag?		$\begin{matrix} 1e \\ \hline \end{matrix}$		$\begin{matrix} 1a \\ \hline \end{matrix}$					
CBs	$\begin{matrix} 3d \\ \hline 1e, 1d, 2d \end{matrix}$	$\begin{matrix} 3c \\ \hline 1e, 1d, 1c' \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1e, 1d, 2d \\ \hline \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1e \\ \hline \end{matrix}$		$\begin{matrix} 1e \\ \hline \end{matrix}$			
Cz								$\begin{matrix} 1e \\ \hline \end{matrix}$	
	ef	gn	py	cp	CGRs	mc	SFSs Ag?	CBs	Cz

TABLA N^o1.-TABLA DE INTERCÉCIMIENTO REFERIDO AL CUERPO 1 DE LA VETA CAÑÓN 1.

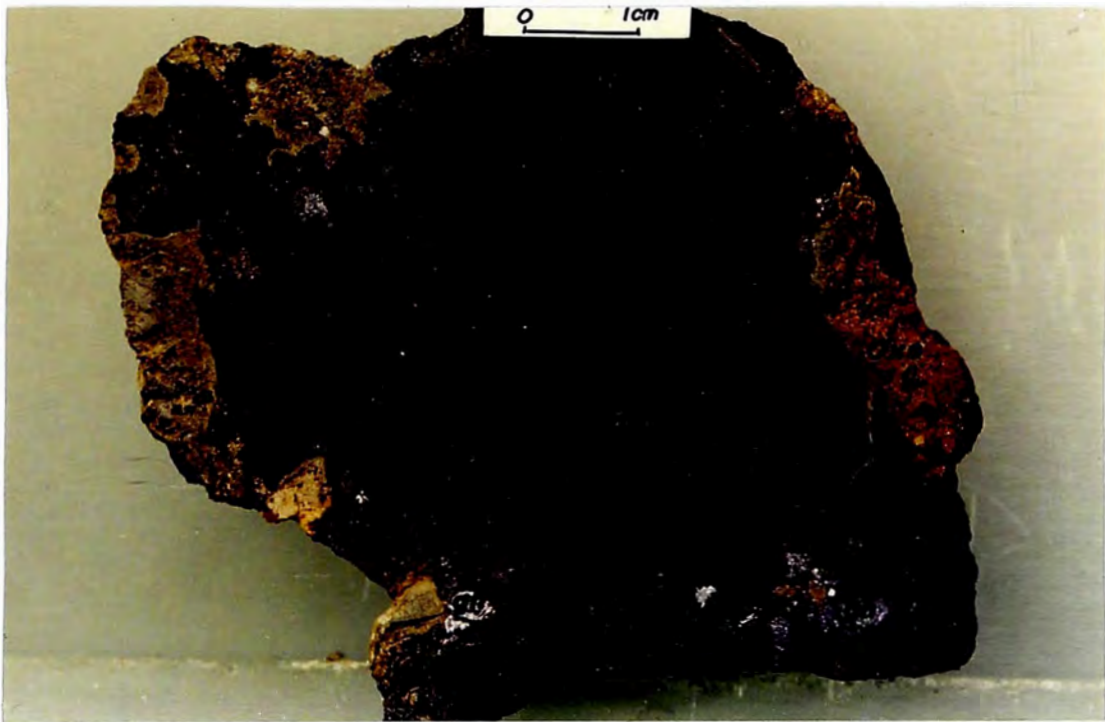


Foto N^o 3.- Cuerpo 1, Nv. 520; muestra Nv. Inf. 2, agregado microgranular de CBs y cz con la inclusión de pequeños cristales de gn en forma aislada.

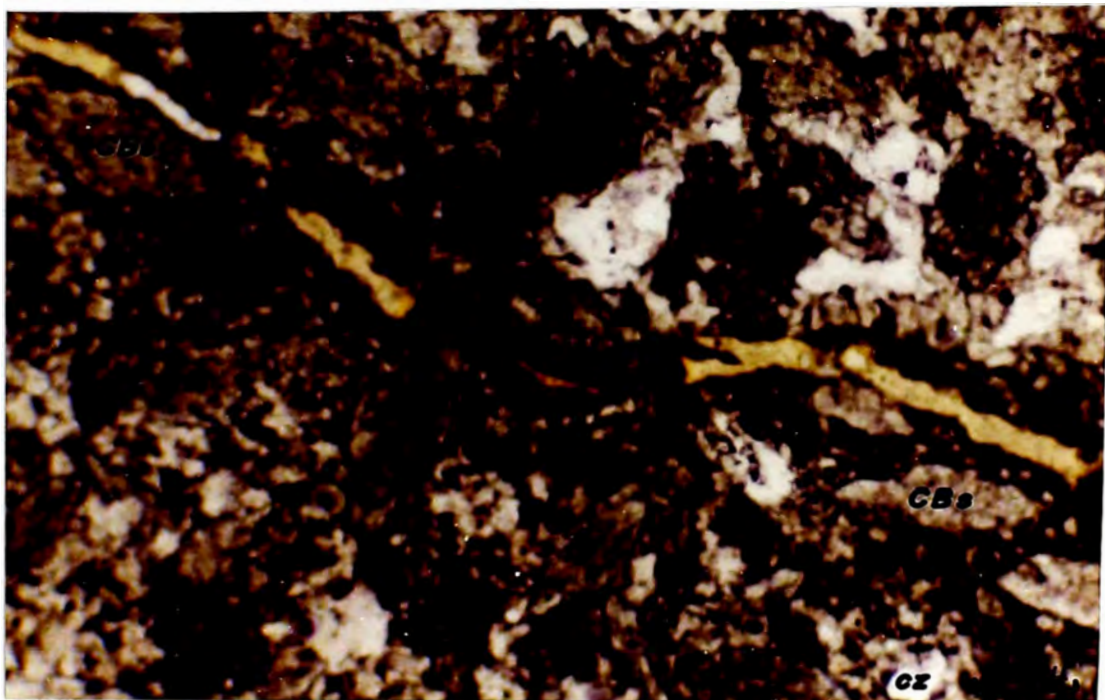


Foto N^o 4.- 6.3X, nicoles \nearrow s. Sección delgada de la zona microgranular (Foto N^o 3). Compuesto de CBs subangulosos a angulosos, cz, ops, ser (escasa), etc.

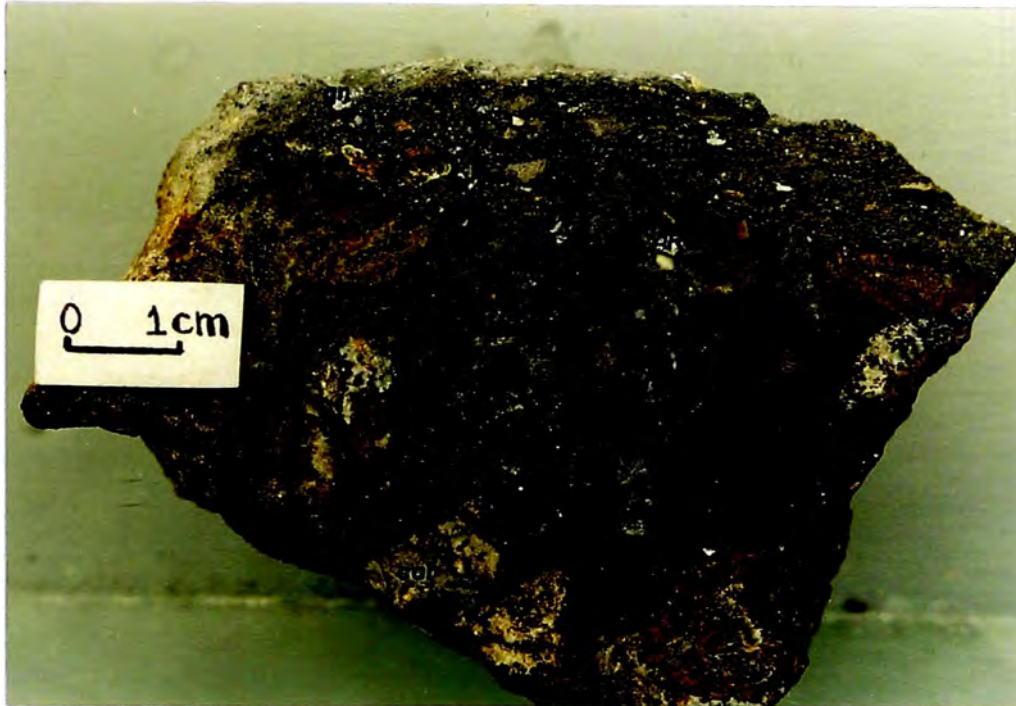


Foto No 5.- Cuerpo 1, Tajo 440-460; muestra Taj.440-460. Facie detritica fina compuesto de CBs-cz, ARCs y sulfuros (gn, ef y py escasos); sobrelapuesta a facies brechosa (química) de fragmentos calcáreos (cal) en matriz afanítica de OXs de Fe y Mn.

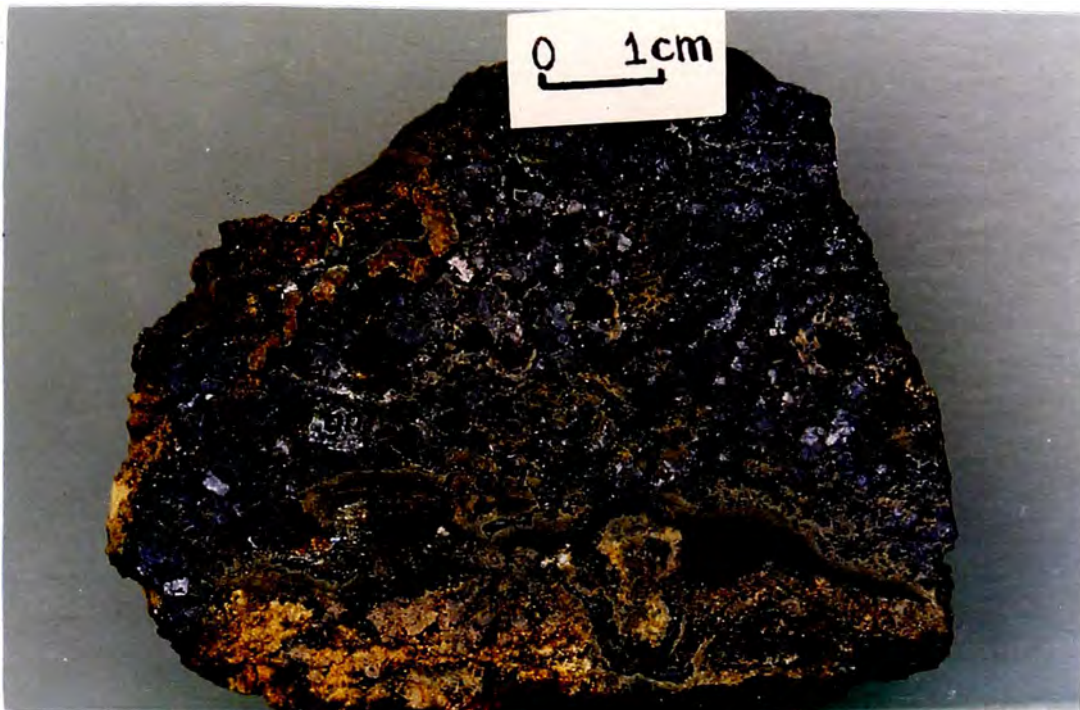


Foto No 6.- Cuerpo 1, Nv.520, muestra Nv. Inf. 1. Superposición de facies químicas (textura botroidal y porosa) y clástica brechosa (en la parte inferior, compuesto de ef y OXs de Fe y Mn.

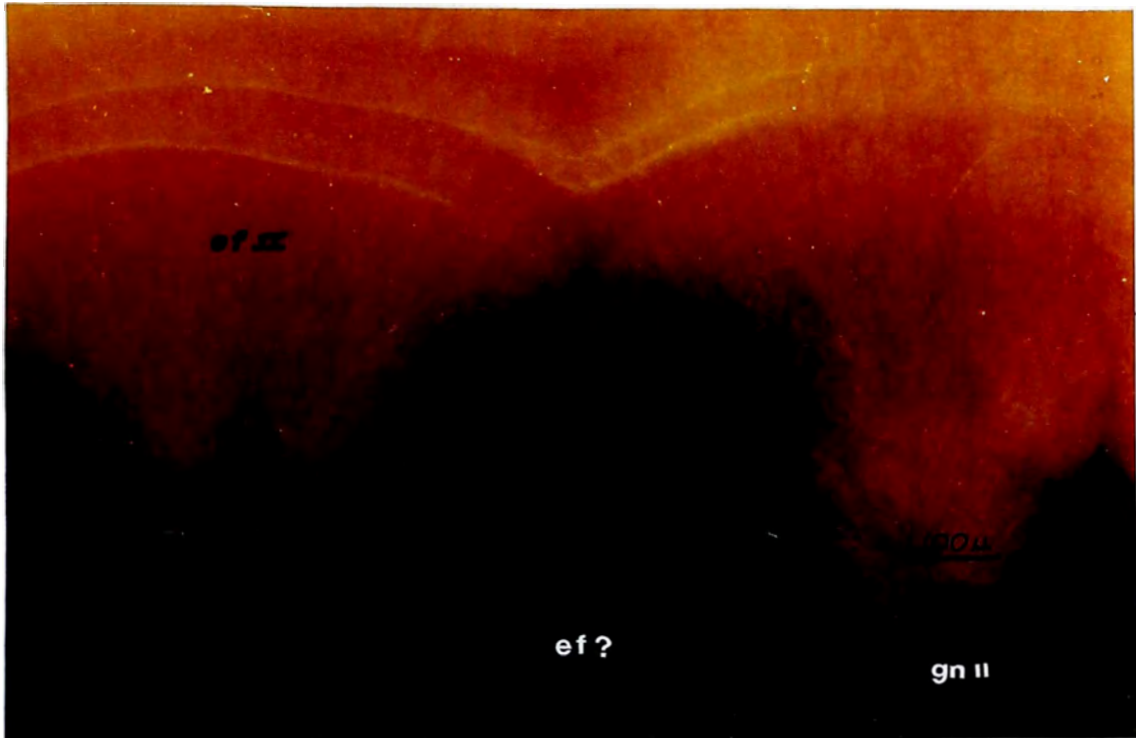


Foto Nº 7.- Cuerpo 1, Nv. 520, muestra cñ-1, 6.3X, nicoles Xs. Dos minerales, el primero de color negro (gn II) y el segundo de reflexiones internas de color rojo claro de estructura coliforme (ef II).

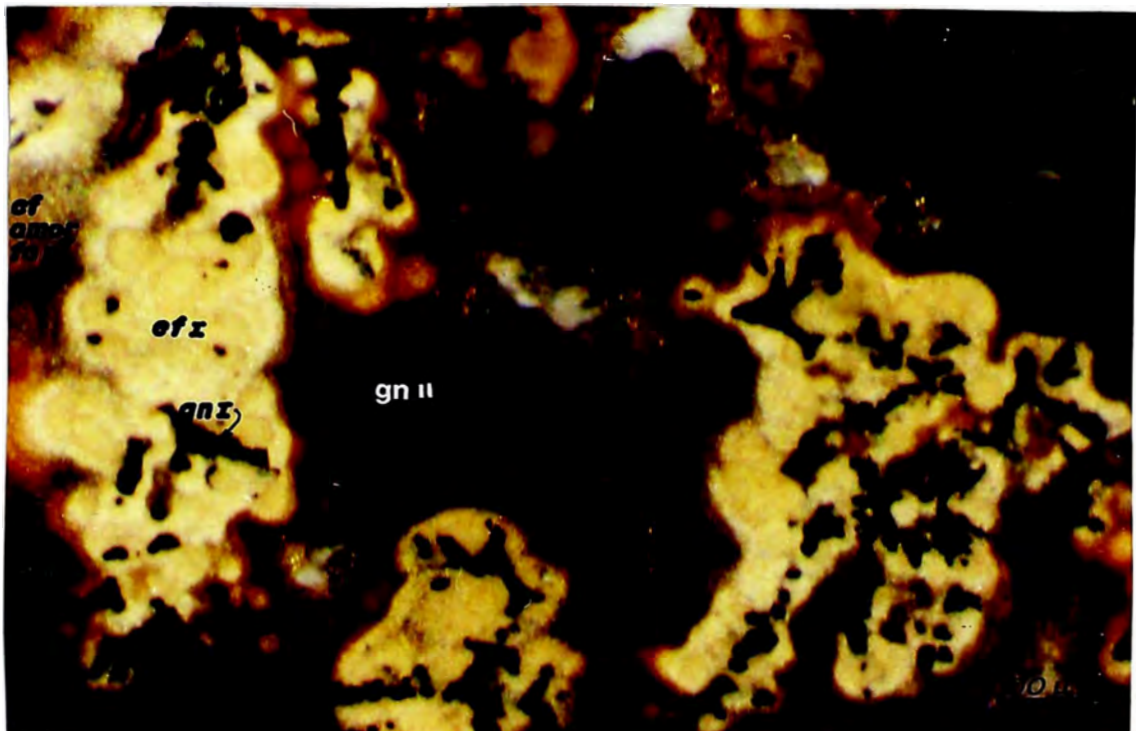


Foto Nº 8.- Cuerpo 1, Nv.520, muestra cñ-1, 6.3X, nicoles Xs. Dos tipos de ef y una amorfa de textura botroidal encontrándose dentro de su núcleo gn. Los diferentes tipos son diferenciados por los colores de sus reflexiones internas (rojo oscuro a rojo claro y de crema a pardo).



Foto No 9.- Cuerpo 1, Nv. 520, muestra cñ-7, 6.3X; nicoles //s. Intercrecimiento entre CBs, ef y gn. La gn de forma esquelética, encuentra en el núcleo de la ef, de estructura coliforme.

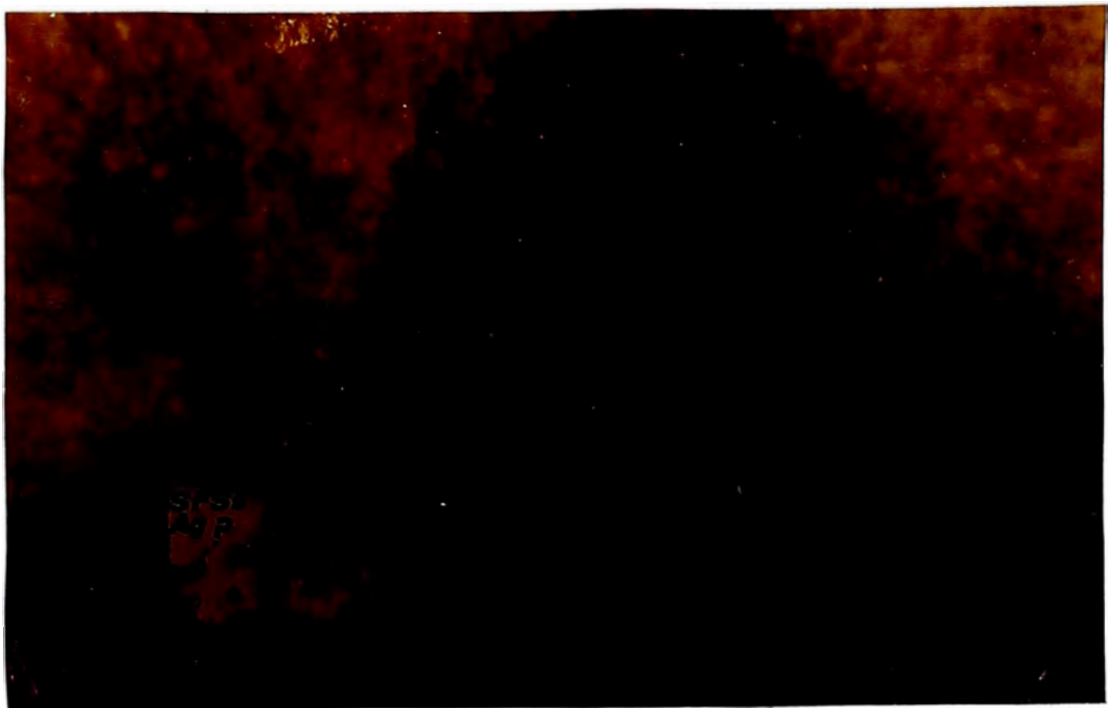


Foto No 10.- Cuerpo 1, Nv. 520, cñ-7, muestra cñ-7, 50X; nicoles //s. Gn, CGRs, cp, y SFSs Ag ? en los núcleos de los botroides de ef.

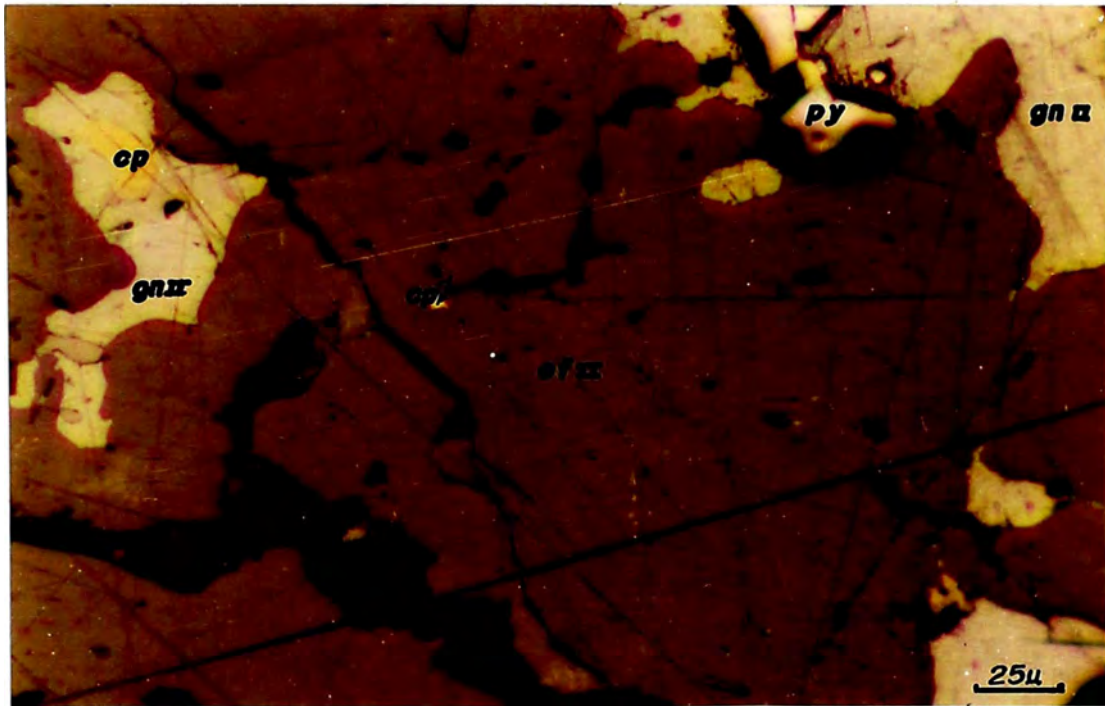


Foto Nº 11.- Cuerpo 1, Nv. 520, Muestra Nv.Inf.1, 25X; nicoles //s. Inclusión de gn en ef y de cp en gn, también se observa venillas de nicoles CBs en la ef.

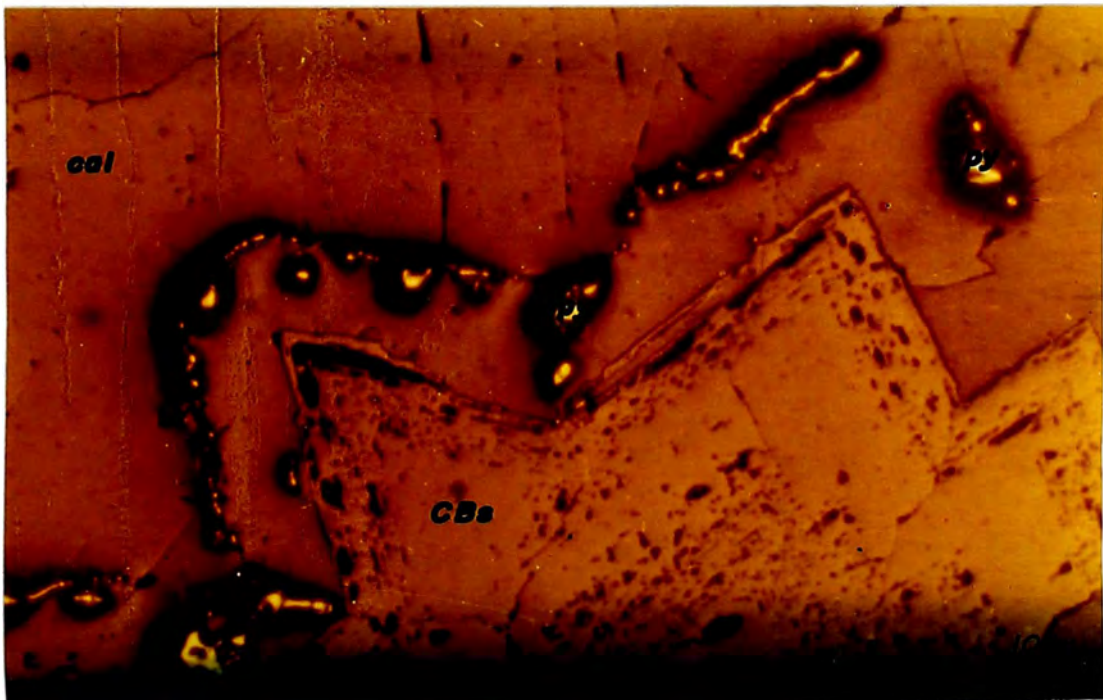


Foto Nº 12.- Cuerpo 1, Nv. 520, muestra cñ-7, 6.3X; nicoles //s. Borde de contacto (reacción?): cal, py y CBs

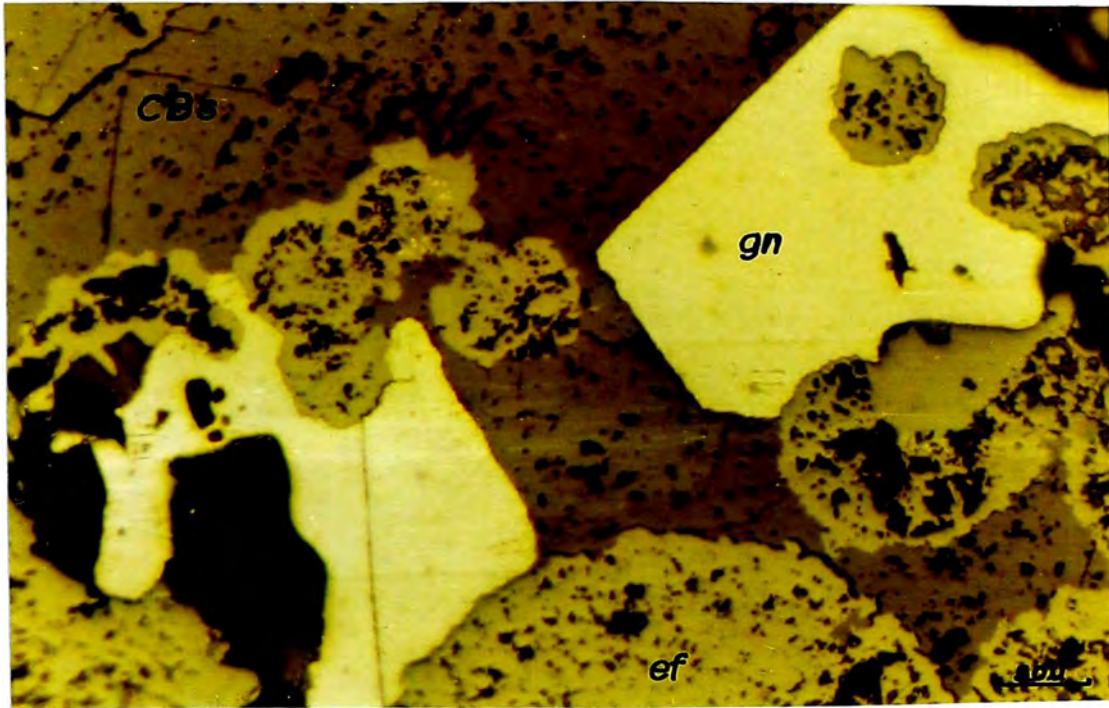


Foto No 13.- Cuerpo 1, Nv. 520, muestra cñ-7, 12.5X; nicoles //s. Cristales esqueléticos de gn reemplazados por pompas de ef, con CBs intersticiales.

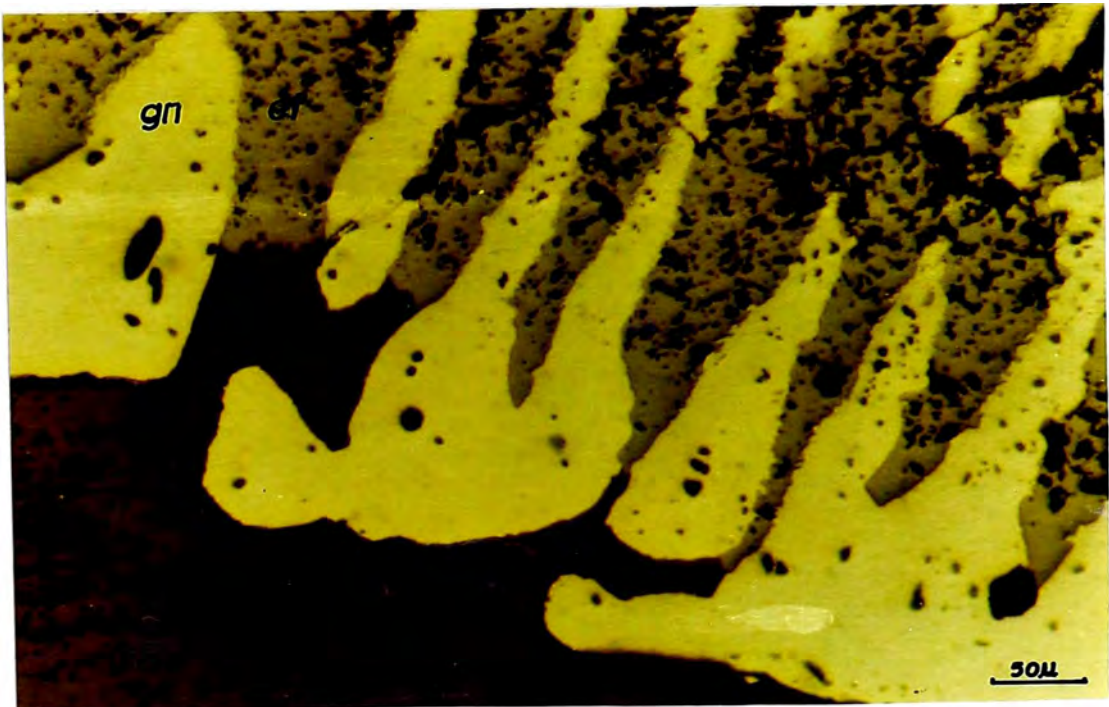


Foto No 14.- Cuerpo 1, Nv. 520, muestra cñ-7, 12.5X; nicoles //s. Cristales esqueléticos de gn, reemplazados por ef. En la esquina inferior izquierda se observa una playa de CBs.

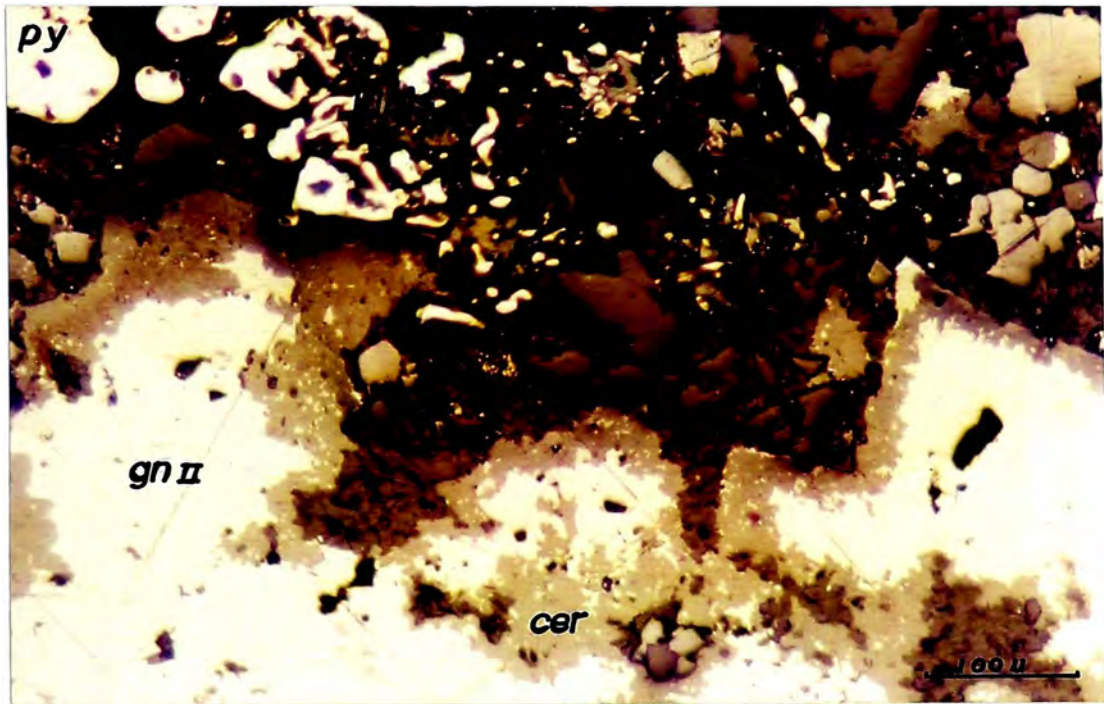


Foto Nº 15.- Cuerpo 1, Nv. 550, Muestra cñ- 2 sub. Intermedio, 12.5X; nicoles //s. Cristales de gn alterados en sus bordes (cer/r/gn) y sustitución de la py por limonitas.

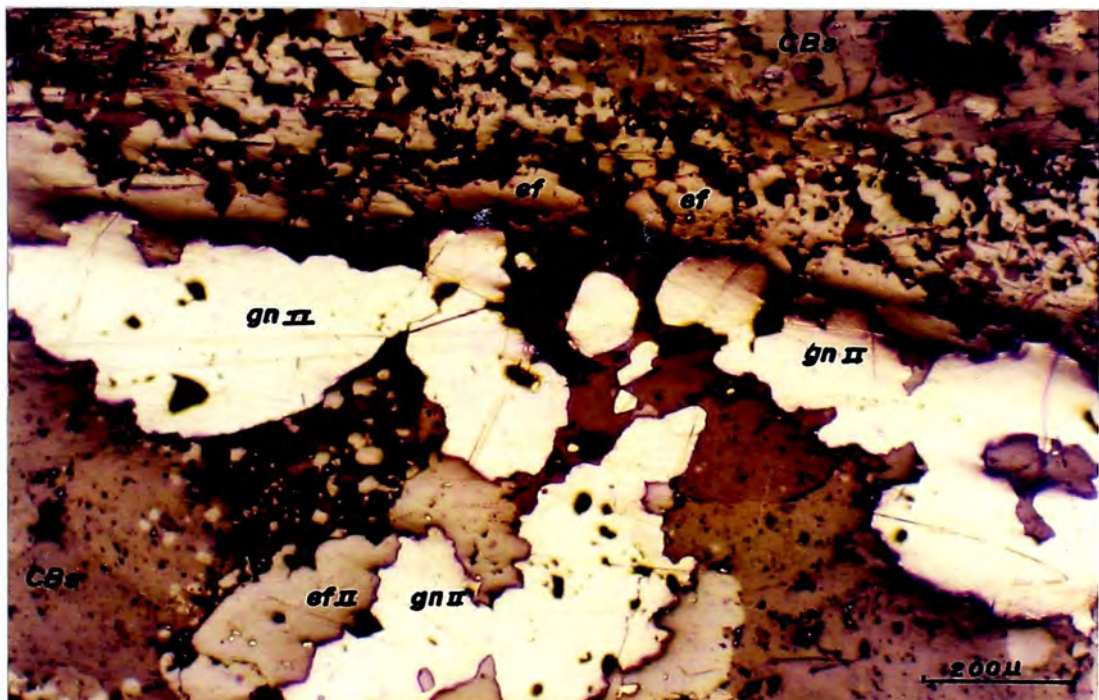


Foto Nº 16.- Cuerpo 1, Tajo 440-460, muestra Taj. 440-460, 6.3X; nicoles //s. Intercrecimiento entre gn, ef y CBs.

MINERALES OPACOS Y SUS INTERCRECIMIENTOS REFERIDOS AL CUERPO 2

Minerales Identificados (Fotos N°s 17, 18, 19 y 20):

- Oxidos: Fe, Mn
- Sulfuros y Sulfosales: ef, gn, py, cp, CGRs, apy, mc
- Carbonatos: Rdc, cac, sid, cer
- Silicatos: cz

Intercrecimientos (Tabla N° 2):

- | | |
|---------------------|-------------------|
| - ef/gn: 1e, 1b, 2b | - gn/ef: 1a |
| - ef/py: 1e | - gn/CGRs: 1e, 1a |
| - ef/cp: 1e, 1d | - py/mc: 1e |
| - ef/CGRs: 1e | - CGRs/cp: 1b |
| - ef/apy: 1e | - CBs/py: 1d |
| | - CBs/ef: 1d, 1e. |

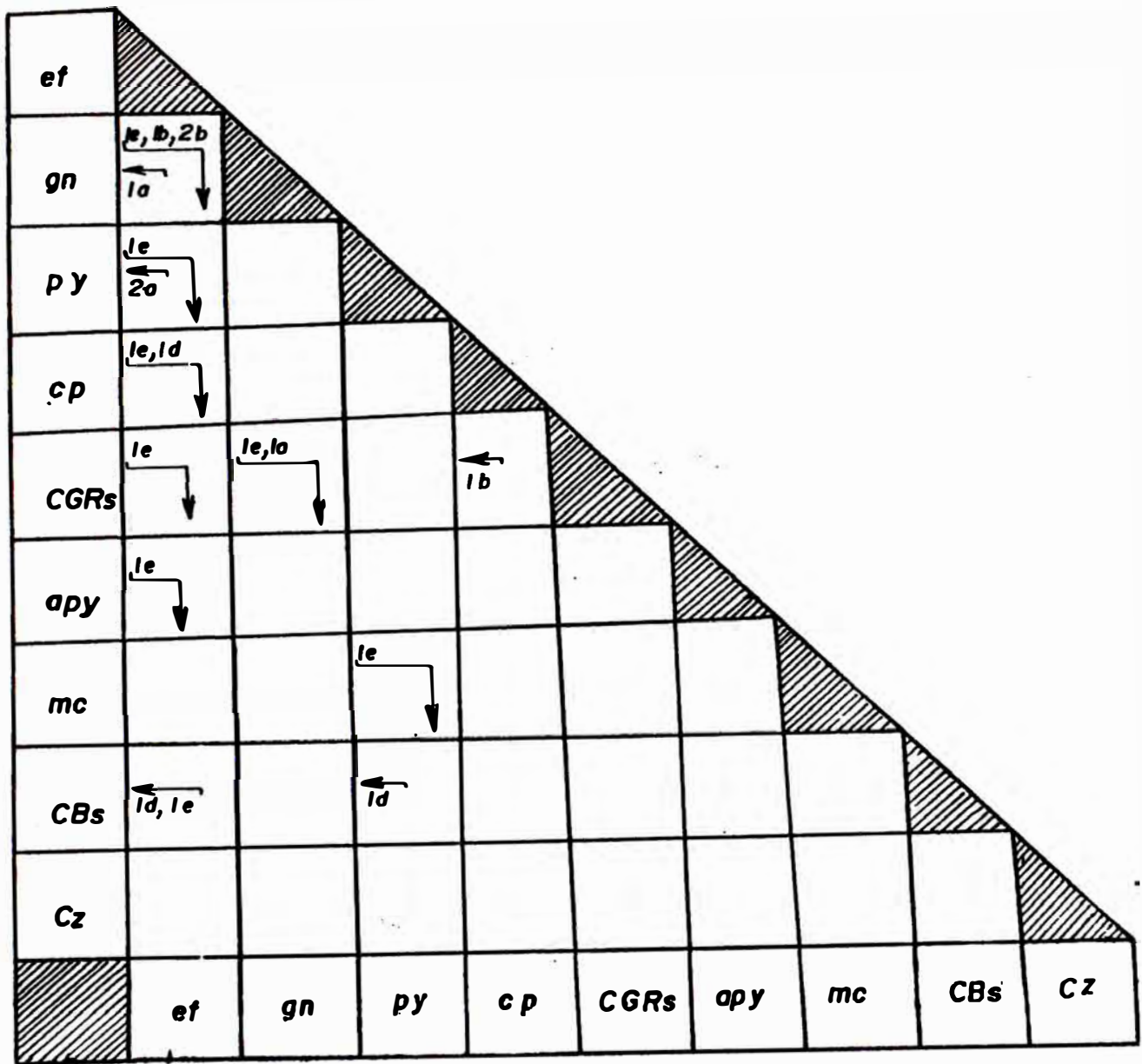


TABLA N^o 2. TABLA DE INTERCRECIMIENTO REFERIDO AL CUERPO 2 DE LA VETA CAÑÓN 1.

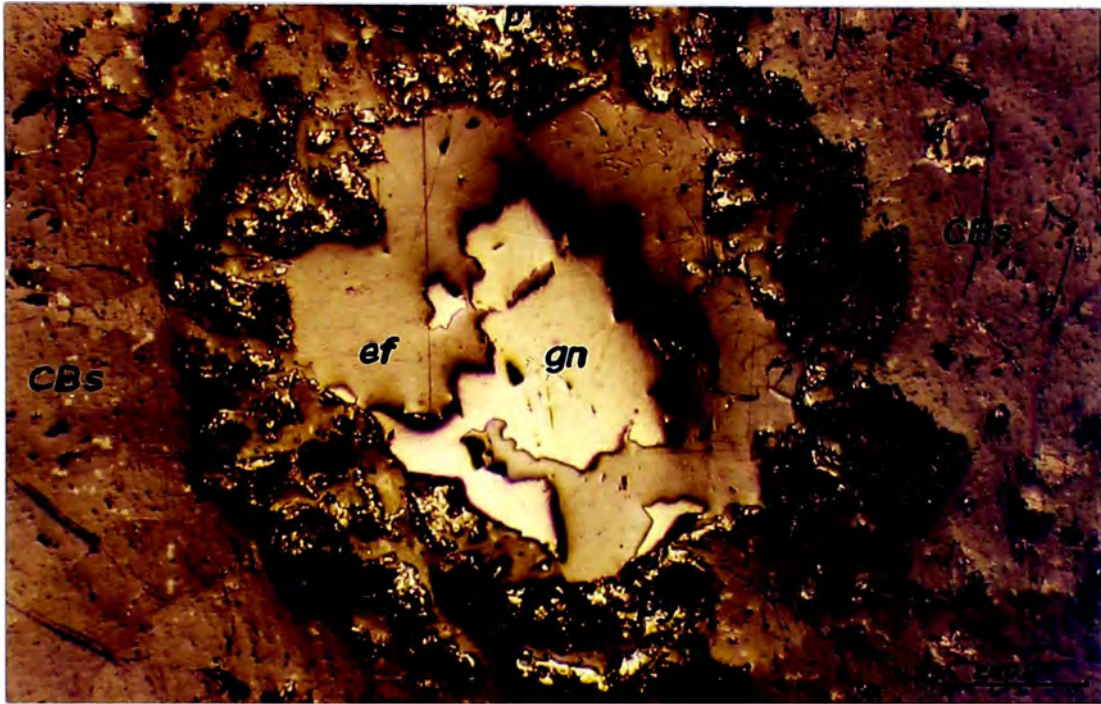


Foto N^o 17.- Cuerpo 2, Nv. 520, muestra cñ-6sbt., 6.3X; nicoles //s. Intercrecimiento tipo corona (gn dentro de ef rodeada por py).

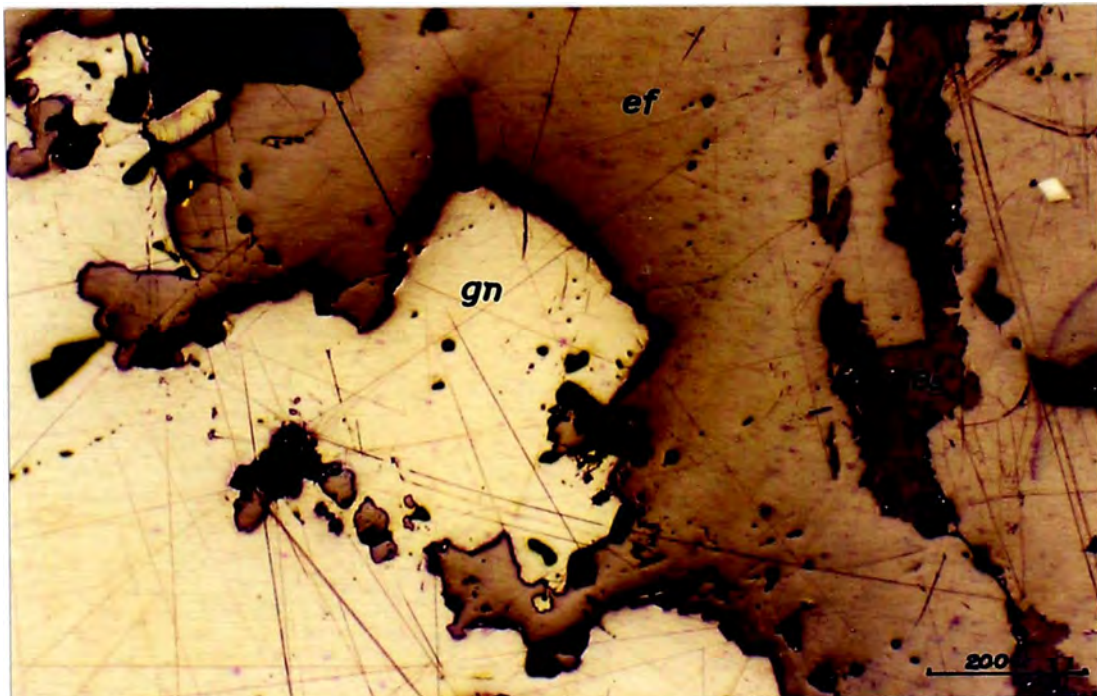


Foto N^o 18.- Cuerpo 2, Nv. 520, muestra cñ-2sbt., 6.3X; nicoles //s. Intercrecimiento de borde compuesto entre ef y gn. Ggs reemplazan ef a partir de fracturas (anexo 4).

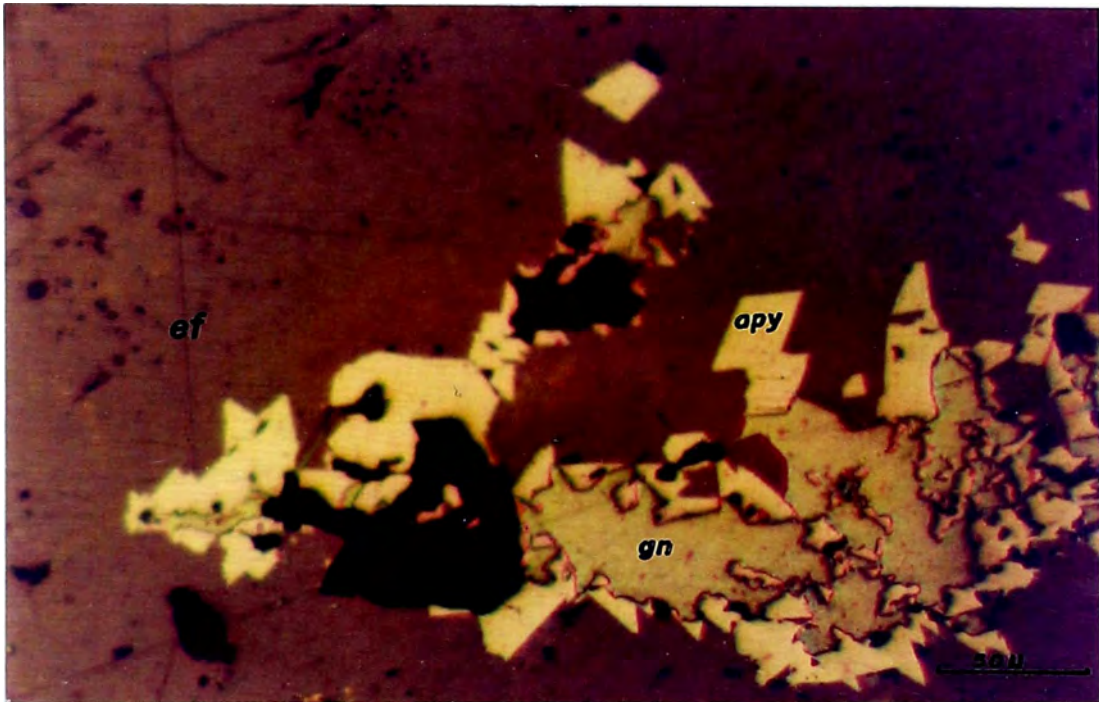


Foto Nº 19.- Cuerpo 2, Nv. 520, muestra cñ-6sbt., 25X, //s. Inclusiones de apy (euhedral) en ef; gn reemplaza apy.

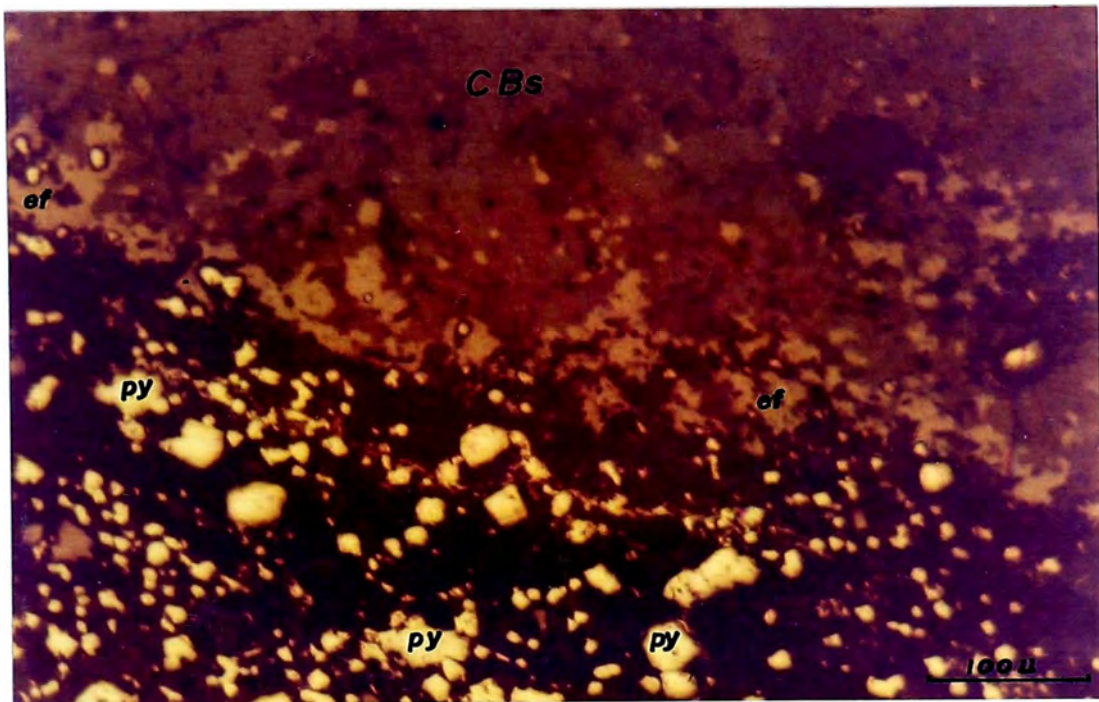


Foto Nº 20.- Cuerpo 2, Nv. 520, muestra cñ-4sbt., 12.5X; nicoles //s. Diseminación de py en caliza; granos subredondeados a redondeados.

3.2 Veta Cañón 2

Aflora paralela a las vetas Cañón 1 y Cañón 3, ubicándose entre ambas. Esta veta ha sido reconocida en superficie, presentando características similares a la veta Cañón 1; las más importantes son:

3.2.1 Morfología.- La veta en superficie presenta relieve negativo (Lámina I: foto G) con una afloramiento de 140 metros, rumbo N55° E y 82°SW de buzamiento; contiene un cuerpo lenticular de aproximadamente 8 metros por 50 metros y un lazo sigmoide al piso. Espacialmente asociado con la veta ocurren tres pequeños afloramientos de mantos de 1.5 a 2 metros de potencia, concordantes con la estratificación del paquete calcáreo. Al extremo SW la veta aflora irregularmente y bastante delgada. La veta en la zona de ensanchamiento presenta una fuerte oxidación de fierro y manganeso; la roca de caja muestra una incipiente silicificación y en ciertas zonas, entre la veta y la roca caja, se observa eflorescencias de travertino de color blanco cremoso.

3.2.2 Mineralogía.- Las especies identificadas en el campo y las muestras de mano son:

- Oxidos de fierro y manganeso, de color pardo a negro intenso, siendo más abundante en las zonas intermedias de ensanchamiento de la veta.

Limonitas, relleno de pequeñas cavidades y fisuras.

Calcita, se encuentra en fisuras y pequeñas cavidades, especialmente en las zonas de menor concentración de óxidos.

También se observan sustancias arcillosas (arcilla arenosa), y material clástico (cuarzo detrítico de

grano fino).

3.2.3 Estructuras y Texturas.- La estructura es de tendencia cavernosa a irregular; observándose ésta en la zona de ensanche.

La superficie y las oquedades de los afloramientos son de textura botroidal y están fuertemente óxidados (Fe y Mn) con limonita pulvulenta relleno de pequeñas cavidades.

En corte de muestra de mano se observa cavidades con pequeños botroides y también un bandeamiento de óxidos, sustancias arcillosas y material clástico (Foto N^o 21).

3.3 Manto Corona

El Manto Corona aflora en la quebrada E del Cerro Corona; es el que presenta el mejor afloramiento. Sólo se le reconoció en superficie. A continuación se describen las características más importantes:

3.3.1 Morfología.- Es una estructura mineralizada concordante con la estratificación del paquete calcáreo, el cual, hacia el techo del manto, muestra una incipiente marmolización. Su rumbo es de N45°E y su buzamiento 35- 42°SW; dividido según TORPOCO (1987) en dos unidades: Superior e Inferior, separadas por un horizonte de cerca de 1 metro de potencia de roca calcárea silicificada, de afloramiento fracturado. La unidad en general es de color gris oscuro, con ciertos horizontes con mayor concentración de óxidos de Fe-Mn.

3.3.2 Mineralogía.- En resumen, las especies identificadas en el estudio macroscópico de campo y muestra de mano son:

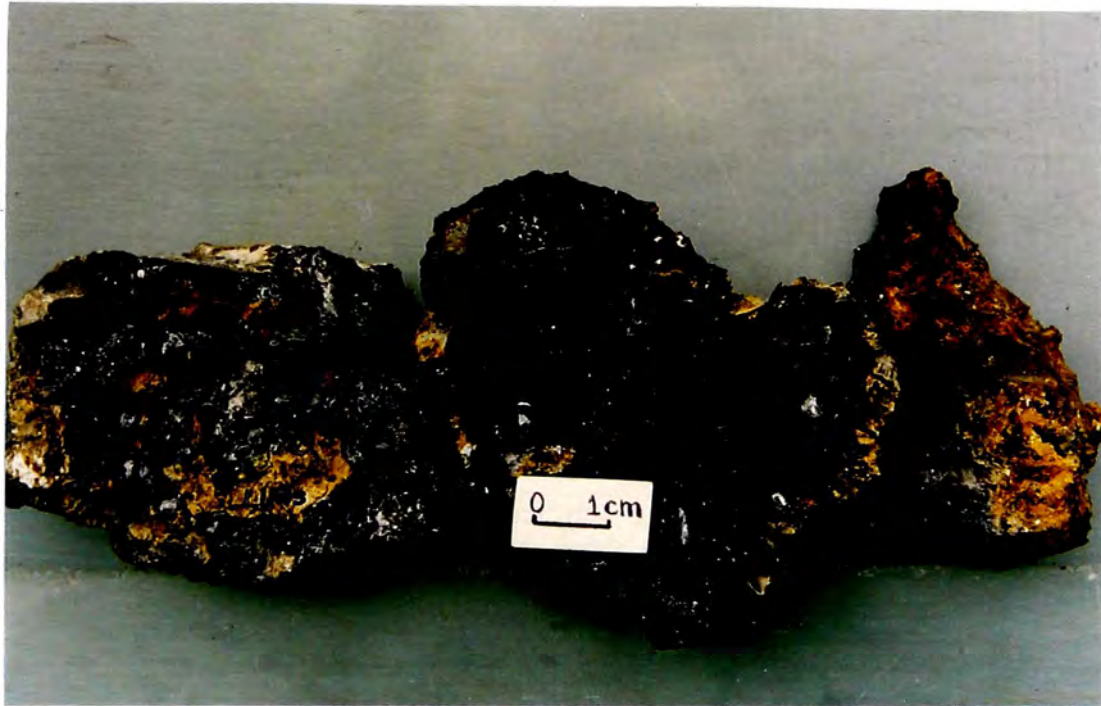


Foto Nº 21.- Veta Cañón 2, muestra vt. cñ-2; OXs de Fe y Mn, con oquedades rellenas por LIMs pulverulentas. Oxidos producto de la alteración de los minerales primarios ef, gn, py, etc.

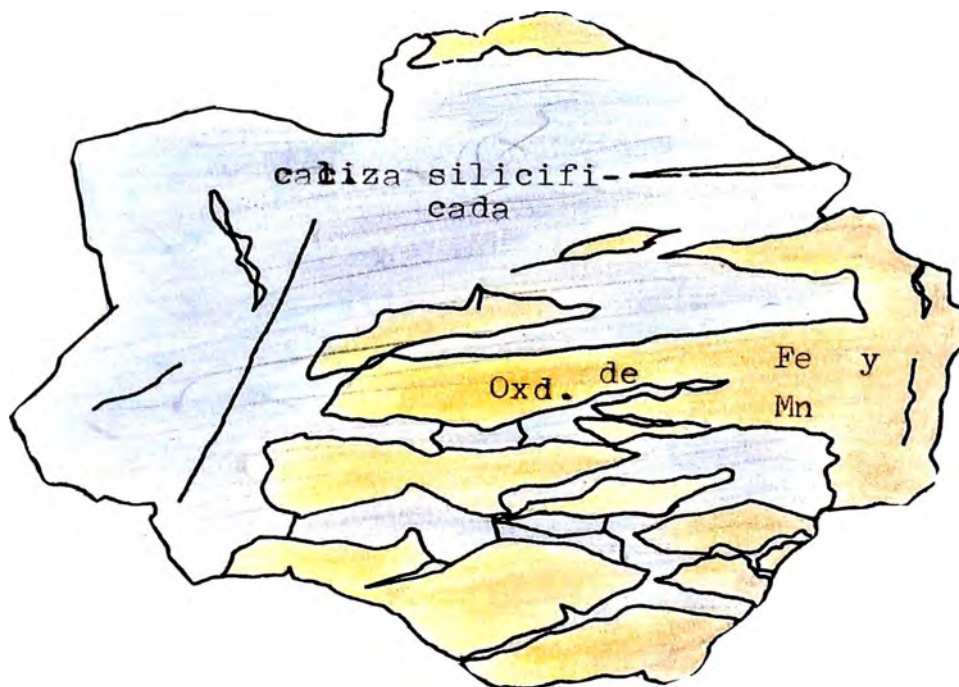


Gráfico Nº 1.- Manto Corona, muestra LMT5; caliza silicificada y mena óxidada de granulometría fina presentando una textura granular fina.

Oxidos de Fe y Mn, siendo más abundantes en la Unidad Superior son de color gris oscuro con cavidades milimétricas de disolución.

- Limonitas, relleno de pequeñas cavidades: son de un color pardo amarillento; algunos horizontes presentan mayor concentración de estos óxidos.

Esfalerita, sólo en algunos casos se puede observar pequeños relictos de cristales.

- Galena, también sólo como relictos, pero en menor cantidad que la esfalerita.

El ensamble mineralógico característico está formado por esfalerita, galena, calcita, óxidos de fierro y manganeso.

3.3.3 Estructuras y Texturas.- El horizonte intermedio de calizas silicificadas, es de textura terrosa. Los óxidos en superficie muestran una textura esquelética y son de color negro y pardo oscuro intenso, también presenta oquedades rellenas por pequeños botroides y limonitas pulverulentas.

En un corte de muestra de mano se observa la relación entre la caliza silicificada y la mena oxidada de granulometría fina (textura granular fina: Lámina I; foto B y gráfico N° 1.

3.4 Otras

Las estructuras mineralizadas que se mencionan en este acápite solo han sido reconocidas en superficie. A continuación se las describe en base a una recopilación bibliográfica y a las observaciones de campo realizadas por el suscrito.

VETA CAÑON 3.- Es una estructura paralela a las Vetas Cañón 1 y Cañón 2, mostrando al igual que éstos un relieve negativo a lo largo de la veta. Hacia el piso se observa la presencia de un manto de pequeño alcance emplazado en las calizas adyacentes.

No obstante la veta en superficie se puede seguir hasta por 100 metros de longitud; tiene un rumbo de N50°E y 60°SW de buzamiento. En un corte de la carretera se le puede observar con relleno de roca fracturada y franjas de minerales primarios que están fuertemente oxidados (Fe-Mn). Posiblemente se trata de una veta de Pb-Zn.

Hay evidencias de escasas eflorencias de travertino, alineados a la altura del nivel 580 de la veta Cañón 1. También que esta falla - veta ha seccionado al Manto Corona.

La veta frente al cerro Corona se ramifica en crestones brechosos, con fragmentos de caliza silicificados, en matriz silícea, con fragmentos de óxidos porosos y restos de sulfuros. En esta zona se ha muestreado 11 canales en las diversas vetillas y crestones silicificados; el promedio, según TORPOCO (1987) es el siguiente:

Pot. (mts)	Ag (Onz/tc)	Pb (%)	Zn (%)
1.38	1.89	1.49	1.07

Los resultados bajos son debido a la fuerte oxidación y lixiviación de las zonas mineralizadas.

VETA DOLORES.- Emplazada en la falla del Cerro Corona dentro de los horizontes de calizas marmolizadas; con una longitud de afloramiento de 50 a 60 metros y una

potencia de 2 metros.

La mineralización consiste de agregados finos de pirita con brechas oxidadas al piso. El muestreo de canales dió las siguientes leyes (según TORPOCO 1987):

Pot.(m)	Ag (Onz/tc)	Pb (%)	Zn (%)	
0.60	1.46	0.44	4.30	Caja Techo
1.40	2.33	0.33	2.10	Caja Piso

VETA CORONA.— Esta veta aflora al NW entre el contacto del stock y las calizas del Cerro Corona. De una longitud de 220 metros, con rumbo aproximadamente NS y buzamiento de 76°. Está cubierto de suelo y vegetación, sólo aflora en pequeños casquetes óxidados aislados de color pardo rojizo, posiblemente de minerales primarios de cobre, en una trama de venillas de cuarzo. En la cancha de mineral se observa rocas intrusivas con argilización, manchados por óxidos de cobre, silicificación en venillas, con inclusiones de calcopirita, molibdenita, pirita y algo de bornita (según TORPOCO 1987).

MANTO HUALGAYOC.— Aparte del Manto Corona, éste es el segundo manto que presenta mayor afloramiento. Hay otros de menor longitud y espesor, como los asociados a las vetas Cañón 1 y Cañón 2.

El manto Hualgayoc aflora en la quebrada este del Cerro Corona y en las cercanías al campo deportivo del pueblo de Hualgayoc. Aquí aflora con más o menos 4 metros de espesor y presenta fuerte oxidación.

Fue explorado en una galería de 35 metros,

observandose al tope un agregado fino con diseminación abundante de pirita, gránulos de galena y esfalerita e hilos de calcita. Tres muestras analizadas dieron las siguientes leyes (según TORPOCO 1987):

Pot (m)	Ag (Onz/tc)	Pb (%)	Zn (%)
1.46	1.85	0.50	1.00
1.30	1.84	1.99	2.70
1.68	1.65	0.80	1.40

LAMINA I

Foto A : Vista panorámica de la Mina Cañón, mostrando en la parte inferior el pueblo de Hualgayoc (p-H). En esta vista se observa las Vetas Cañón 1 y 2 (VC1 y VC2), el Manto Corona (MC) y la estratificación de las rocas calcáreas del cretáceo medio (form. Chulec y Pariatambo).

Foto B: Caliza silicificada de grano fino con cierto bandeamientos de OXs de Fe y Mn. Muestra tomada del Manto Corona.

Foto C: Roca metasomática (R-m) ubicada en el extremo derecho de la bocamina del Nv. 520 de la Veta Cañón 1, aproximadamente a 25 metros de ella, presentando bandeamientos de color verde amarillento y gris claro a oscuro (granate, pirita, calcita, caliza, etc).

Foto D: Fragmentos de calizas cementadós por material carbonático de aspecto terroso, grano fino y semi-compacto. Muestra tomada entre la roca caja y el cuerpo mineralizado del cuerpo 1 y la Veta Cañón 1.

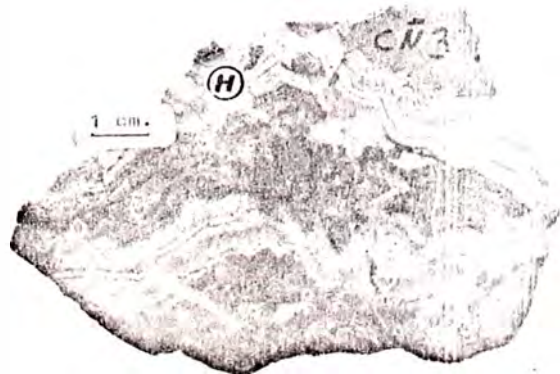
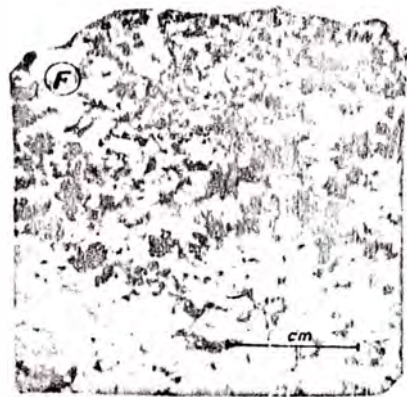
Foto E: Eflorescencias de travertinos (E-t) de color cremoso a gris amarillento de aspecto coloforme, estalactítico y cavernoso, ubicado aproximadamente a 5 metros sobre la bocamina del Nv. 520 de la Veta Cañón 1.

Foto F: Muestra de sección pulida del cuerpo 1, Nv. 520 de la Veta Cañón 1, con relleno de agregados anhedrales a subhedrales de gn y ef, conformando una textura gráfica.

Foto G: Vista panorámica de la veta Cañón 2 (VC2), mostrando las mismas cracterísticas fisiográficas de la Veta Cañón 1; especialmente el típico relieve negativo.

Foto H: Muestra de mano del cuerpo 1 de la Veta Cañón 1, mostrando relleno de minerales metálicos de gn y ef, con py diseminada; acompañados con bandeamientos de carbonatos (cac, rdc, etc.).

LAMINA I



LAMINA II

Foto I: Agregados anhedrales de py y gn enbebidos en estructuras botroidales de calcita, rodocrosita y otros carbonatos (sección pulida perteneciente al Nv. 520 del cuerpo 1 de la Veta Cañón 1; muestra cñ-3).

Foto J: Brechamiento de calizas en escalas centimétricas a milimétricas con py diseminada, también se observa sedimentación fina y botroidal formado por carbonatos (cac, rod, etc.). Sección pulida perteneciente al Nv. 520 del cuerpo 1 de la Veta Cañón 1.

Foto K: De textura botroidal, algo bandeada, con carbonatos de color blanco cremoso (cac, sid, etc.). Los minerales presentes son : CBs, py, ef, gn, CGRs, etc.

Foto L: Contacto entre la zona mineralizada del cuerpo de la Veta Cañón 1, de aspecto terrosa y friable, y la roca de caja, compuesta por caliza de color gris oscuro; cerca al contacto entre ambas zonas se encuentra calcita blanca, probablemente producto de la disolución de la caliza.

Foto M: Bandeamiento de color gris gn, ef, a amarillo verdoso (py, cp), intercrecidos con CBs de grano fino. La gn y la ef también se presentan como manchas, en forma diseminada junto a la calcopirita. Muestra del cuerpo 2 del Nv. 520 de la veta Cañón 1 (muestra cñ-2sbt anexo 4).

Foto N: Fragmentos ángulosas a subangulosas de caliza, cementados por carbonatos de grano fino. Los minerales observados son: cac, rdc, gn, ef, py, etc. Muestra del cuerpo 2 del Nv. 520 de la veta Cañón 1 (muestra cñ-4sbt.)

Foto O: Pequeñas inclusiones de gn, ef y py en carbonatos de textura coloforme; en partes brechada. Muestra del cuerpo 2 del Nv. 520 de la Veta Cañón 1 (muestra cñ- 6sbt.).

LAMINA II

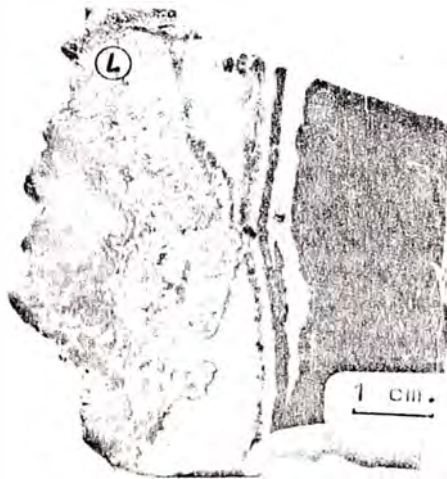
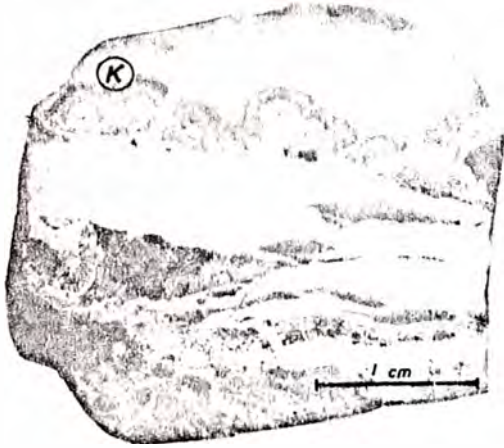
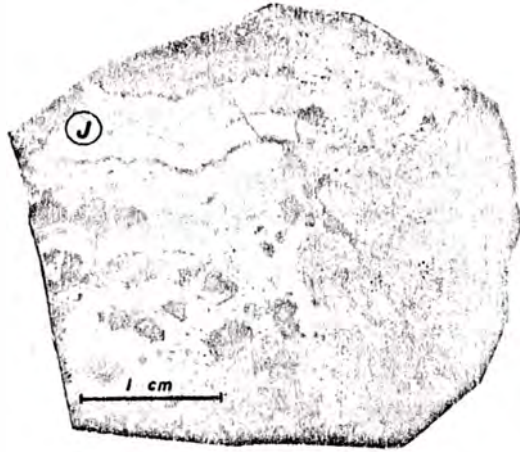
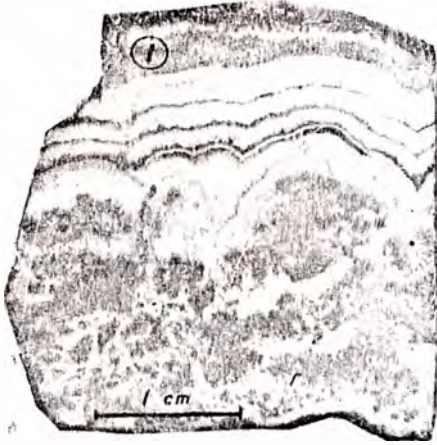


GRAFICO No 2

A.- Muestra de sección pulida del cuerpo 1, NV. 520 muestra cñ - 1, cuerpo 1, con tres generaciones de esfalerita (I, II y III) y una amorfa de textura coloforme y dos generaciones de gn (I y II).

B.- Cuerpo 2, NV. 520, muestra cñ-6 Sbt. 40x; nicoles //s. Intercrecimiento de borde compuesto con 2 inclusiones de ef en gn y diseminaciones de cp en ef.

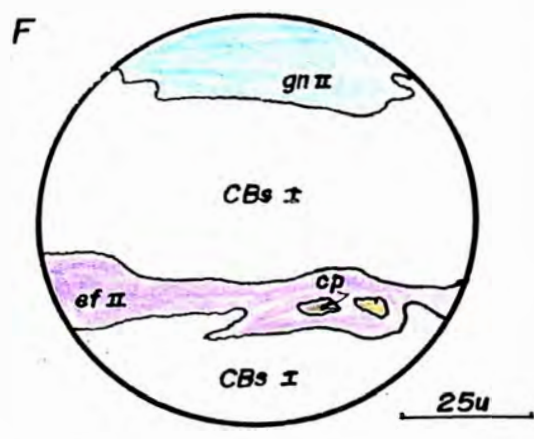
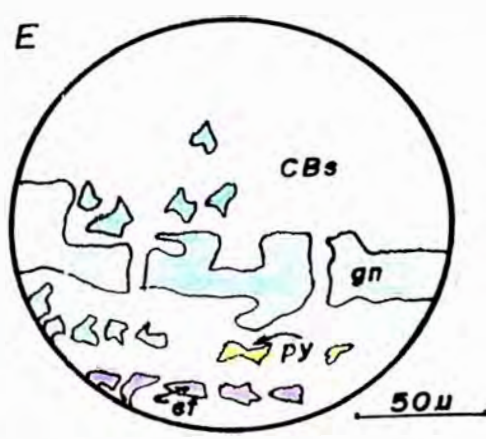
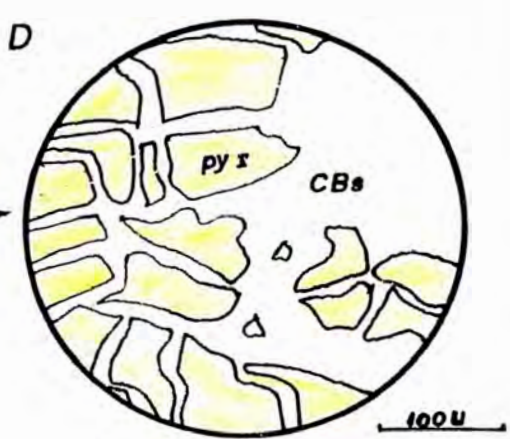
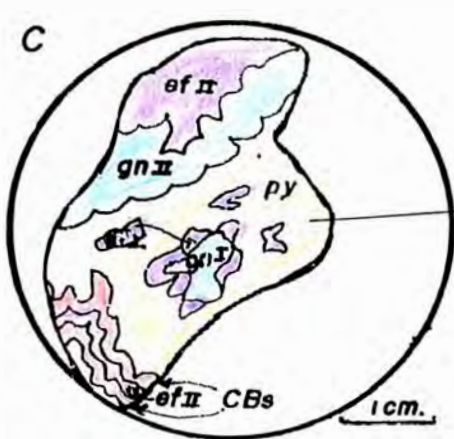
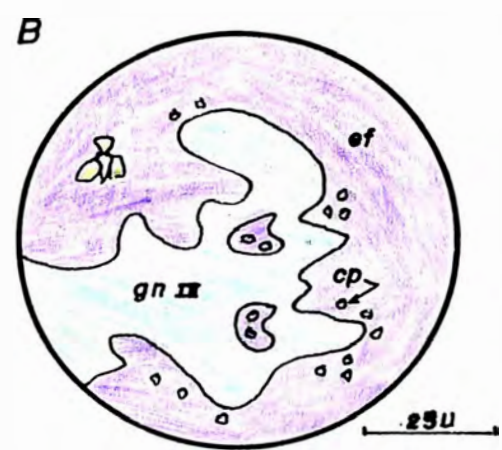
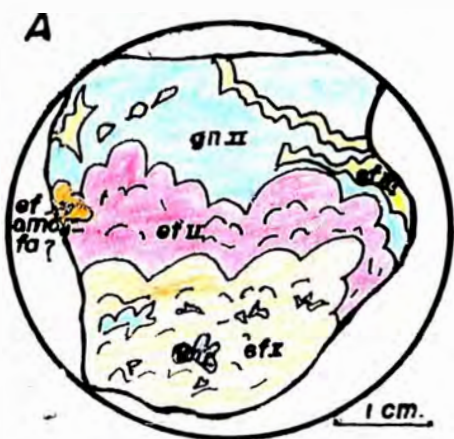
C.- Cuerpo 1, NV. 520, muestra cñ-2, sección pulida, con dos generaciones de ef y gn y una de py.

D.- Cuerpo 1, NV. 520, muestra cñ-2, 10X; nicoles //s. Intercrecimiento intersticial de CBs en Py.

E.- Cuerpo 1, Tajo 440-460, muestra taj. 440-460, 20X; nicoles //s. Intercrecimiento entre gn, ef, cp y CBs.

F.- Cuerpo 2, NV. 520, muestra cñ-4Sbt, 40X, nicoles //s. Intercrecimientos entre gn, ef, cp y CBs.

Gráfico No.2.-Gráfico de algunos intercrecimientos importantes ocurridos en la Veta Cañón 1.



4. ANALISIS ESTRUCTURAL GEOESTADISTICO DE LA VETA CAÑON 1

4.1 Introducción

Son muchos los yacimientos nacionales en los que se ha aplicado la geoestadística sin embargo son pocos los trabajos que han sido dados a conocer por medio de publicaciones; entre estos últimos se encuentran los hechos en las minas: Casapalca (TULCANAZA 1976 y ALVAREZ et al. 1979), San Cristóbal (ALVAREZ et al. 1979), Michiquillay (BERNUY et al. 1976 y CASTILLA et al. 1975), Antamina (BERNUY 1980) y Bella Unión (CANCHAYA & BERNUY 1983). En algunos casos sólo se presenta información fragmentada de algunos estudios, como es el caso de la Veta Uchucchacua y del pórfido de Cu Michiquillay (JOURNEL & HUIJBREGTS 1978).

Con este trabajo el suscrito presenta este pequeño aporte mostrando por primera vez un estudio detallado de un yacimiento intracárstico, utilizando el concepto de las "variables regionalizadas", eje principal de la aplicación del método denominado Geoestadística.

Aquí se trata de estudiar el comportamiento de la mineralización del Cuerpo 1 y Cuerpo 2, de la Veta Cañón 1 de la Mina Cañón, en todas las direcciones factibles, describiéndola por medio de modelizaciones matemáticas.

La Mina Cañón explota en la actualidad la Veta Cañón 1 reconocida en todos los niveles principales.

Para el presente trabajo se ha contado con un total de 150 muestras analizadas por Ag, Pb y Zn, la mayor cantidad de estas fueron proporcionadas por la Cía. Minera Carolina S.A., en el Plano de muestreo (Fig. Nº 12) cada muestra se encuentra con su respectiva ubicación así como con los análisis correspondientes

CUERPO 2

CUERPO 1

Tromo: 9W 14W

Tromo: 1W 7W

No	Pot (m)	Ag.10 ³ (%)	Pb (%)	Zn (%)
1	1.70	3.54	1.20	3.20
2	1.80	4.96	1.35	5.30
3	1.65	3.83	1.30	4.12
4	1.60	11.60	1.30	4.90
5	1.65	4.54	1.40	8.90
6	1.70	5.53	1.20	3.34
7	1.90	8.22	1.20	3.00
8	2.00	3.68	1.20	3.35
9	1.80	35.15	1.20	4.50
10	2.00	11.62	1.10	2.80
11	1.10	4.54	2.00	4.30
12	2.10	8.79	1.40	3.50
13	2.00	8.22	1.80	3.70
14	2.50	2.70	1.60	3.80
15	2.20	14.23	1.60	3.80
16	2.40	27.21	4.80	9.60
17	2.00	3.97	1.80	4.60
18	2.00	4.84	2.50	4.50
19	2.00	2.83	2.60	4.90
20	0.80	3.12	3.70	8.70
21	2.10	3.68	3.10	9.50
22	0.90	3.97	3.60	10.30
23	0.80	3.40	5.00	12.50
24	0.60	3.40	4.70	11.40
25	0.70	3.97	4.90	9.60
26	0.85	4.82	5.60	8.70
27	0.80	3.12	4.70	9.40
28	0.50	4.25	4.10	10.20
29	0.30	2.55	3.90	10.80
30	0.40	3.10	4.40	12.20
31	0.40	2.83	3.90	12.10
32	0.70	3.97	4.10	11.30
33	2.40	1.70	1.08	1.82
34	1.80	2.83	4.00	8.56
35	1.70	1.70	0.29	2.06
36	2.00	1.15	0.27	1.48
37	0.80	2.89	3.84	12.30
38	0.50	4.34	3.78	10.88
39	2.40	3.44	1.37	20.94
40	2.30	2.55	2.83	17.66
41	2.00	3.40	2.22	10.20
42	1.20	2.83	1.73	8.85
43	0.80	0.01	0.92	8.81
44	1.60	1.70	1.28	1.92
45	1.70	7.38	3.44	2.00
46	1.90	4.84	3.08	7.12
47	1.00	0.01	0.36	1.94
48	1.50	7.09	4.75	14.84
49	1.40	2.80	2.34	7.08
50	1.30	2.83	1.01	3.88
51	0.80	2.27	0.79	2.12
52	0.90	2.83	1.19	4.04
53	0.80	2.27	1.52	7.40
54	0.80	6.24	0.70	3.28
55	0.60	1.15	0.30	1.34
56	0.80	2.89	0.56	2.88
57	0.80	2.78	0.40	2.80
58	0.80	0.78	0.80	4.48
59	1.10	2.89	0.47	1.98
60	0.80	2.89	1.31	4.04
61	1.10	3.68	1.82	6.18
62	1.10	3.96	1.42	4.62
63	0.80	2.83	4.50	6.10
64	0.80	0.28	0.13	0.52
65	0.80	0.85	0.13	0.42
66	0.85	0.85	0.11	0.32
67	0.80	0.85	0.17	0.52
68	0.80	0.85	0.14	0.58
69	0.90	0.85	0.22	0.88
70	1.90	0.85	0.18	0.64

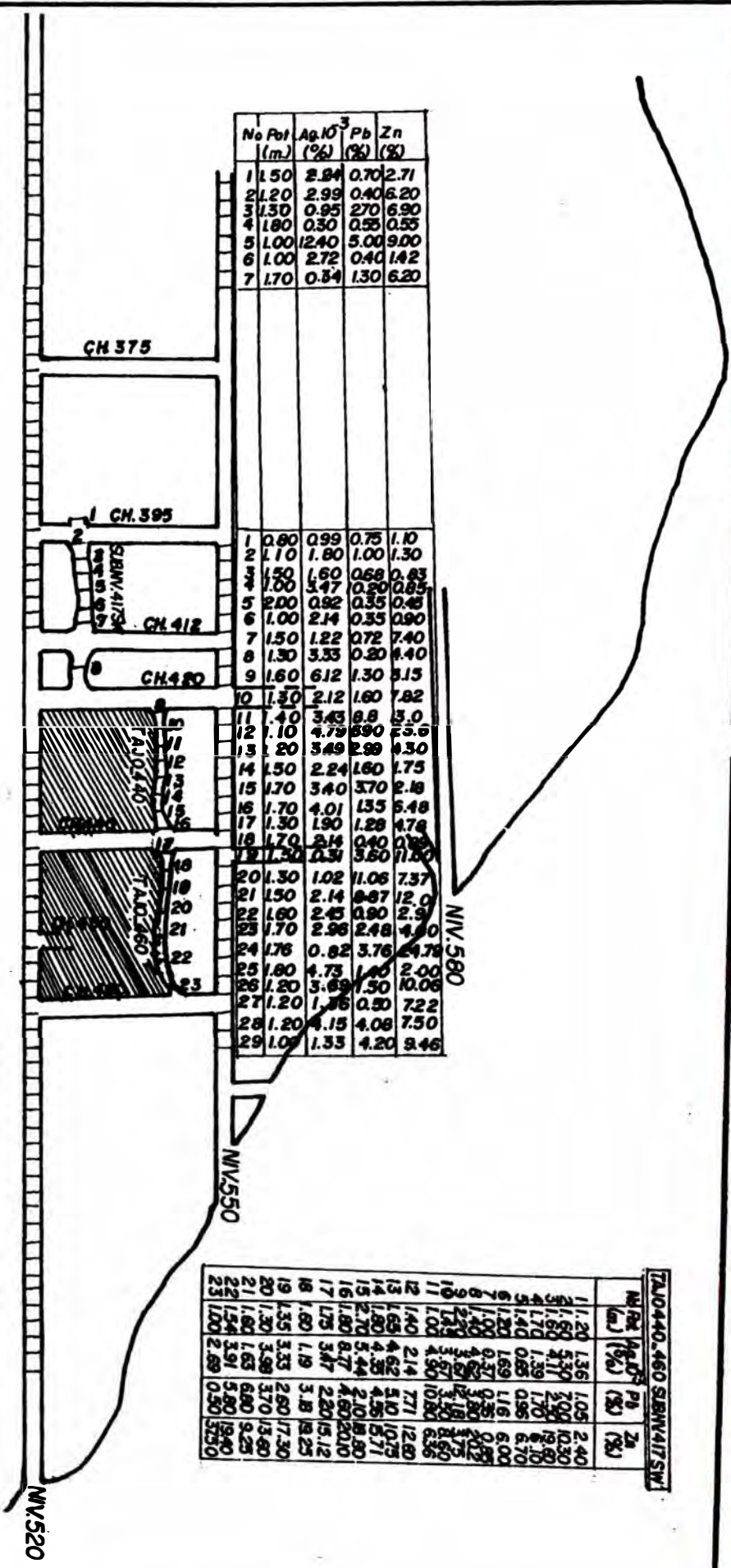
No	Pot (m)	Ag.10 ³ (%)	Pb (%)	Zn (%)
1	1.50	2.84	0.70	2.71
2	1.20	2.99	0.40	6.20
3	1.30	0.95	2.70	6.90
4	1.80	0.30	0.55	0.55
5	1.00	12.40	5.00	9.00
6	1.00	2.72	0.40	1.42
7	1.70	0.34	1.30	6.20

No	Pot (m)	Ag.10 ³ (%)	Pb (%)	Zn (%)
1	0.80	0.99	0.75	1.10
2	1.10	1.80	1.00	1.30
3	1.50	1.60	0.68	0.83
4	1.00	3.47	0.20	0.85
5	2.00	0.82	0.35	0.45
6	1.00	2.14	0.35	0.90
7	1.50	1.22	0.72	7.40
8	1.30	3.33	0.20	1.40
9	1.60	6.12	1.30	8.15
10	1.30	2.12	1.60	7.82
11	1.40	3.43	8.8	5.0
12	1.10	4.79	8.90	25.6
13	2.0	3.49	2.89	4.30
14	1.50	2.24	1.60	1.75
15	1.70	3.40	3.70	2.8
16	1.70	4.01	1.55	5.48
17	1.30	1.90	1.28	4.78
18	1.70	2.14	0.40	0.85
19	1.30	0.31	3.60	11.60
20	1.30	1.02	11.06	7.37
21	1.50	2.14	8.67	12.0
22	1.60	2.45	0.80	2.9
23	1.70	2.98	2.48	4.80
24	1.76	0.82	3.76	24.78
25	1.80	4.73	1.40	2.00
26	1.20	3.89	1.50	10.06
27	1.20	1.86	0.80	7.22
28	1.20	4.15	4.08	7.50
29	1.00	1.33	4.20	9.46

No	Pot (m)	Ag.10 ³ (%)	Pb (%)	Zn (%)
11	1.20	1.36	1.05	2.40
12	1.50	5.30	7.00	10.30
13	1.70	4.17	2.90	19.30
14	1.70	1.39	1.70	8.10
15	1.40	0.85	0.96	6.70
16	1.20	1.69	1.16	6.00
17	1.00	0.37	0.35	0.85
18	1.40	4.82	3.80	4.85
19	1.20	3.57	3.18	3.75
20	1.30	1.30	10.80	8.50
21	1.40	2.14	7.71	12.80
22	1.40	4.62	5.10	10.75
23	1.80	4.35	4.36	5.71
24	2.70	5.44	2.10	18.80
25	1.80	8.77	4.60	20.10
26	1.75	3.47	2.20	15.12
27	1.80	1.19	3.18	18.25
28	1.30	3.33	2.80	17.30
29	1.30	3.99	3.70	13.80
30	1.80	1.63	6.80	9.25
31	1.50	3.91	5.80	19.40
32	1.00	2.89	0.50	3.50

Fig. No 12

PLANO DE MUESTREO DE LA VETA CAÑON 1-MINA CAÑON HUALGAYOC CAJAMARCA
 Modificado a partir de TOR PISO 1987



hechos en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería Escuela de Geología, incluyendo las personas que en cada ocasión realizaron el muestreo.

4.2 Cálculo de Parámetros Estadísticos

Considerando al total de muestras analizadas por Ag, Pb y Zn se ha preparado la respectiva base de datos (Fig. N^o 12); luego se procedió al cálculo de los parámetros estadísticos (media \bar{X} , varianza S^2 , desviación típica S y coeficiente de correlación r) y el ploteo de gráficos (histogramas, curvas de acumulación y nubes de correlación).

Los resultados del cálculo de los parámetros estadísticos se presentan en el Cuadro N^o 4 y Cuadro N^o 5; mientras que los gráficos se muestran en las figs. 13, 14, 15 y 16); las cuales se obtuvieron empleando las fórmulas estadísticas que se incluye en el anexo 6.

CUADRO 4.

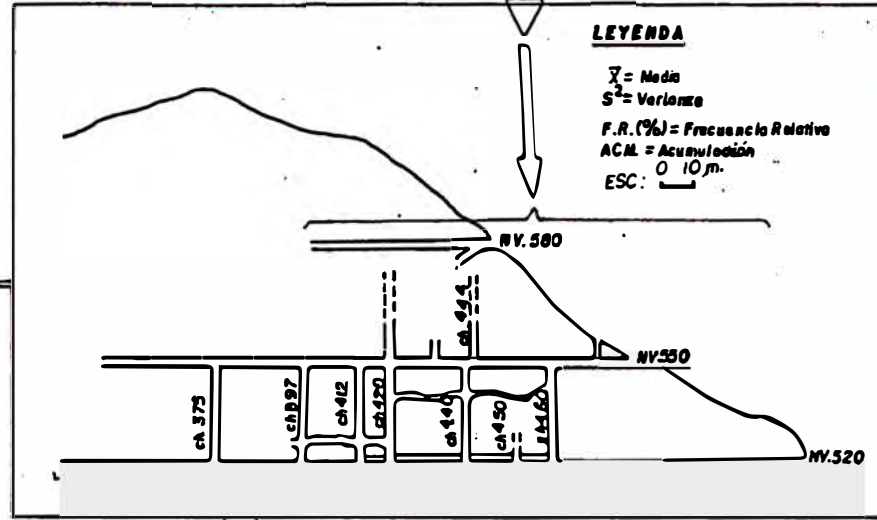
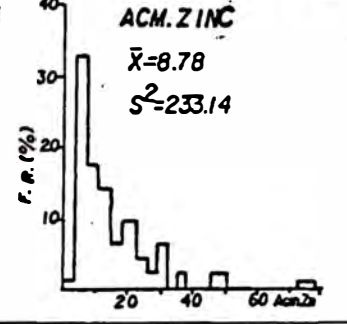
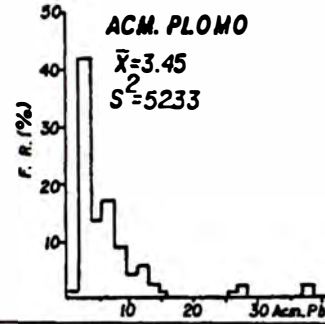
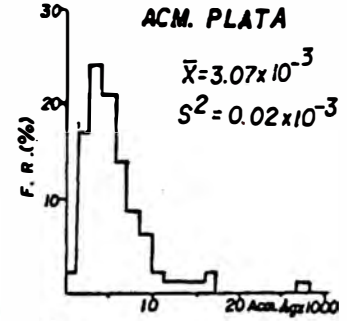
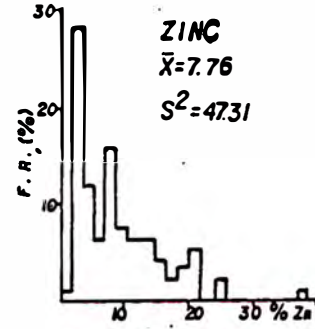
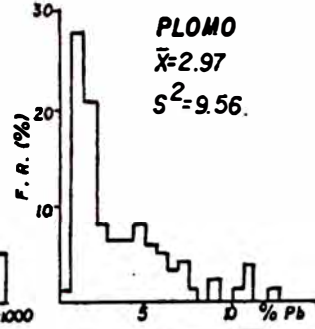
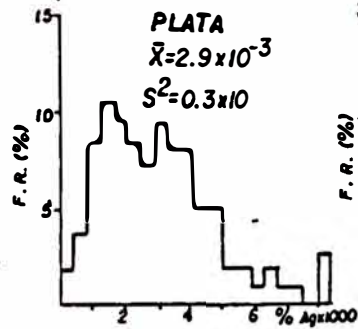
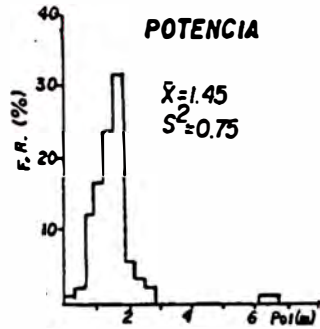
MEDIAS Y VARIANZAS EN LA VETA CAÑÓN I											
ESTRUCTURA	LABORES	N.º	POT.(m.)	PLATA(%)	PLOMO(%)	ZNC(%)	ACM. Ag	ACM. Pb	ACM. Zn		
VETA CAÑÓN No 1	CUERPO 1	NV520TRAM:1W-7W TAJO 440-460 NV.550	95	1.48	2.89×10^{-5}	2.97	7.78	3.07×10^{-5}	3.45	8.78	\bar{x}
				0.75	0.56×10^{-5}	9.52	47.51	0.02×10^{-5}	52.25	238.14	S^2
				0.55	0.38	1.08	0.78	2.12	4.58	3.02	S^2/\bar{x}
	CUERPO 2	NV520TRAM:9W-14W NV.550	49	1.46	7.9×10^{-5}	3.19	7.51	2.03×10^{-5}	3.06	6.94	\bar{x}
				0.54	0.5×10^{-5}	9.37	25.86	0.32×10^{-5}	32.88	87.03	S^2
				0.16	1.36	0.92	0.46	4.27	4.15	1.81	S^2/\bar{x}
	CUERPO 1 Y CUERPO 2	TODA LAS LABORES	144	1.45	4.6×10^{-5}	3.05	7.68	3.12×10^{-5}	3.51	8.15	\bar{x}
				0.61	3.2×10^{-5}	9.48	40.03	0.15×10^{-5}	47.75	184.80	S^2
				0.29	1.75	1.82	0.68	5.72	4.38	2.78	S^2/\bar{x}

CUADRO 5.

COEFICIENTE DE CORRELACION EN LA VETA CAÑÓN I									
ESTRUCTURA	LABORES	N.º	COEFICIENTE DE CORRELACION (r)						
			POT/Ag	POT/Pb	POT/Zn	Ag/Pb	Ag/Zn	Pb/Zn	
VETA CAÑÓN No 1	CUERPO 1	NV.520 TRA- MO: 1W-7W NV.550	95	0.78	0.74 ±0.45	0.75 ±0.50	0.66 ±0.60	0.72 ±0.57	0.68 ±0.60
	CUERPO 2	NV.520 TRA- MO: 9W-14W NV.550	49	0.46	0.30	0.35	0.78	0.77	0.89
	CUERPO 1 Y CUERPO 2	TODA LAS LABORES	144	0.38 ±0.40	0.63 ±0.40	0.67 ±0.48	0.55 ±0.55	0.65 ±0.45	0.72 ±0.60

±(r) CUANDO NO SE CONSIDERAN LOS DATOS No 5 Y 6 DEL TRAMO: 1W-7W (CUERPO 1).

HISTOGRAMAS DEL CUERPO 1



HISTOGRAMAS DEL CUERPO 2

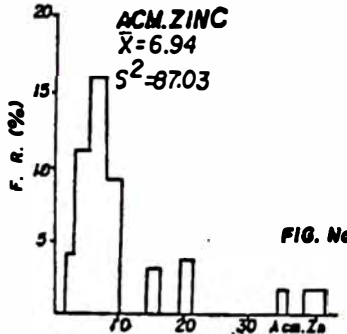
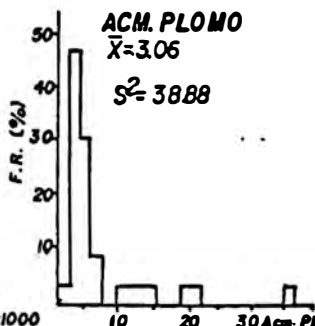
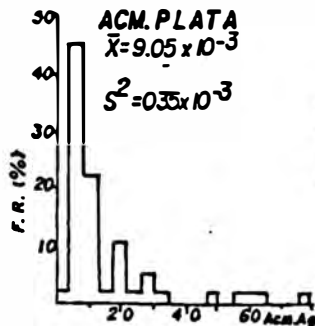
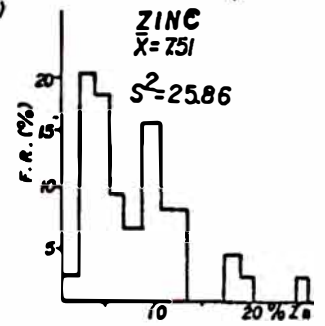
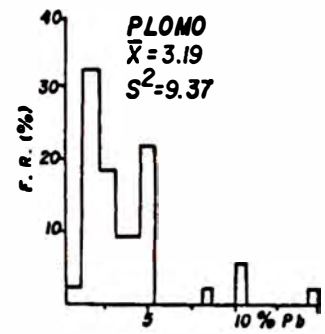
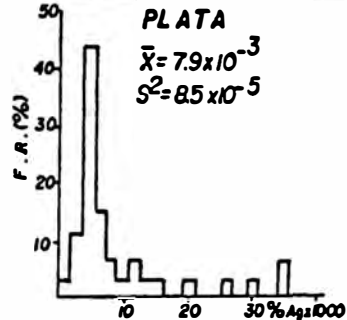
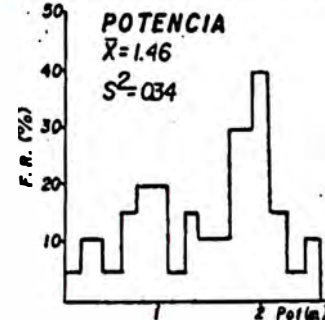
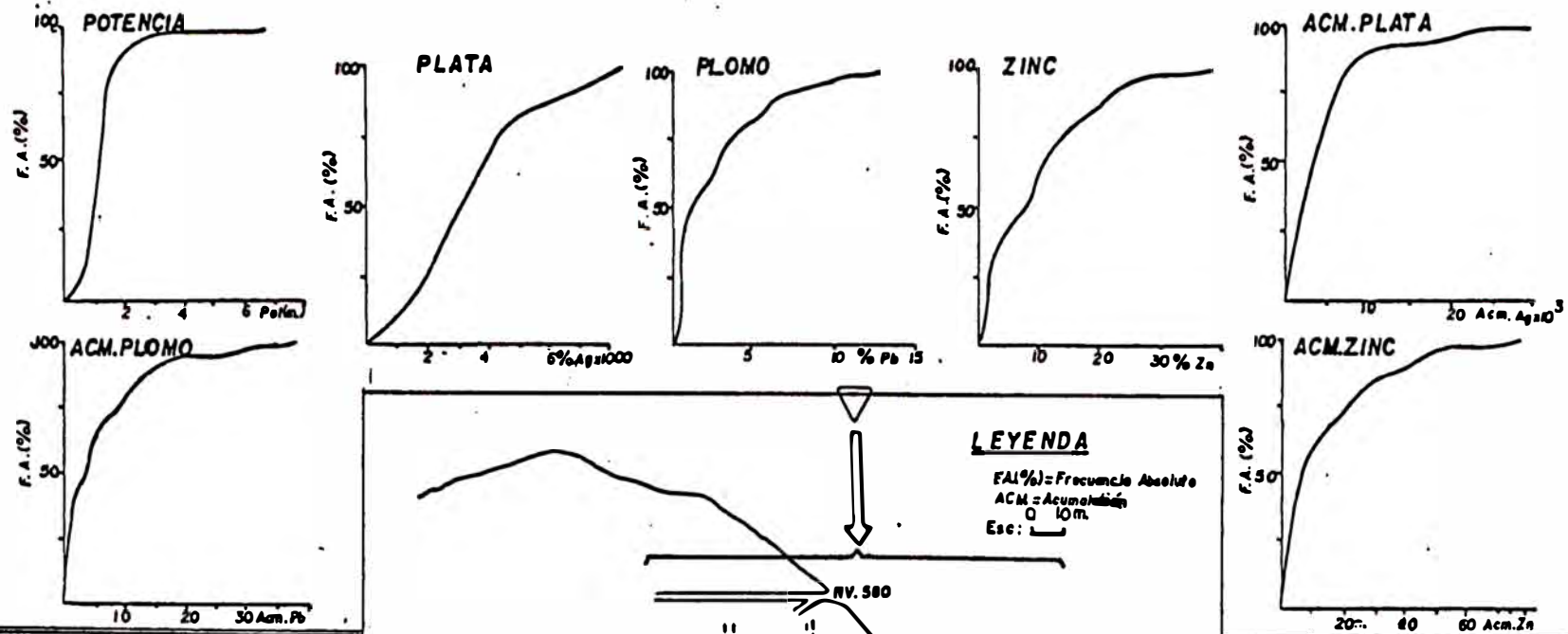
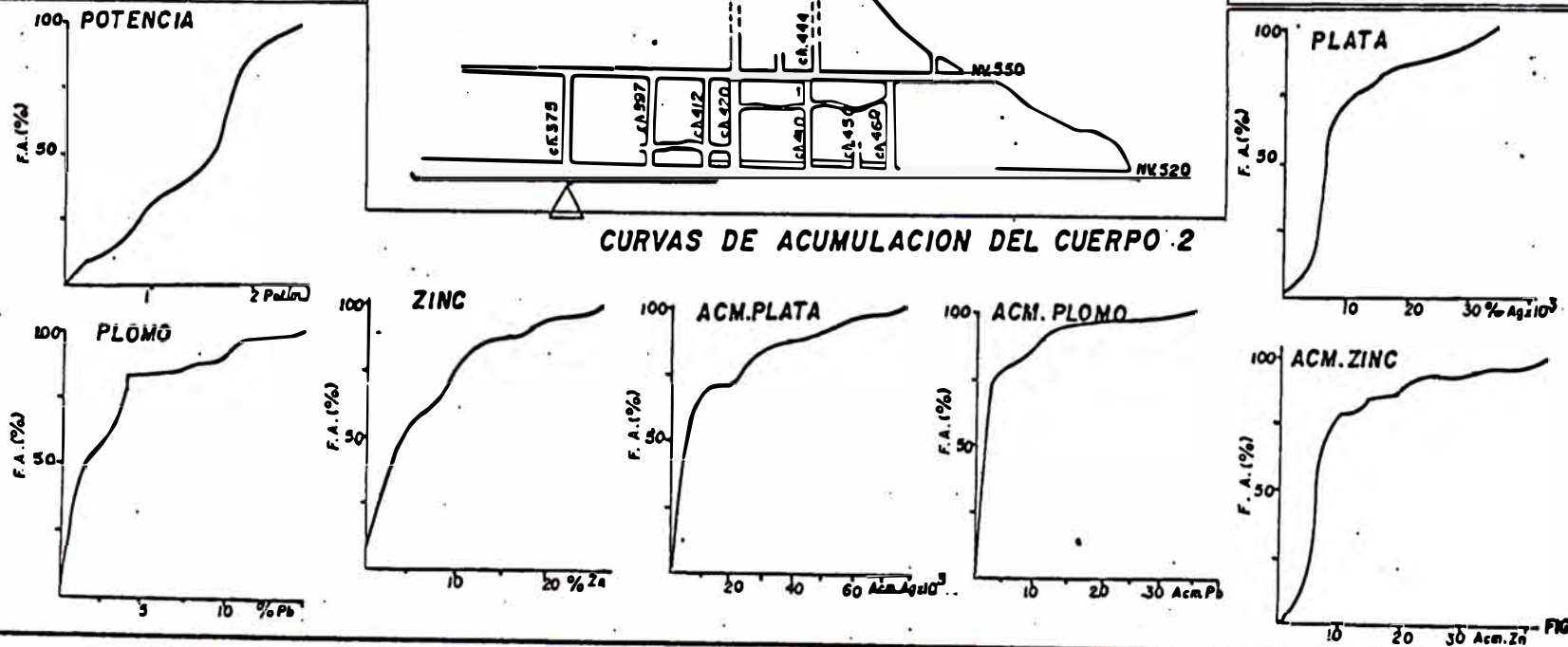


FIG. No 13

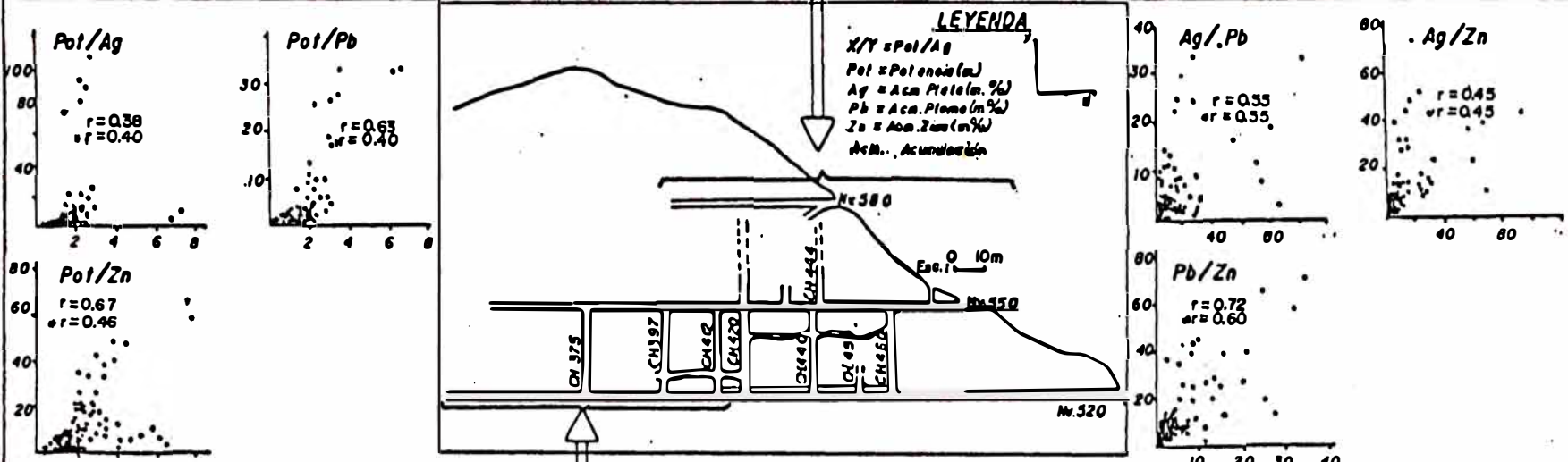
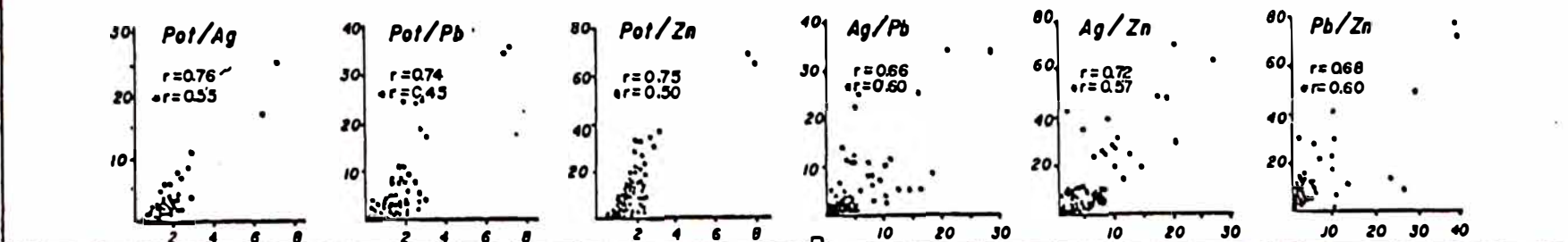
CURVAS DE ACUMULACION DEL CUERPO 1



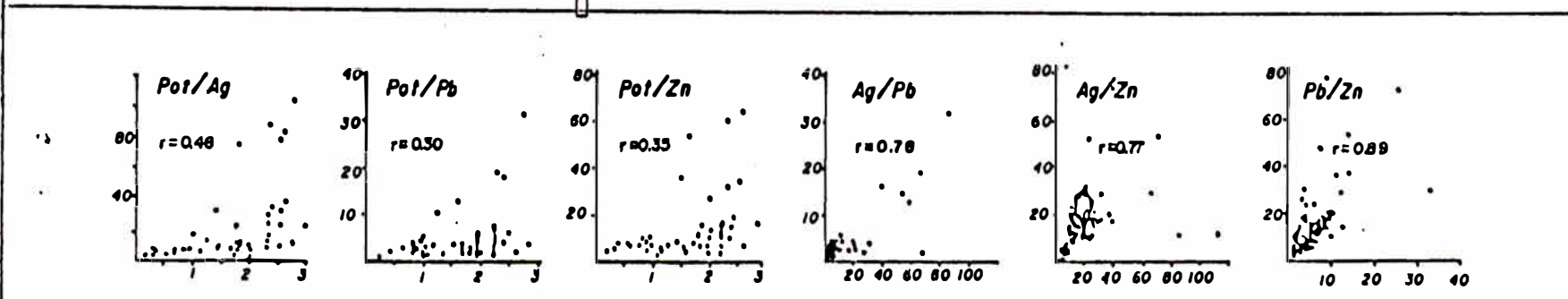
CURVAS DE ACUMULACION DEL CUERPO 2



NUBES Y COEFICIENTES DE CORRELACION DEL CUERPO 1



NUBES Y COEFICIENTES DE CORRELACION DEL CUERPO 1 Y CUERPO 2



NUBES Y COEFICIENTES DE CORRELACION DEL CUERPO 2

FIG. No 16

NOTA: sr Cuando no se considero los datos No 5 y No 6 del tramo: 1W-7W (CUERPO 1).

4.3 Cálculo y Ploteo de los Variogramas

El cálculo y ploteo de los variogramas se ha realizado a partir de datos experimentales, provenientes de las leyes del plano de muestreo (Fig. Nº 17), empleando la fórmula general:

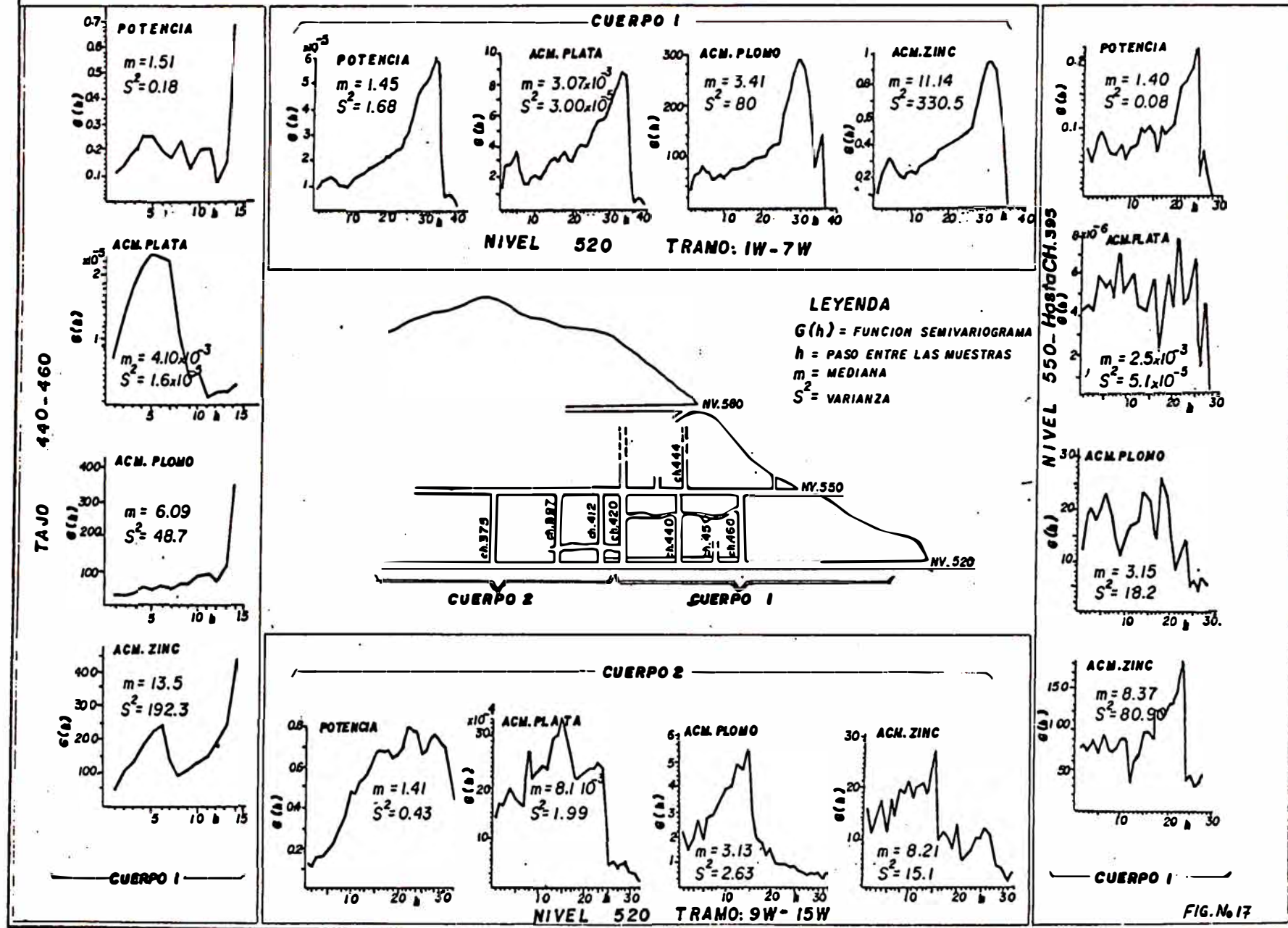
$$2\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n-h} |Y(x_i+h) - Y(x_i)|^2}{(n - h)}$$

donde :

- Y Es la variable estudiada en cada caso
(potencia ó acumulado de Ag, Pb y Zn).
Y(x) Es el valor de la variable en el punto x.
Y(x+h) ... Es el valor de la variable en el punto x+h
h Es el paso entre las muestras.
n Número de muestras
 $2\gamma(h)$... El valor de la función variograma para un
valor h.
 $\gamma(h)$ El valor de la función semivariograma para
un valor h (en el sistema cartesiano eje
x).

En la Fig. Nº 17, se ha ploteado los variogramas en cuestión; los cuales han sido calculados con la ayuda de un programa en lenguaje BASIC (anexo 7).

VARIOGRAMAS DE LAS VARIABLES POTENCIA Y ACUMULACION DE Ag-Pb-Zn

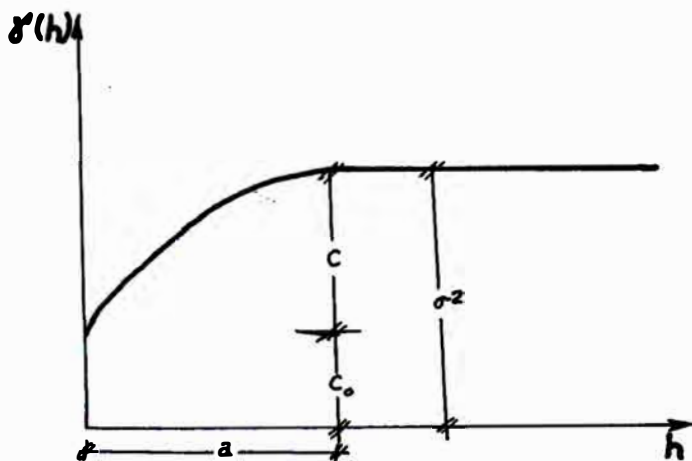


4.4 Ajuste de los Variogramas

Luego de ploteados los variogramas (Fig. N° 17), se procede a su respectivo ajuste, para lo cual se elige un modelo teórico apropiado (llamado esquema intrínseco); para nuestro estudio se eligió el modelo esférico:

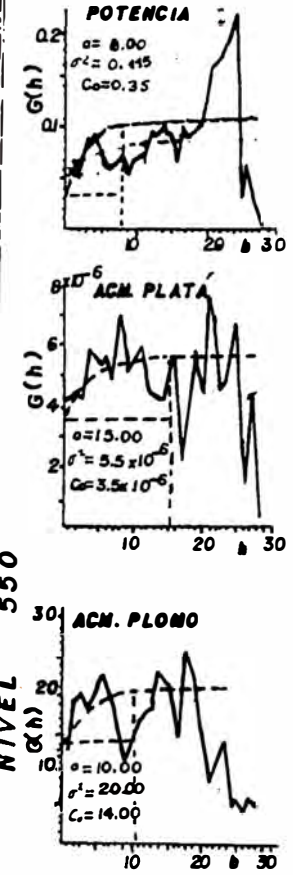
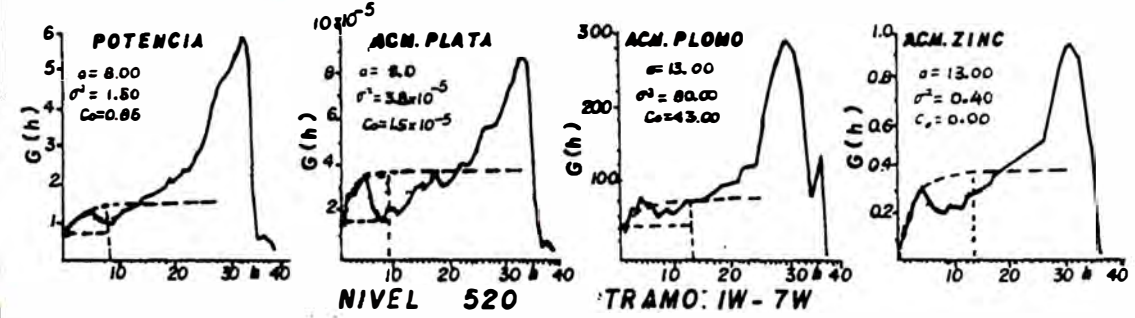
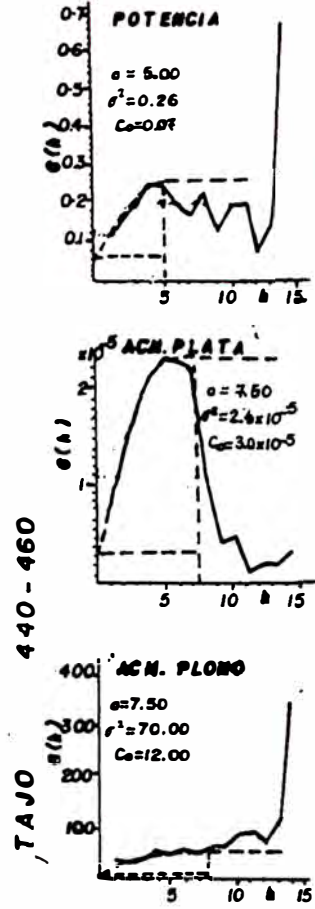
$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C(3h/2a - (1/2)(h/a)^2) & \text{para } h < a \\ C_0 + C & \text{para } h \geq a \end{cases}$$

donde: $C = \sigma^2 - C_0$ y $C_0 = C_0/C$
 $a =$ alcance
 $\sigma^2 = S^2 =$ varianza
 $C_0 =$ efecto pepita

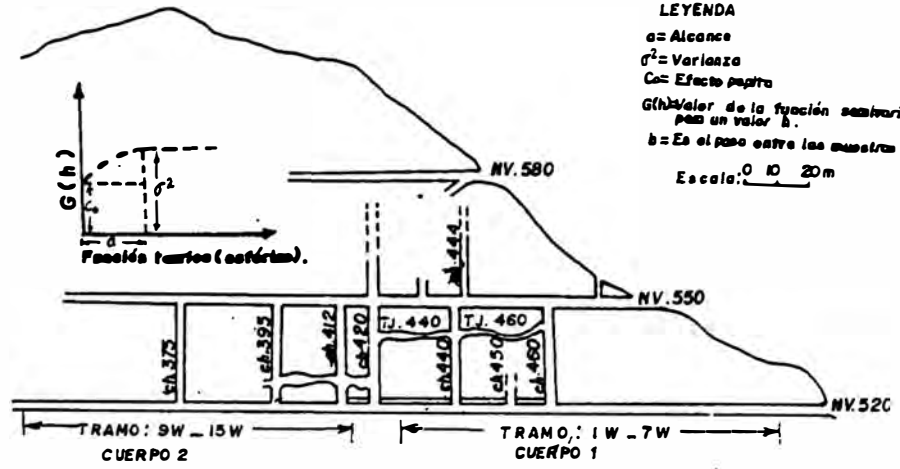


En la Fig. N° 18 , se muestran los variogramas experimentales debidamente ajustados.

AJUSTE DE LOS VARIOGRAMAS A FUNCIONES TEORICAS



TAJO 440-460



LEYENDA
 a = Alcance
 σ^2 = Varianza
 C_0 = Efecto pepita
 $G(h)$ = Valor de la función semivariograma para un valor h .
 h = Es el paso entre las muestras

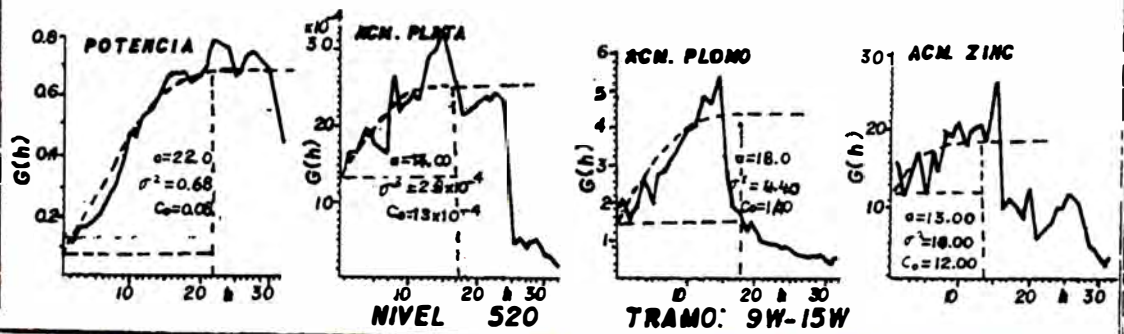


FIG.No 18

4.5 Conclusiones

Del análisis químico de un total de 150 muestras por plata, plomo y zinc de la veta Cañón 1, se ha calculado los parámetros estadísticos, se ha planteado gráficos (histogramas y curvas de acumulación) y se ha calculado los respectivos variogramas (ploteados y ajustados al modelo esférico); obteniendo resultados que nos permite dar las siguientes conclusiones:

1.- De los cálculos de los parámetros estadísticos se concluye que la potencia promedio de la Veta Cañón 1 es de 1.45 metros y la ley promedio Zn = 8.15 %, Pb = 3.31 % y Ag = 5.12×10^{-3} %. Tomando toda la población de datos las menas de Zn y Pb de la Veta Cañón 1 tienen fuerte relación entre sí; pero éstos elementos guardan una relación débil con la potencia. En cambio circunscribiéndonos al cuerpo 1 de la veta, tanto la potencia y las menas guardan una estrecha relación entre sí (Fig. N° 21, Cuadro A).

2.- De la construcción de los gráficos de histogramas y curvas de acumulación (Fig N° 13, 14, 15) se concluye que la distribución y la clasificación de los valores de potencias (m) y las leyes (%) son buenas, siendo la potencia la mejor distribuida en toda la estructura mineralizada de la Veta Cañón 1, mientras que las leyes (%) son regulares (dispersión en algunos tramos buenas y en otras al azar). También se puede decir de la Veta Cañón 1 a partir de los gráficos mencionados, con respecto a su potencia y las leyes de mena (Zn, Pb y Ag):

4.5 Conclusiones

Del análisis químico de un total de 150 muestras por plata, plomo y zinc de la veta Cañón 1, se ha calculado los parámetros estadísticos, se ha planteado gráficos (histogramas y curvas de acumulación) y se ha calculado los respectivos variogramas (ploteados y ajustados al modelo esférico); obteniendo resultados que nos permite dar las siguientes conclusiones:

1.- De los cálculos de los parámetros estadísticos se concluye que la potencia promedio de la Veta Cañón 1 es de 1.45 metros y la ley promedio Zn = 8.15 %, Pb = 3.31 % y Ag = 5.12×10^{-3} %. Tomando toda la población de datos las menas de Zn y Pb de la Veta Cañón 1 tienen fuerte relación entre sí; pero éstos elementos guardan una relación débil con la potencia. En cambio circunscribiéndonos al cuerpo 1 de la veta, tanto la potencia y las menas guardan una estrecha relación entre sí (Fig. N^o 21, Cuadro A).

2.- De la construcción de los gráficos de histogramas y curvas de acumulación (Fig N^o 13, 14, 15) se concluye que la distribución y la clasificación de los valores de potencias (m) y las leyes (%) son buenas, siendo la potencia la mejor distribuida en toda la estructura mineralizada de la Veta Cañón 1, mientras que las leyes (%) son regulares (dispersión en algunos tramos buenas y en otras al azar). También se puede decir de la Veta Cañón 1 a partir de los gráficos mencionados, con respecto a su potencia y las leyes de mena (Zn, Pb y Ag):

**Estructura Mineralizada en % de la
Veta Cañón 1**

Variables	25%	50%	75%	100%
Potencia(m)	<1.2	<1.8	<2.0	<6.5
Plata (%)	<2x10 ⁻³	<3.5x10 ⁻³	<6x10 ⁻³	<35.15x10 ⁻³
Plomo (%)	<1.0	<2.3	<5.0	<12.18
Zinc (%)	<2.2	<5.0	<8.5	<24.79

* < "menor que"

Siendo toda la estructura mineralizada de la veta al 100% (Fig. Nº 21, cuadro B).

3.- Del cálculo y ajuste de los variogramas se obtiene el siguiente cuadro resumen (Cuadro Nº 6), de donde se obtienen las siguientes conclusiones:

La potencia promedio del cuerpo 1 es 1.45 metros y las leyes de Zn, Pb, y Ag son: 11%, 4.2% y 3.2*10⁻³, con un alcance de aproximadamente 10 metros.

Del cuerpo 2 se puede decir en promedio tiene Pot=1.41 metros, Zn=13.0%, Pb=3.13% y Ag=8.1*10⁻³% en un alcance de aprox. 16 metros. Luego promediando los resultados tanto del cuerpo 1 y cuerpo 2 se puede obtener la ley promedio de toda la estructura mineralizada de la Veta Cañón 1 que es: Pot=1.45 metros, Zn=12%, Pb3.60% y Ag=5.65*10⁻³% en un alcance aprox. de 13 metros.

De estas 3 conclusiones obtenidas en el presente estudio se considera la tercera conclusión como el final resultado promedio de la potencia y las leyes existentes en la Veta Cañón 1.

Cuadro 6.- Cuadro Resumen del Cálculo y ploteo de Variogramas

Estructura	Labores	Potencia					Aca. Ag				
		a	a ²	a	a ²	Co	a	a ²	a	a ²	Co
Cuerpo 1	Nv. 520 tramo 1N-7N	1.43	1.68	8.0	1.50	0.85	3.07x 10 ⁻³	3.0x 10 ⁻⁵	9.0	3.8x 10 ⁻⁵	1.5x 10 ⁻⁵
	Tajo 440-460	1.51	0.18	5.0	0.26	0.07	4.1x 10 ⁻³	1.6x 10 ⁻⁵	7.5	2.4x 10 ⁻⁵	3.0x 10 ⁻⁶
	Nv. 550 Ch. 460- 395	1.40	0.08	8.0	0.115	0.035	2.5x 10 ⁻³	5.1 10 ⁻⁵	15.0	5.5x 10 ⁻⁶	3.5x 10 ⁻⁶
Cuerpo 2	Nv. 520 tramo 9N-14N	1.41	0.43	22.0	0.68	0.08	8.10x 10 ⁻³	1.99x 10 ⁻⁵	17.0	25.0x 10 ⁻⁶	13.0x 10 ⁻⁴

Estructura	Labores	Aca. Pb					Aca. Zn				
		a	a ²	a	a ²	Co	a	a ²	a	a ²	Co
Cuerpo 1	Nv. 520 tramo 1N-7N	3.41	80.0	13.0	80.0	43.0	11.14	330.5	13.0	0.40	0.00
	Tajo 440-460	6.09	48.7	7.5	70.0	12.0	13.5	192.3	8.0	250.0	0.0
	Nv. 550 Ch. 460- 395	3.15	18.2	10.0	20.0	14.0	8.37	80.09	10.0	80.0	45.0
Cuerpo 2	Nv. 520 tramo 9N-14N	3.13	2.63	18.0	4.40	1.40	8.21	15.1	13.0	18.0	12.0

* m y s Valores obtenidos de la figura N^o 17
a, σ², Co.- Valores obtenidos de la figura N^o 18

5. DISCUSION E INTERPRETACION

En la Mina Cañón ocurren depósitos tanto discordantes como concordantes con la roca encajonante (capítulo N^o 3). Las estructuras discordantes vienen a ser fundamentalmente las vetas Cañón 1, Cañón 2 y Cañón 3 las que se consideran como estructuras asociadas a fracturas y fallas. También existen otras estructuras como las Vetas Dolores, Corona, etc.

Las principales estructuras concordantes vienen a ser el Manto Corona, Hualgayoc y otros pequeños asociados a las Vetas Cañón 1, Cañón 2, etc.

A continuación se discutirá e interpretará solamente la Veta Cañón 1, por ser uno de los depósitos estudiados en forma integral y sistemática, también por ser correlacionable con las Vetas Cañón 2 y Cañón 3. Las otras estructuras de la Mina Cañón no se consideran en este capítulo por no tener información suficiente para su discusión e interpretación.

5.1 Alteraciones

Las alteraciones que presenta la Veta Cañón 1 son de tipo supérgeno; asociadas a dos procesos: al de erosión y al de oxidación.

Con Respecto al proceso de oxidación, este fenómeno no ha sido muy intenso en la zona de estudio.

Los óxidos llegan hasta una profundidad de aproximadamente 15 metros; los sulfuros y carbonatos dan lugar allí a óxidos de fierro y manganeso (Foto N^o 21). Después de la capa de 15 metros de óxidos, se encuentran minerales inalterados (Foto N^o 6) en un horizonte de 100 a 120 metros aprox. (Fig. N^o 21) conteniendo minerales económicos de Zinc y Plomo.

Tanto las estructuras mineralizadas (Zinc Plomo) como las rocas encajonantes (rocas carbonatadas) de los cuerpos 1 y 2 de la Veta Cañón 1, no presentan alteración hipógena (Foto K y L, lámina II) por lo que la mineralización no debe tener relación directa con las rocas ígneas existentes en la zona de estudio.

5.2 Secuencia de la Formación de Minerales

La determinación de la disposición espacial y el modo de combinarse de los minerales (Ver 3.1.2 y 3.1.3) existentes en el Cuerpo 1 y Cuerpo 2 de la Veta Cañón 1, nos ha permitido delinear la evolución de la formación de los minerales; donde cada uno de los ensambles guardan una estrecha relación con su origen específico dentro del proceso de formación de todo el yacimiento.

Los principales minerales de mena de la Veta Cañón 1 son: esfalerita y galena, solo en ínfimas proporciones ocurren calcopirita, cobre grises, sulfosales de plata ?, las gangas consisten principalmente de calcita, rodocrosita, arcillas, siderita, cerúsita, marcasita, pirita, arsenopirita, cuarzo, etc.

En base a los estudios de los intercrecimientos (Cap. Nº3, Tabla Nº1 y Tabla Nº 2), observados tanto macroscópicamente como bajo el microscopio, la secuencia paragenética de los minerales ocurridos en la Veta Cañón 1, ha sido dividida en tres estadios:

ESTADIO I.- Es la facies brechosa, donde ocurren fragmentos angulosos a subangulosos de rocas calcáreas a veces con escasas disseminaciones de pirita. La matriz de textura afanítica está compuesta esencialmente de material carbonático, con algo de

cuarzo, es de aspecto terroso, grano fino y semicompacto con óxidos de Mn y Fe (Foto No 5 y Lámina I-D).

ESTADIO II.- Es la facies detrítica. Comprende el desarrollo de cristales de menas y algunas gangas, combinado con la erosión, transporte y sedimentación detrítica fina.

El desarrollo de los cristales de mena en el presente estadio (gn-a, ef-a y py-a), está acompañado de procesos de erosión, transporte y sedimentación detrítica fina de las menas y gangas. En la última etapa del estadio, en la transición de la facies detrítica y química, ocurren sulfuros de galena (b), esfalerita (b) y pirita (b) y otros minerales: Arcillas, limonitas, óxidos de Mn y Fe como inclusiones en carbonatos y algo de cuarzo muy fino (Fotos Nos 5, 6 y 20).

ESTADIO III.- Es la facies química, donde mayormente ocurren los sulfuros de mena. En nuestro caso distinguimos dos generaciones de galena, cuatro generaciones de esfalerita (incluyendo una amorfa?); en cuanto a la pirita y a los carbonatos es difícil diferenciar las distintas generaciones; por ello sólo mencionamos carbonatos I y pirita I, que son las de mayor ocurrencia.

En base al estudio macro y microscópico de varias muestras representativas de la facies química, tanto del cuerpo 1 y cuerpo 2 de la Veta Cañón 1, a continuación vamos a describir cada uno de los minerales identificados:

A. GALENA.- Se distinguen dos generaciones: la primera se encuentra en forma esquelética en los núcleos de la primera generación de esfalerita coloforme (Fotos No

7, 8 y 9), y la segunda generación de la galena, la cual es anhedral y ocurre asociada a otros sulfuros y sulfosales grises, calcopirita, pirita, sulfosales de plata ?, etc. (Fotos N^o 8, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19 y Gráfico N^o 2-A y B), y a veces alterados a cerusita (Foto N^o 15).

B. ESFALERITA.- Hay cuatro generaciones, siendo la última amorfa ?. Las tres primeras generaciones diferenciadas bajo el microscopio para sus reflexiones internas, los que varían de color crema pardusco a rojo oscuro y amarillo; la esfalerita amorfa tiene reflexiones internas de color anaranjado (Fotos N^o 8). En la segunda generación de la esfalerita se encuentran inclusiones de galena, arsenopirita, pirita, calcopirita, etc., también al final de esta generación comienzan a formarse los carbonatos aprovechando los espacios vacíos y fracturas.

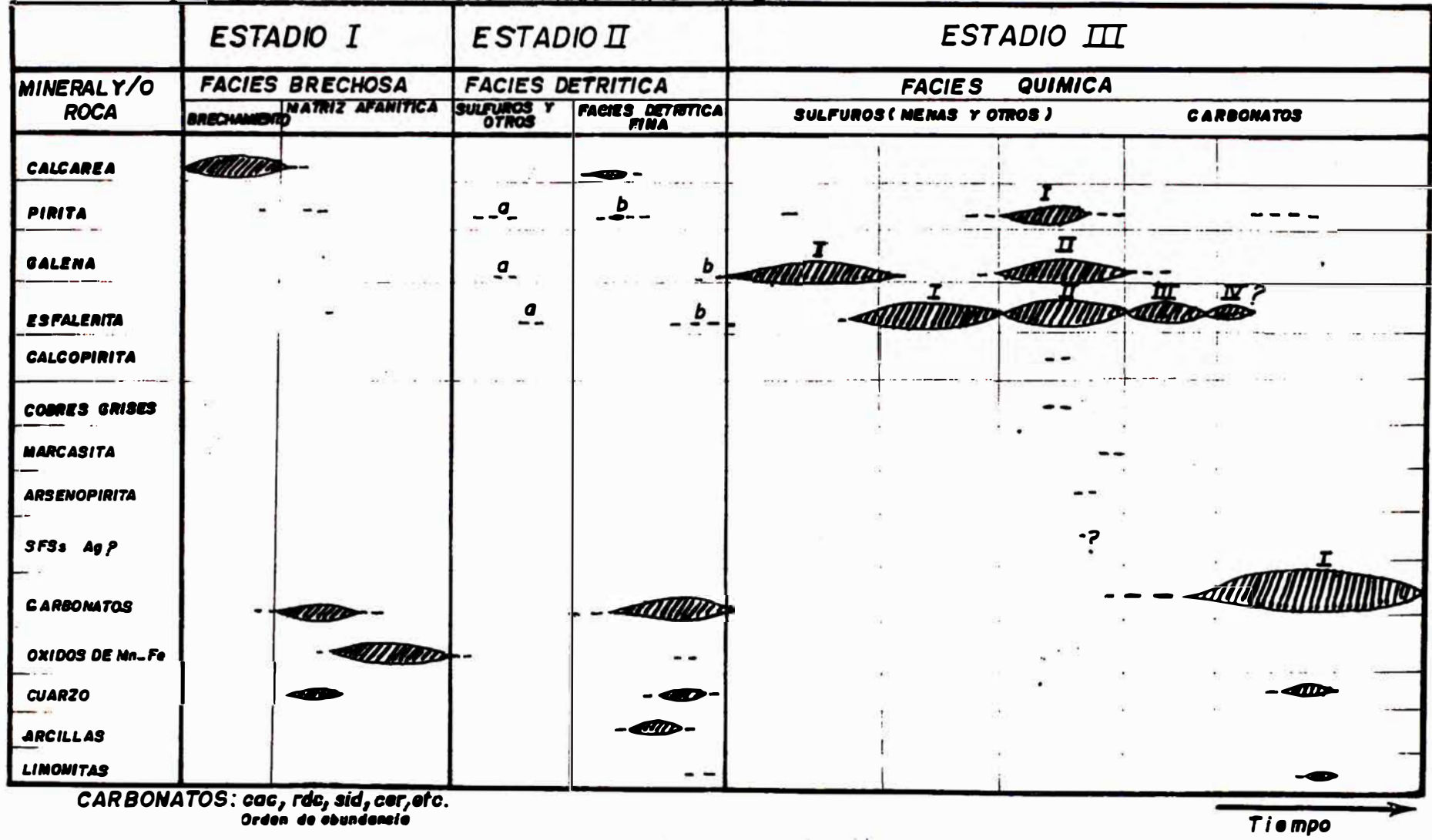
C. PIRITA.- Ocurren en varias generaciones, siendo la pirita I de mayor ocurrencia de formas anhedrales a subhedrales (Fotos N^o 11, 15, 17 y Gráfico N^o 2-C-D), también se ha encontrado, junto a la pirita, marcasita en cantidades pequeñas.

Una de las tantas generaciones de py, probablemente la última, es alterada por limonitas.

D. CARBONATOS.- Ocurren en varias generaciones, siendo el carbonato I (calcita, rodocrosita, siderita, cerusita, etc.) el de mayor ocurrencia; presenta texturas coliformes, bandeadas y venillas (Fotos N^o 9, 12, 13, 14 y 17: lámina I: H, lámina II: I, J, K, L, N, O y Gráfico N^o 2-E y F).

Con estas consideraciones principales y otras más se ha podido representar gráficamente la paragénesis del depósito (Cuadro N^o 7).

Cuadro No 7.- Paroquesis de los minerales formados en la Veta Cañón 1 - Mina Cañón



El cuerpo de la Veta Cañón 1 tiene, además de Zn, Pb y Ag, concentraciones interesantes de Fe y Mn.

En los siguientes cuadros mostramos el promedio de 10 muestras analizadas (anexo 8 y 9).

ANALISIS POR EL METODO DE ESPECTROMETRIA DE EMISION

ELEMENTOS (%)					
Mayor	Menor	Trazas			Vestigios
>10%	1 a 10%	1-0.1%	0.1-0.01%	0.01-0.001%	0.001%<
Fe y Zn	Mn, Pb Mg, Si	Ca, Al	Cu, Ti, Ag As y Sb	Ca, Sn, Ba	Au, Zr, Ni

ANALISIS POR EL METODO DE ABSORCION ATOMICA

Elemento	Zinc	Plomo	Plata	Manganeso
%	11.16	5.80	0.014	12.93

La multiplicidad de minerales encontrados y los análisis respectivos, nos muestran que el yacimiento de la Veta Cañón 1 es de Zinc Plomo, ligado principalmente a los elementos de Fe, Mn, Ag, Ca, etc. Es interesante mencionar que la metalización se produjo en condiciones reductoras donde las observaciones de campo y los ensambles mineralógicos indican, tentativamente que la Veta Cañón 1 es un yacimiento de tipo intracrístico.

5.3 Controles que favorecieron la concentración de los minerales

Los controles que favorecieron la concentración de minerales en la Veta Cañón 1 son : estructural, tectónico-fisiográfico, litológico-estratigráfico, hidrogeológico y geoquímico. A continuación se describe cada uno de ellos.

5.3.1 Control estructural.- Las vetas y cuerpos intracársticos están controlados por fracturas y fallas de orientación N55°E y 85°SW de buz. (Figs. 9 y 10), que cortan casi perpendicularmente a la secuencia calcárea que tiene rumbo N35°W y 35°SW de buz. correspondiente al flanco SW de un anticlinal cuyo eje tiene dirección NW. El buzamiento suave de las capas calcáreas ha facilitado la formación de cavidades cársticas.

5.3.2 Control litológico-estratigráfico.- Los cuerpos intracársticos se circunscriben a las rocas calcáreas (calizas, dolomitas, margas, etc.) del cretáceo medio (formación Chulec y Pariatambo).

5.3.3. Control tectónico - fisiográfico.- La ubicación de los distintos cuerpos intracársticos, está espacialmente asociada con el límite actual de la Superficie Puna relictica, desarrollada en la zona. La presencia de rocas calcáreas del cretáceo medio ha facilitado la formación del paisaje cárstico. Por otro lado el levantamiento terciario andino, esencialmente epirogenético, favoreció la erosión vertical subterránea y la formación de cavernas, las cuales en forma sucesiva se han ido rellenoando con una serie de minerales, entre ellos, sulfuros (galena y esfalerita). Como es sabido, los levantamientos y los consiguientes períodos de erosión (Puna, Chacra y Cañón) han sido discontinuos, como evidencia de ello han quedado las eflorescencias escalonadas de travertino expuestas en las laderas del Cerro María hacia el río Mesa de Plata (Lámina I, fotos A y E) .

5.3.4. Control hidrogeológico.- La circulación de las aguas (meteóricas) subterráneas. Ha sido objeto de múltiples estudios, entre ellos la teoría de los flujos acuosos subterráneos por CVIJIC (1918), que distingue tres zonas esenciales de circulación (Fig. N°19):

a) Zona de Percolación.- Zona receptora de sedimentos detríticos gruesos y de percolación continua de las aguas meteóricas que generan costras arcillosas y la aparición de concreciones carbonatadas (estadio I).

b) Zona de circulación horizontal.- Zona de Depositación de los productos de erosión y sedimentación detrítica fina y desarrollo y crecimiento de los cristales de mena y ganga en direcciones perpendiculares a las paredes (estadio II)

c) Zona de Imbibición.- Solubilidad y corrosión de los cristales formadores y la precipitación de los sulfuros primarios, la esfalerita y luego la galena (estadio III).

5.3.5 Control geoquímico.- Las condiciones físico-químicas de concentración de minerales en este tipo de yacimiento son diversos. Teniendo como condicionantes los agentes principales: agua, oxígeno, ácido carbónico, ácidos, organismos, las variaciones de temperatura y presión.

El agua, producto de las precipitaciones meteóricas, constituye el agente principal y fundamental en la disolución de las rocas calcáreas y en su descomposición; consecuente traslado y depositación de los componentes químicos naturales que dan origen a los minerales formadores de mena; proceso

El agua meteórica se filtra verticalmente aprovechando fisuras y diaclasas que agrandan hacia abajo. Flujo irregular. Erosión mecánica predomina sobre la química.

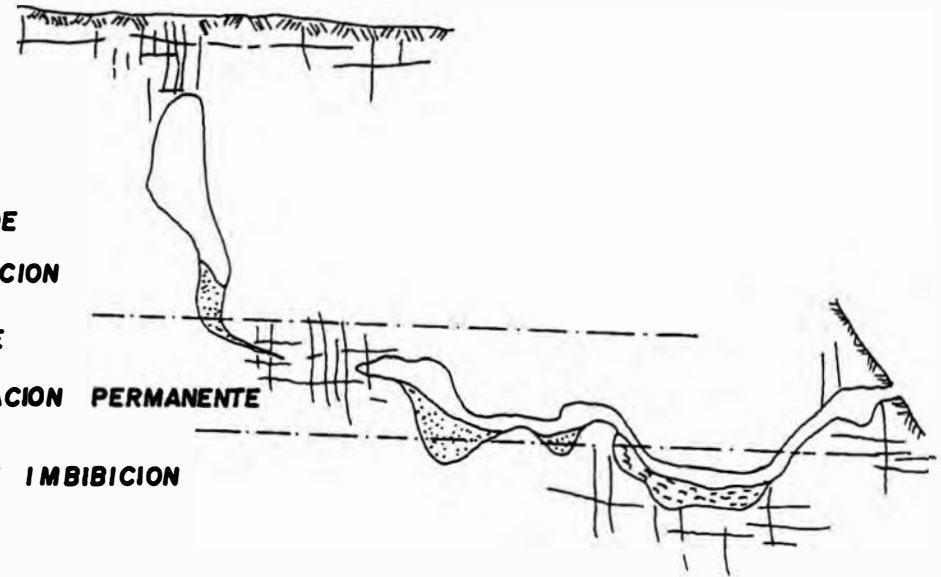
Circulación fundamentalmente horizontal. Flujo, libre o forzado, irregular. Intensa erosión química. Sedimentación detrítica fina.

Por debajo del nivel freático. Circulación muy restringida; aguas estancadas. Sedimentación ultradetrítica y química.

A. ZONA DE PERCOLACION

B. ZONA DE CIRCULACION PERMANENTE

C. ZONA DE IMBIBICION



ESQUEMA GENERALIZADO DE UN SISTEMA CARSTICO MADURO MOSTRANDO SUS ZONAS PRINCIPALES. Según CVIJIC (1918)

fundamentalmente condicionado por parámetros como la acidez-alcalinidad (pH) y el potencial de oxidación-reducción (Eh).

El poder de disolución del agua aumenta con la acidez (pH), esta acidez se debe principalmente a la presencia del gas carbónico. La ecuación que traduce los equilibrios de disolución son los siguientes:



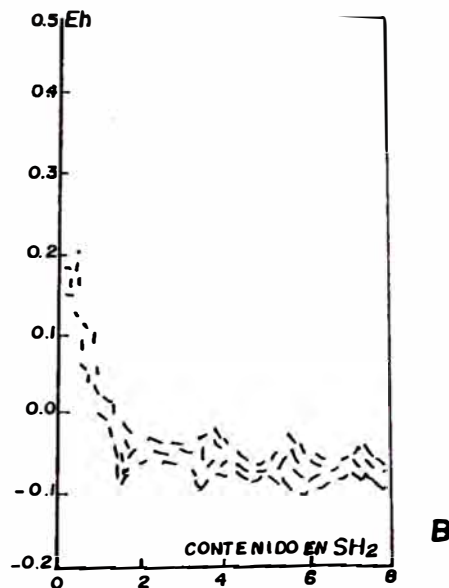
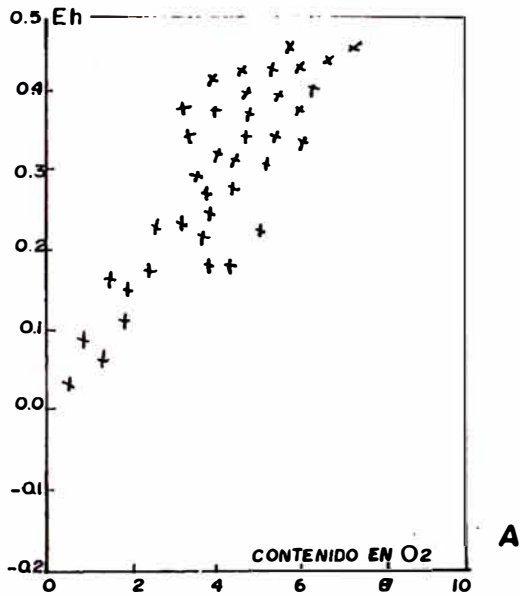
La formación y absorción del CO_2 por el agua y la solubilidad tienen relación directa con la temperatura y la disminución de la presión del gas (CO_2); a esto se suma la concentración H^+ que condiciona el medio óptimo para que ocurra la mineralización.

A continuación mostramos algunos gráficos teóricos que fundamentan el medio que controló la mineralización de los sulfuros existentes en la Veta Cañón 1 en términos de Eh, pH, $p(\text{CO}_2)$, HCO_3^- (ppm), O_2 y SH_2 (Fig No 20).

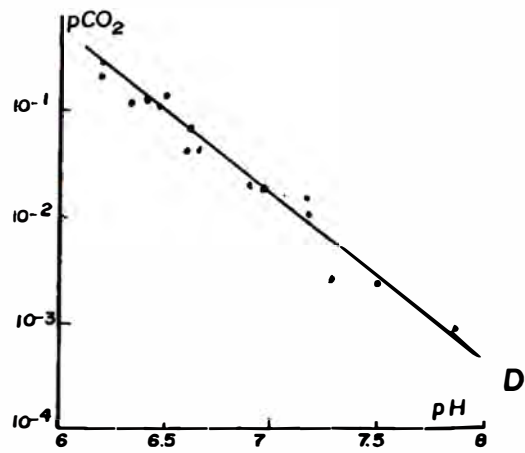
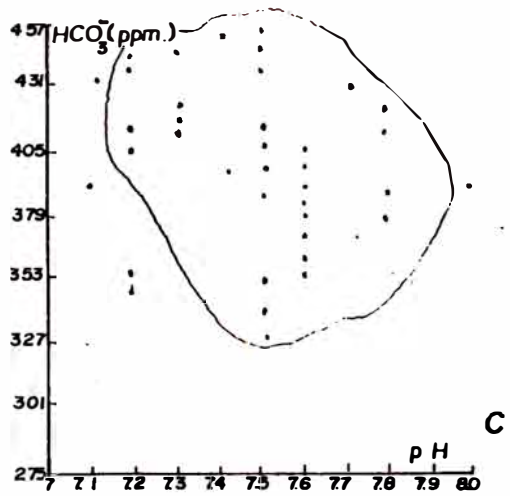
De la fig. No 20-D se desprende que en un medio cárstico la presión de CO_2 constituye el parámetro fundamental que regula el potencial de hidrógeno entre los valores de 6 y 8.5. El potencial de oxidación y reducción está condicionado por la presencia de SH_2 y de O_2 disuelto; aunque dentro de proporciones bastante amplias, (de -0.1 a 0.5 Eh). Por otro lado las temperaturas usuales en ambientes

CONDICIONES FISICO-QUIMICA DE CONCENTRACION DE MINERALES EN YACIMIENTOS DE TIPO INTRACARSTICO (VETA CAÑON I)

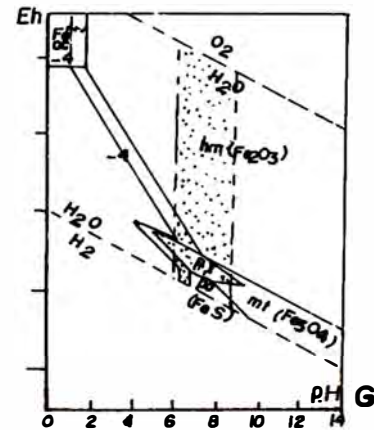
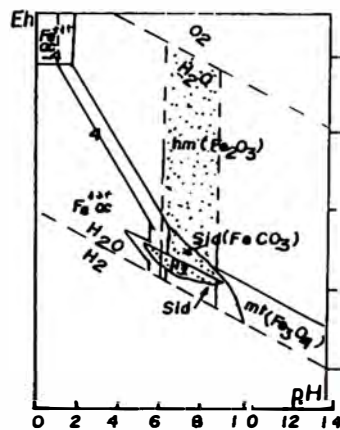
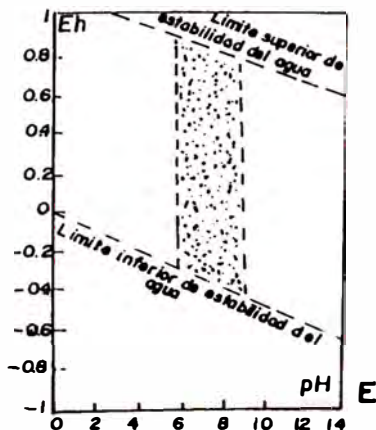
FIG. Nº 20



VARIACION DEL Eh EN FUNCION DE LOS CONTENIDOS EN O₂ Y DEL CONTENIDO EN SH₂ (SEGUN SCHERBAKOV, 1956)



DIAGRAMAS: HCO₃ - pH y pCO₂ - pH (según: FEULNER & HUBBLE 1960)



EL MEDIO CARSTICO EN TERMINOS DE pH y DE Eh Según CANCHAYA (1986)

RELACION DE ESTABILIDAD DE OXIDOS Y SULFUROS DE Fe. A 25°C, 1 atm. y IS = 10⁻³, además [carbonato disuelto] = 10⁻³ en el Primer diagrama) Según: GARRELS & CHRIST (1963)

cársticos están comprendidas entre algunos grados y una veintena de grados; mientras que la presión es 1 atm.

En base a las condiciones generales de CANCHAYA (1986) y a las características geológicas y mineralógicas de la mina Cañón se concluye que la veta cañón 1 y similares se habrían formado en ambientes reductores y valores de pH entre 6 y 8.

5.4 Persistencia de la Estructura y de la Mineralización

La Veta Cañón 1 ha sido dividida en dos cuerpos (Cuerpo 1 y Cuerpo 2) reconocidos en superficie, por su relieve negativo en dirección a su rumbo y en subterráneo por los niveles 520, 550 y 580.

Tanto los trabajos de campo, como de gabinete (los estudios petromineralógicos (Cap.3) y geoestructural (Cap. 4)) han hecho que se pueda definir el contexto morfológico de la estructura mineralizada de la Veta Cañón 1.

La persistencia de la estructura de la Veta Cañón 1, la vamos a definir tomando en cuenta su rumbo, buzamiento y los controles que favorecieron la concentración de minerales. La estructura en dirección a su rumbo está dividida en dos cuerpos (Fig. Nº 21) teniendo el Cuerpo 1 una longitud aproximada de 90 a 110 metros y el Cuerpo 2 una longitud aproximada de 80 a 100 metros, ambos cuerpos con forma elipsoidal y con potencia promedio de 1.45 metros, unidos por estructuras tubulares de paredes irregulares de escalas métricas a decimétricas de longitud aproximada de 10 a 20 metros. En dirección al buzamiento ambos cuerpos son tabulares en un horizonte aproximado de 100 a 120 metros (aprox. del Nv. 580 al actual nivel freático).

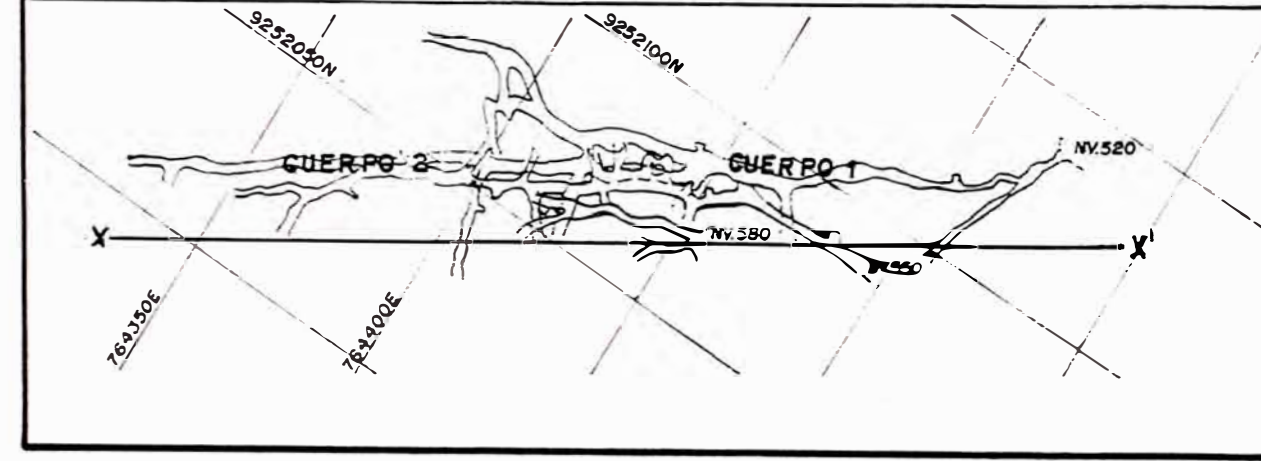
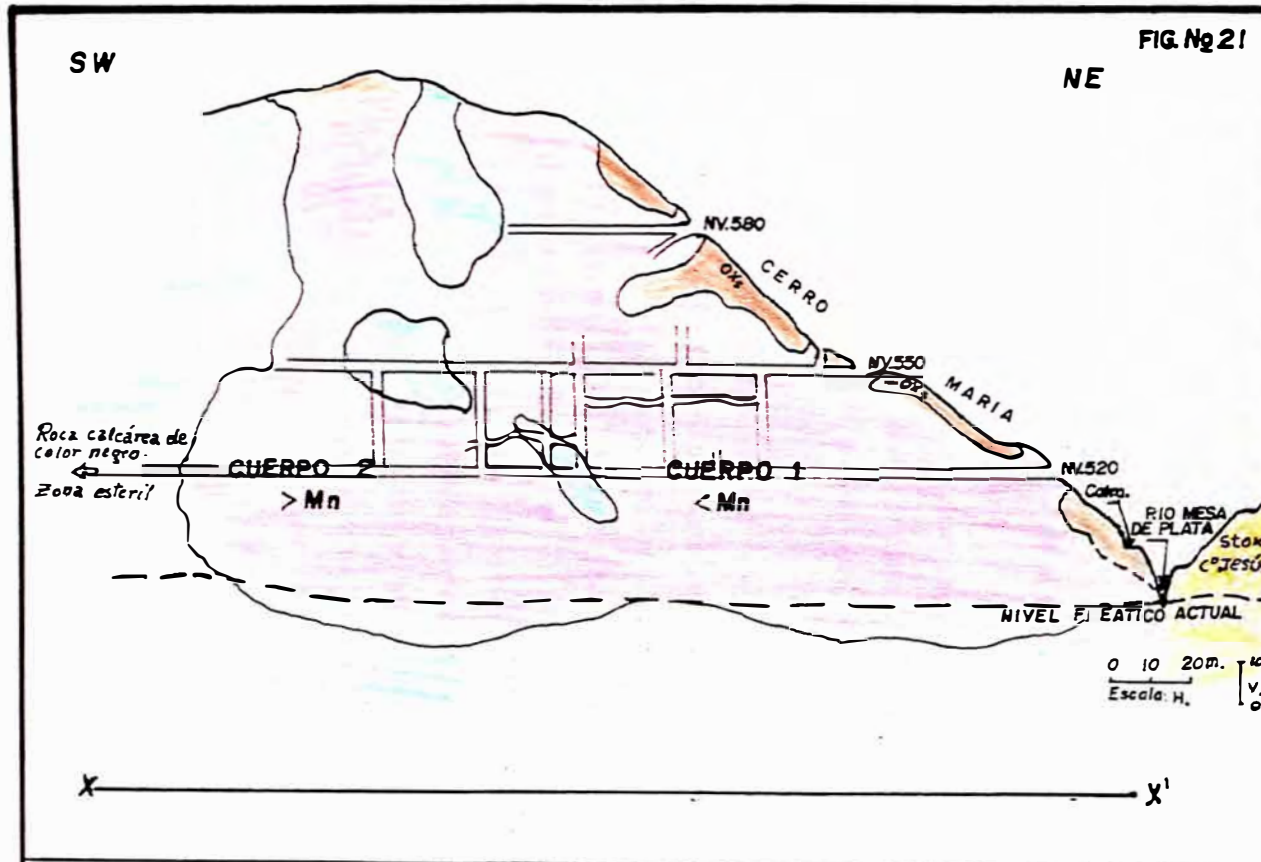


FIG. Nº 21

RESUMEN DEL ANALISIS ESTRUCTURAL GEOSTADISTICO DE LA VETA CAÑÓN 1

A. DE CALCULOS DE PARAMETROS ESTADISTICOS

VARIABLES	CUERPO 1	CUERPO 2	VETA CANON 1
Pot(m)	1.45	1.45	1.45
Acm. Ag	3.07×10^{-3}	9.05×10^{-3}	5.12×10^{-3}
Acm. Pb	3.45	3.08	3.31
Acm. Zn	8.79	6.94	8.15
Pot/Ag			* NO
Pot/Pb		NO	* SI
Pot/Zn	SI	*	
Ag/Pb	*		NO
Ag/Zn		SI	*
Pb/Zn		*	* SI

* Tiene relación en formación y/o ocurrencia: SI o NO

B. DE LOS GRAFICOS DE HISTOGRAMAS Y CURVAS DE ACUM.

Z ⁿ	ESTRUCTURA MINERALIZADA							
	CUERPO 1				CUERPO 2			
± Meas. suc.	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Pot(m)	<0.8	<1.1	<1.4	<1.5	<0.9	<1.6	<1.8	<2.7
Ag(%)	<2.0 10^{-3}	<3.0 10^{-3}	<4.0 10^{-3}	<9.0 10^{-3}	<5.0 10^{-3}	<7.0 10^{-3}	<12.0 10^{-3}	<35.0 10^{-3}
Pb(%)	<1.0	<2.0	<4.0	<12.2	<1.0	<2.0	<4.0	<5.0
Zn(%)	<2.0	<4.5	<13.1	<24.8	<2.0	<5.0	<10.1	<12.5

C. DE LOS CALCULOS Y AJUSTES DE VARIOGRAMAS (NV.520)

ESTRUCTURA	Vor. Rag	Pot(m)	Acm. Ag	Acm. Pb	Acm. Zn
CUERPO 1	m	1.45	3×10^{-3}	3.41	11.14
	a	8.0	18.0	10.0	10.0
	S ²	1.68	3×10^{-5}	80.0	330.0
	σ ²	1.50	2.8×10^{-5}	8.0	0.40
	Co	0.85	1.6×10^{-5}	43.0	0.90
CUERPO 2	m	1.41	6.1×10^{-3}	3.13	8.21
	a	22.0	7.0	18.0	13.0
	S ²	0.43	1.9×10^{-5}	2.63	15.1
	σ ²	0.68	2.2×10^{-4}	4.40	18.0
	Co	0.08	1.2×10^{-4}	1.40	12.0

Nota: S² y m = Cálculo de Variogramas (obtenido)
σ², a y Co = Obtenido de ajuste de Variogramas

SECCION LONGITUDINAL DE LA ESTRUCTURA MINERALIZADA DE LA VETA CAÑÓN 1 (x-y)

MORFOLOGIA ACTUAL DE LOS CUERPO 1 Y CUERPO 2 DE LA VETA CANON 1

La persistencia de la estructura mineralizada tiene relación directa con la persistencia de la estructura en toda las direcciones. La mineralización de la Veta Cañón 1, en dirección NE hasta la quebrada de Pozos Ricos limitado por el stock de Cerro Jesús y en dirección SW hasta el límite del cuerpo 2 según el gráfico N^o 21, siguiendo esta dirección presenta una zona estéril de roca calcárea de color negro y en sentido vertical profundiza hasta el actual nivel freático del encañonamiento del Cerro María hasta el río Mesa de Plata, también se puede esperar encontrar más mineral a unos metros más por debajo del nivel freático actual según la figura N^o 21.

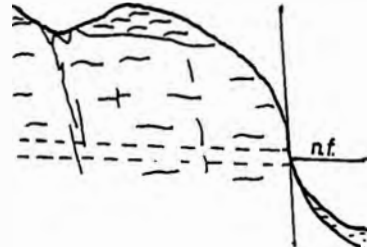
5.5 Proceso de Formación de los Cuerpos con Mineral

Se considera la formación de los cuerpos 1 y cuerpo 2 de la Veta Cañón 1 y similares como un proceso exógeno o supérgeno, donde estos cuerpos son rellenos de cavidades cársticas, entre otros minerales, por sulfuros de Zn-Pb en proporciones económicas.

La abundante roca calcárea de las formaciones Chulec y Pariatambo presentes en el Distrito Minero de Hualgayoc, el bajo buzamiento de los estratos, y el proceso de presión concomitante (etapa Puna), favorecieron la formación de topografías de peneplanicie y cuencas abiertas, por donde las escorrentías divagaron lentamente, formando meandros, pequeñas lagunas y dolinas, en donde el agua captada por las dolinas rocosas fácilmente ingresa a la roca calcárea aprovechando estructuras abiertas (planos de estratificación, fracturas, fisuras y fallas), por donde empiezan a desarrollarse las cavidades, produciendo pozos subverticales y tuneles subhorizontales (Fig. N^o 22).

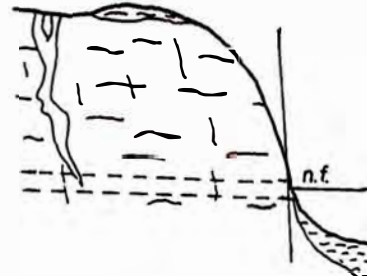
La secuencia de tiempo en la formación de las

PERIODO INICIAL



Aguas agresivas circulan por los estrechos espacios de un sistema de fisuras en un complejo permeable. Donde empieza a desarrollarse una superficie con dolinas, huecos, hundimientos, etc.

PERIODO JUVENIL



El desarrollo de las cavidades prosigue en profundidad produciendo pozos subterráneos hasta el nivel freático.

PERIODO MADURO



El desarrollo de las cavidades prosigue a lo largo del nivel freático o estratos impermeables produciendo túneles subhorizontales como cavidades.

PERIODO SENIL



Tanto las escorrentías como las filtraciones se desarrollan hasta alcanzar cierto caudal, produciéndose el ensanchamiento de la zona de impregnación.

PARA QUE OCURRA EL FENOMENO DE CARSTIFICACION, LAS AGUAS METEORICAS CONSTITUYE EL AGENTE FUNDAMENTAL DE LA PUESTA EN SOLUCION DE LA CALCITA Y DEL ATAQUE DEL MACISO CALCARIO

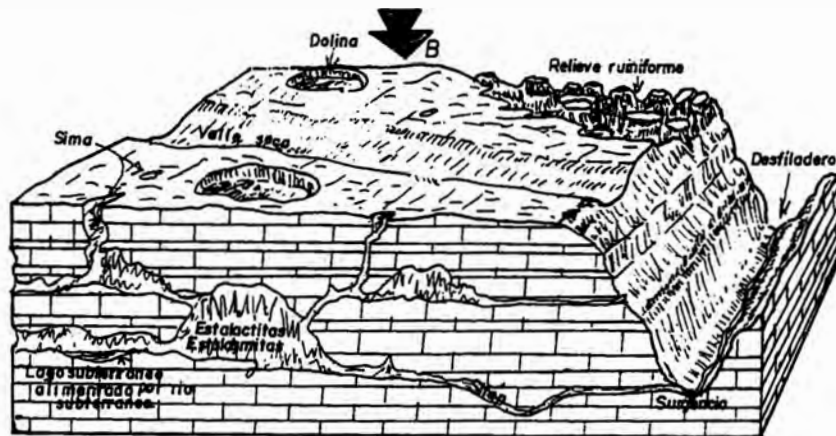
EL AGENTE FUNDAMENTAL DE LA PUESTA EN SOLUCION DE LA CALCITA Y DEL ATAQUE

n.f.= Nivel freático

SECUENCIA DE TIEMPO EN LA FORMACION DE LAS CAVIDADES CARSTICAS (ZUFFARDI 1972)

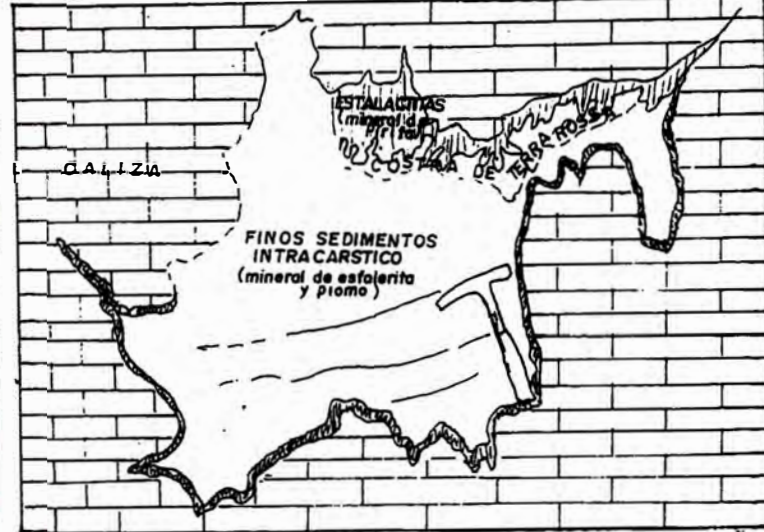
FIG. N.º 22

CAVIDADES CARSTICAS FORMADOS



MODELAO CARSTICO (FOUCAULT 1965)

YACIMIENTO DE ZINC-PLOMO DE TIPO INTRA-CARSTICO



DEPOSITO DE ZINC-PLOMO DE SALAFOSSA- ITALIA (BERNARD 1972)

RELLENO DE CAVIDADES CARSTICAS

cavidades cársticas mediante aguas supérgenas, son definidas por cuatro periodos (inicial, juvenil, maduro y senil). Las condiciones cambiantes y los eventos de control de cada uno de los periodos son descritos en la Fig. Nº 22 - A.

Hay varios tipos de cavidades cársticas (Fig. Nº 22 - B) las que actúan como trampas o minicuevas donde se produce el relleno ya sea clástico-mecánico o químico;(sedimentos intracársticos, Fig. Nº 22 - C) este último mediante las soluciones acuosas circulantes ricas en iones metálicos, que provienen de los minerales descompuestos pre-existentes en las rocas que han sido disueltas, y que al circular por las microcavernas encuentran condiciones necesarias para precipitar, relleno así estas cavidades. El relleno es de diferentes formas: En la zona aeróbica estadio II, de circulación acuosa relativamente rápida es favorecida la erosión y la depositación mecánica, mientras que en las zonas anaeróbicas estadio III, de circulación acuosa restringida, se favorece la depositación química y en zonas de colapso estadio I, el relleno es brechoso. Estas diferentes condiciones han dado lugar a diferentes intrafacies caracterizadas por cierto tipo de texturas: botroidal, gráfica, porosa, brechada, coloforme, bandeada, terrosa, etc. (Ver Cap. 3).

En resumen dichos cuerpos mineralizados (Cuerp 1 y 2) de la veta Cañón 1 se han mineralizado por procesos de relleno intracársticos pues la morfología cárstica nos evidencia que dichos cuerpos mineralizados se han formado por disoluciones subterráneas de aguas meteóricas, también podrían haberse formado por disoluciones hidrotermales ricas en aguas hipógenas de baja temperatura, esta posibilidad puede ser determinado con un estudio de isotopos de azufre en sulfuros distintos y pirita y isotopos de carbono y

oxígeno en carbonatos (éstos ensayos nos van a dar a conocer su origen específico y condiciones físicas químicas más exactos).

5.6 Correlación con Otros Yacimientos Similares

En el Perú, los reportes de yacimientos similares a la Mina Cañón (Vetas Cañón 1, Cañón 2 y Cañón 3) son pocos y muy recientes (Fig. 23), hasta la fecha se conocen más de una docena de localidades con ocurrencias similares, se espera que la lista aumente aún más: Huachocolpa (VALDIVIA 1978), Hualgayoc (PAREDES 1980; CANCHAYA 1982, 1987, 1990; BORREDON 1982 y este trabajo), Huaripampa (DALHEIMER 1980; DALHEIMER et al. 1983; CANCHAYA 1986), Cerro de Pasco (RODRIGUEZ 1983; CANCHAYA 1986), Uchucchacua (MEZA 1983), Huarón (THOUVENIN 1983), Tínilaclla (REVOLLE 1984; E. CEDILLO com. pers. CANCHAYA 1986), Trafalgar Huarochirí (F. SOTO com. pers. CANCHAYA 1986), Cercapuquio (E. CEDILLO com. pers. CANCHAYA 1986), Carahuacra (CANCHAYA 1986), Cuerpos de Ombía Morococha (CANCHAYA 1986), etc.

Estratigráficamente se encuentran estos yacimientos en cuatro unidades calcáreas (Fig. Nº 25 - A):

a) Grupo Pucará.- Huaripampa, Cerro de Pasco, Tínilaclla, Azulcocha, Carahuacra, Morococha, etc. (anexo 11).

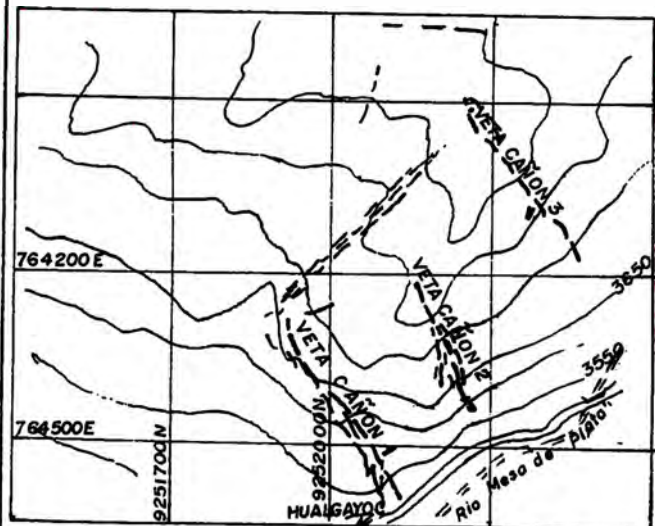
b) Formación Pariatambo.- Hualgayoc.

c) Formación Chulec.- Hualgayoc y

d) Formación Yumagual.- Hualgayoc.

Estos yacimientos en el Perú presentan una morfología variada: cuerpos tabulares (vetas, mantos), cuerpos

**PRINCIPALES ESTRUCTURAS DE DEPOSITOS INTRACARSTICOS
DE LA MINA CAÑÓN - HUALGAYOC**

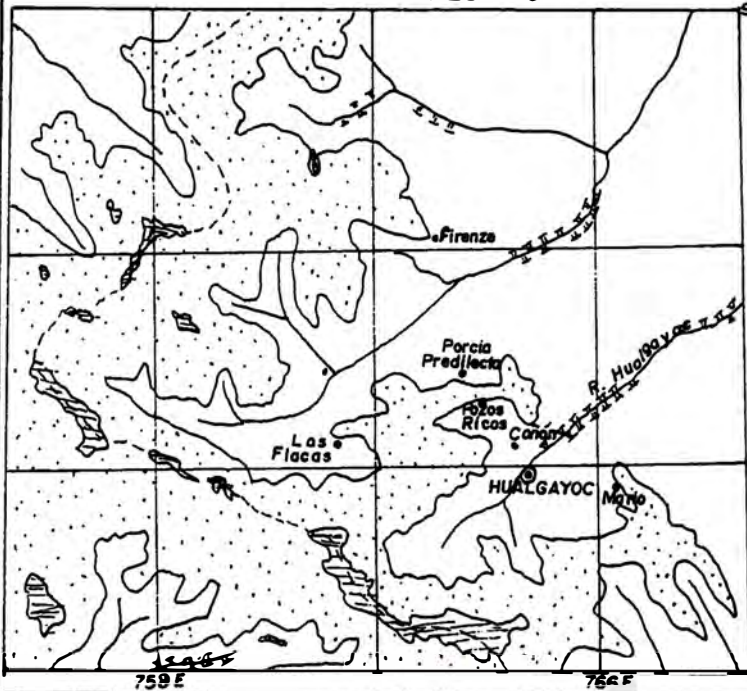


LEYENDA

- - - ric
- carretera
- veñas
- curvas de nivel
- Escala

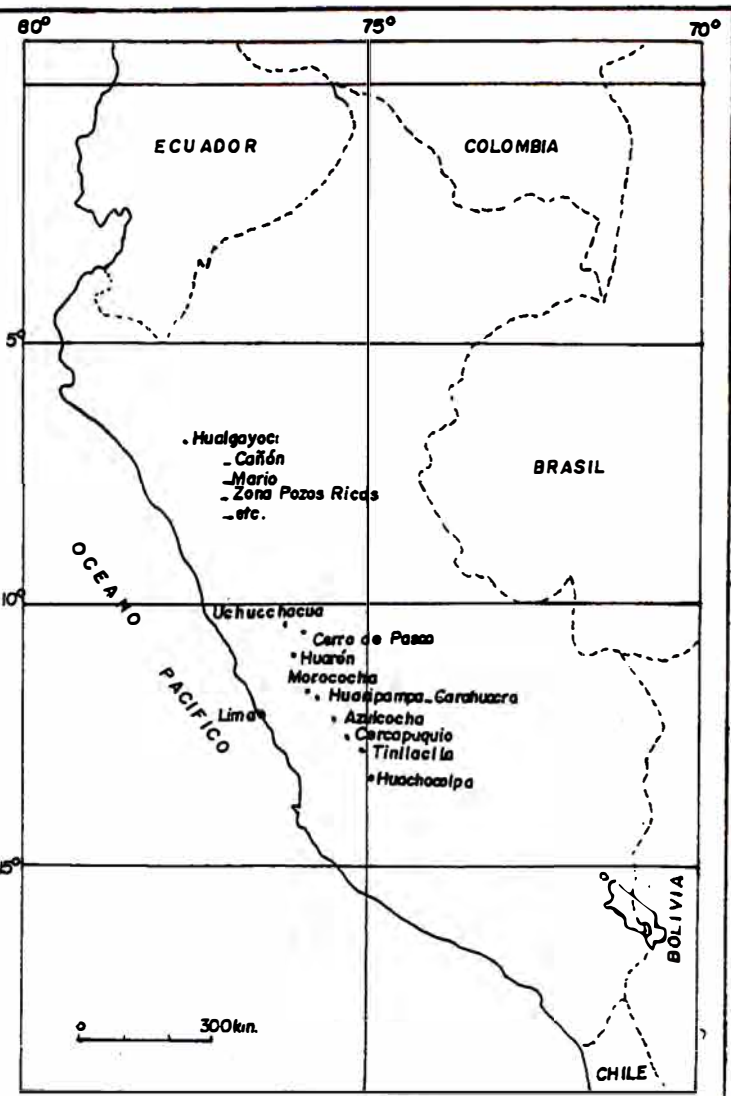
A

**PRINCIPALES OCURRENCIAS DE DEPOSITOS INTRACARSTICOS DEL DISTRITO MINERO
DE HUALGAYOC**



- COTAS MAYORES 4000m
 - SUPERFICIE PUNA
 - COTAS INTERMEDIAS
 - CUESTA EMPINADA
 - VALLES ENCANONADOS
 - DRENAJE
 - LAGUNA
 - DMSORIA CONTINENTAL
 - R. RIO
 - CUERPOS INTRACARSTICOS
- 0 3km.

B



**PRINCIPALES OCURRENCIAS DE DEPOSITOS
INTRACARSTICOS DEL PERU**

C

FIG. N^o 23

sigmoidal-fusiformes, etc. La mineralogía es muy simple: esfalerita, galena, pirita, marcasita, carbonatos, baritina, cuarzo chert, óxido de fierro, arcillas, etc. A veces la mineralogía se complica por la presencia de sulfuros y sulfosales de plata (Huaripampa y Carahuacra) o de sulfuros y sulfosales As-Pb (Azulcocha). Solo en pequeñas cantidades ocurre: calcopirita, cobres grises, enargita y bornita. Las principales estructuras reconocidas son: laminación, brechas, cavernosas, irregular o caótica; las principales texturas: botroidal, bandeada, microlaminación, microbrechas, acicular radiada, alveolar, cuneiforme a gráfica, dendrítica, masiva, terrosa, estalactítica. El contenido químico de las menas de estos yacimientos de tipo intracárstico y ocurridos en el Perú, están representados en los diagramas ternarios de la Fig. Nº 24.

A continuación se describen los principales yacimientos similares y correlacionables con los de la Mina Cañón (Vetas Cañón 1, Cañón 2 y Cañón 3) ocurridos en el Distrito Minero de Hualgayoc:

- MINA POZOS RICOS.- El yacimiento polimetálico de Pozos Ricos está emplazado en rocas Cretácicas de la Formación Chulec, Pariatambo y Yumagual.

La mineralización consiste de : ef, gn, proustita, freibergita, geocronita y trazas de oro nativo.

Presenta textura terrosa, brechoide y compacta.

Los cuerpos mineralizados son las Vetas 780 y 900 (Fig. Nº 25-C) y tiene una orientación de EW y un buzamiento al sur. Dichos cuerpos mineralizados (vetas) son de origen intracárstico (CANCHAYA et al. 1990).

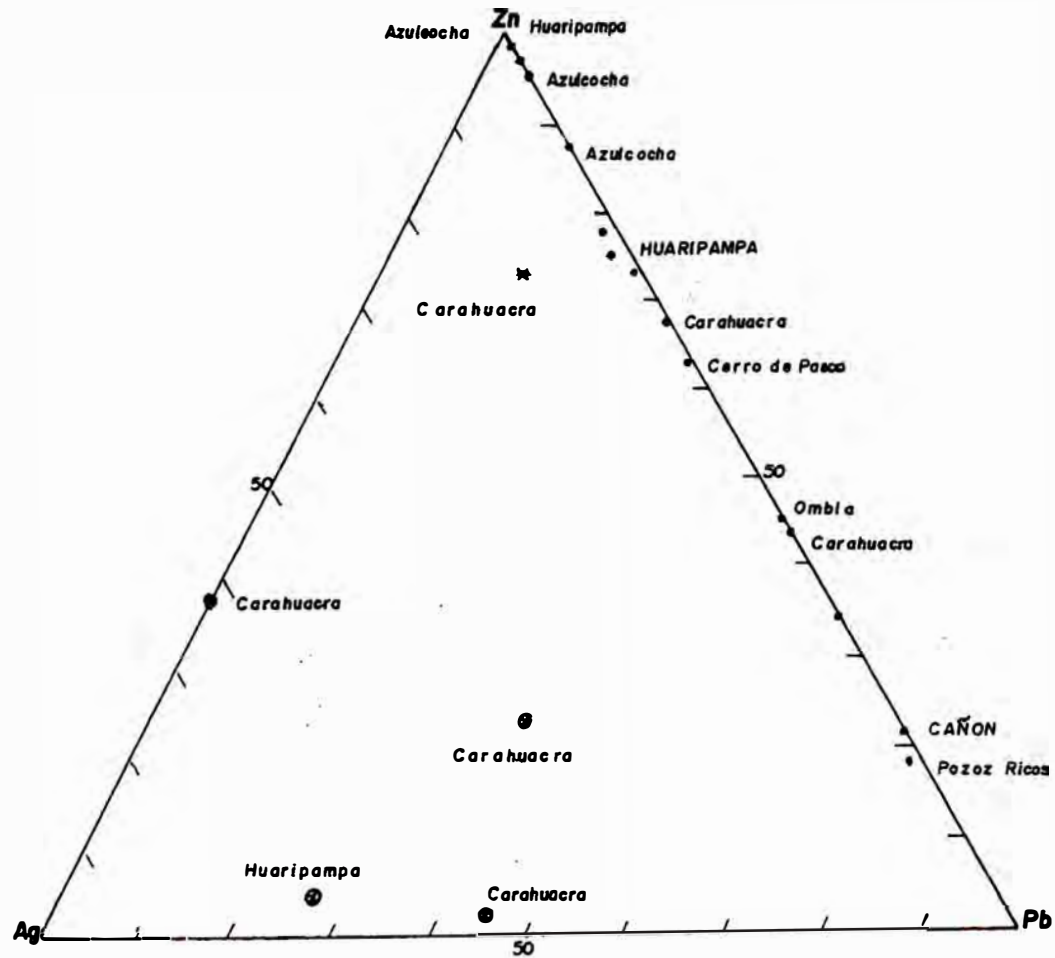


DIAGRAMA TERNARIO Ag-Zn-Pb DE DEPOSITOS INTRACRISTICOS DEL PERU

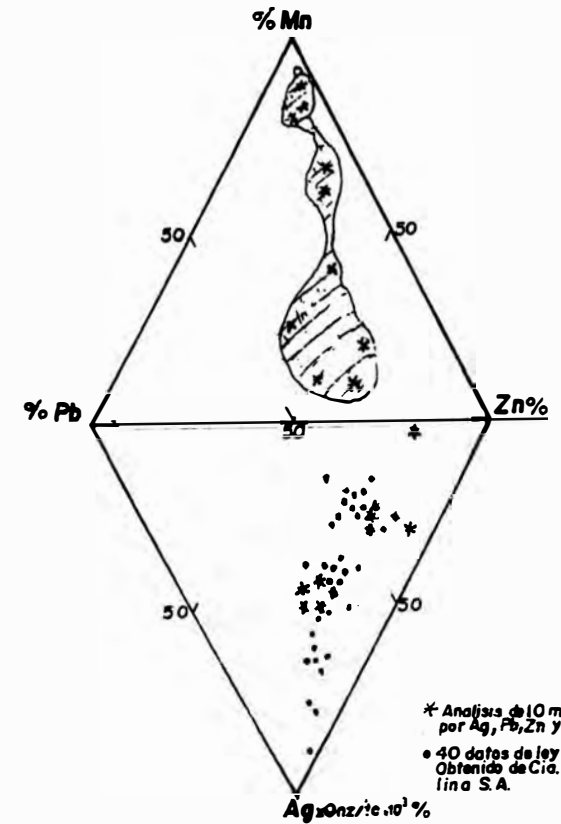


DIAGRAMA TERNARIO: Pb-Mn-Zn y Pb-Ag-Zn DEL CUERPO 2 DE LA VETA CAÑON 1 (MINA CAÑON)

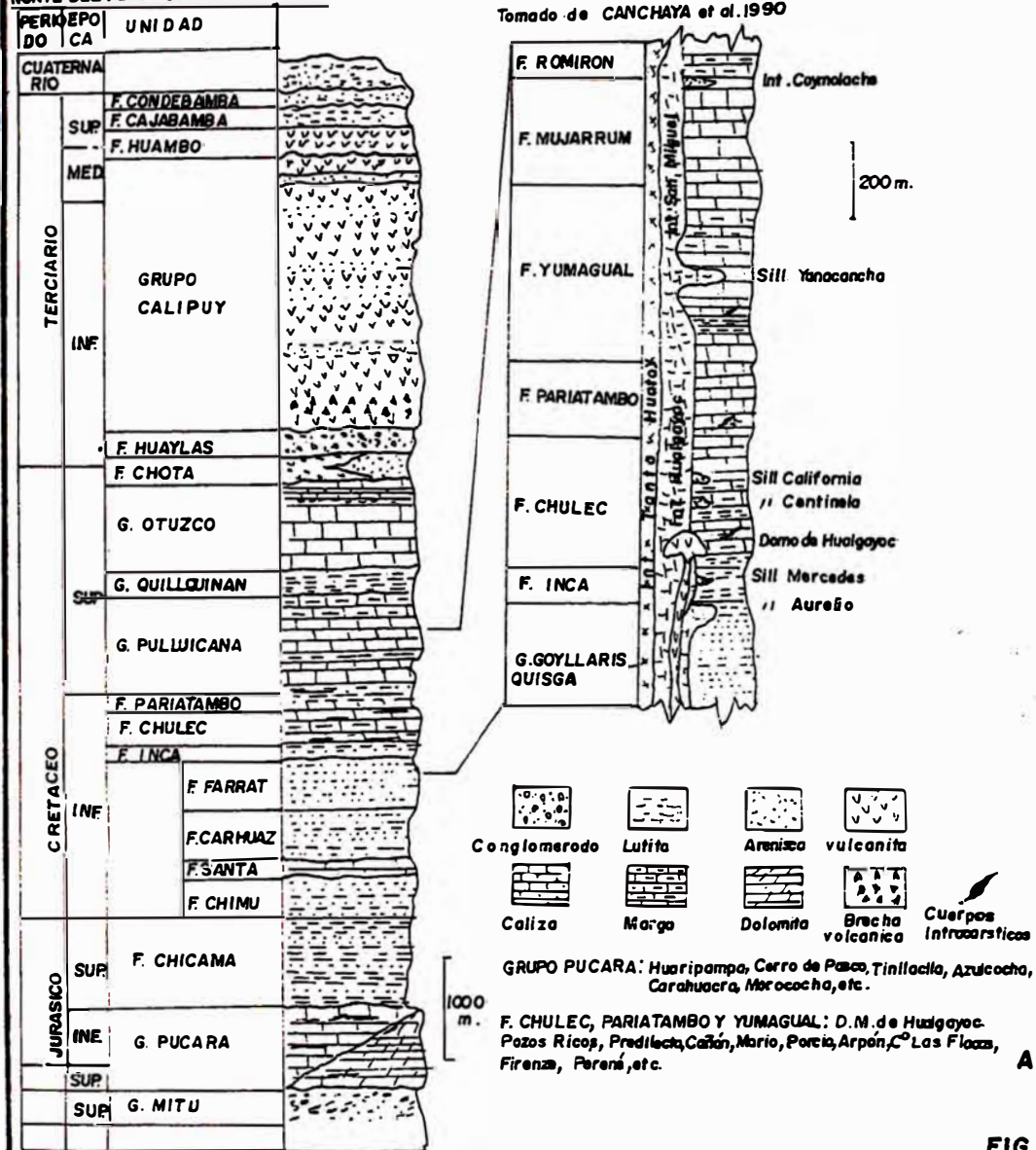
FIG No 24

UBICACION ESTRATIGRAFICA DE LOS CUERPOS INTRACARSTICOS EN SEDIMENTOS CALCAREOS DE LA FRANJA MIOGEO SINCLINAL DEL NORTE Y CENTRO DEL PERU

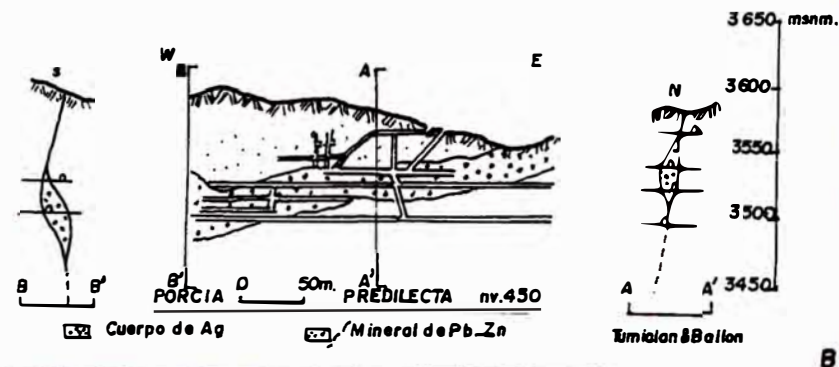
ESTRATIGRAFIA SIMPLIFICADA DE LA SIERRA NORTE DEL PERU Tomado de CANCHAYA 1966

ESTRATIGRAFIA DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC

Tomado de CANCHAYA et al. 1990



SECCION LONGITUDINAL Y PERFILES TRANSVERSALES DE LA VETA POZOS RICOS - PREDILECTA



PRINCIPALES CUERPOS CON MINERAL EN LA MINA POZOS RICOS

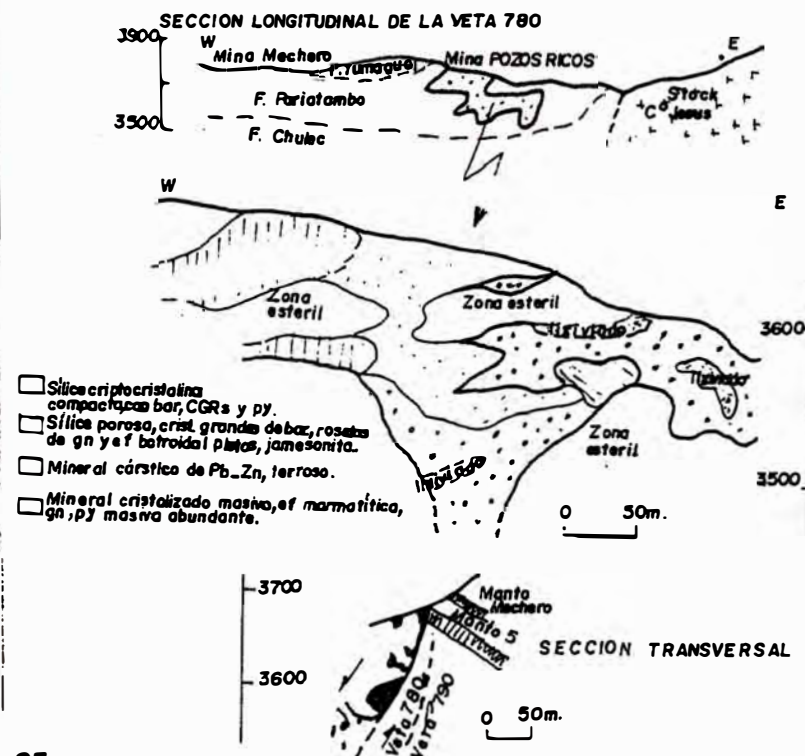


FIG. No 25

C

- MINA PREDILECTA.- Está junto a Pozos Ricos, Porcia, Hecla y Mesa de Plata, y a 100 metros del valle que desciende a Hualgayoc.

Está emplazado en las calizas del Cretáceo medio, presentando dichas calizas afloramientos asperos con aristas filosas, como resultado de la disolución por aguas de precipitación, en general su aspecto viene a ser una formación cárstica, se le correlaciona con las calizas del Grupo Machay del Perú Central.

En esta zona se han producido una serie de fracturas que han proporcionado espacios hábiles, a partir de los cuales se han desarrollado cavidades mayores donde se ha emplazado la mineralización como relleno descendente. En las fracturas y en los cuerpos irregulares que se prolongan en las fracturas se reconocen las vetas A, B, C, D que se hallan mayormente entre los rumbos N55°W y N65°E y que la mayor frecuencia de vetas están entre los rumbos N75°W a EW buzando en norte y sur con gran ángulo.

En las estructuras de Predilecta se tienen gn, ef, tetrahedrita, py, cac, rdc, bar, LIMs y OXs de Mn, oropimente, rosicler y rejalgar.

Presentando dichos minerales textura terrosa y bandeamiento paralelo a la inclinación de vetas; mientras que los cuerpos laterales presentan bandeamiento horizontal.

Los minerales económicos en el área son de origen intracárstico; la morfología que se indica en la Fig.

Nº 25 B, formada por disolución de aguas subterráneas, también podría haberse formado por la acción de soluciones hidrotermales hipógenas, las mismas que también podrían haber producido una estratificación de textura laminar horizontal, tal

como la que se observa en las vetas; la mineralización se halla en rocas calcáreas, teniendo como control estructural importante las fracturas y fallas que la mineralización de Pb-Zn rellena. Desde dichas vetas salen cuerpos de minerales de Pb-Zn, como mantos o cuerpos irregulares. Las principales vetas tienen un rumbo EW y un buzamiento fuerte al N y S con potencias variables en las calizas (CANCHAYA et al. 1990).

- OTRAS MINAS.- En la Mina Mario, ubicada al sur del distrito, se sabe de la existencia de cuerpos intracársticos. En una sección de esta mina PAREDES (1980) muestra una serie de cuerpos intracársticos escalonados, aproximadamente concordantes, conectados entre sí por angostos conductos discordantes. La zona por donde han circulado las soluciones mineralizantes viene a ser la falla contacto del intrusivo José con las calizas. ERICKSEN et al. (1956) describe esta zona como una brecha con fragmentos, tanto de caliza como de roca intrusiva, cementada por minerales similares los de las vetas, principalmente rodocrosita y además contiene vetillas de sulfuros y lentes de hasta 20 cm. de ancho, consistentes principalmente de galena.

BORREDON (1982) describe muestras de la Mina Mario como brechosas con fragmentos de diferentes naturaleza: Clastos silicificados de caliza con fuertes diseminaciones de pirita, granos angulosos de esfalerita, esfalerita masiva, granos de galena, cristales de baritina, cristales bipiramidales de cuarzo y diseminación de pirita a veces asociada a marcasita.

En la Mina Porcia (Mesa de Plata), BORREDON (1982) reporta un cuerpo de origen intracárstico de material pulverulento compuesto por arcillas negras, galena,

pirita y esfalerita. El límite superior de este cuerpo es una brecha de elementos calcáreos cementados por arcilla gris.

Cerca a la cresta del anticlinal Perené existen algunas estructuras discordantes de dimensiones métricas y elongadas en la dirección vertical que por su morfología, mineralogía y texturas las clasificamos como típicos ejemplos de cuerpos intracársticos. En una muestra tomada de estos cuerpos observamos que las cavidades se encuentran recubiertas por un agregado de carbonatos, en cristales subradiados y en botroides, y por un agregado piritoso de grano muy fino, recubiertos por una delgada capa de galena masiva y sulfosales de plata, con relleno de esfalerita granular muy fina de color gris amarillento. Las últimas cavidades se encuentran tapizadas por finísimos cristales y botroides de carbonatos (siderita ?).

En todo el distrito existen una serie de cuerpos intracársticos prácticamente exhumados por erosión, como los que ocurren cerca al abra entre el cerro Las Flacas y el cerro Garibaldi, cuyo relieve positivo destaca sobre el de las calizas encajonantes.

Todos los yacimientos intracársticos existentes en el Distrito Minero de Hualgayoc (Mario, Cañón, Pozos Ricos, Porcia, Predilecta, Arpón, Cerro Las Flacas y Firenze) se ubican en los bordes de la superficie Puna, en el límite de esta con las fases de erosión subsecuentes (Fig. Nº 2).

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se dan son principalmente referidas a la veta Cañón 1, en menor proporción a las otras estructuras económicas descritas de la Mina Cañón.

I. Referidas a la Veta Cañón 1

1. Actualmente La Veta Cañón 1 se encuentra con su producción paralizada. Ha sido reconocida en superficie y en subterráneo por sus tres niveles principales Nv. 520, 550 y 580, de donde se ha podido obtener las informaciones de campo, para la descripción e interpretación de su génesis y su valor económico.

2. La Veta Cañón 1, se ubica en el Cerro María, en la ladera que da a la quebrada de Pozos Ricos (Fig. N^o 9) cortando casi perpendicularmente (N55°E y 80°SW de buz.) a la secuencia calcárea cretácica compuesta esencialmente de calizas y margas (N55°W y 35°SW de buz.) en una longitud de aprox. 200 a 220 metros, reconocidos en superficie por su relieve negativo, acompañados de óxidos, depósitos de morrenas con vegetación y eflorescencia de travertinos.

3. La Veta Cañón 1, ha sido cubicada tanto en dirección horizontal como vertical. En dicha veta se pueden reconocer dos cuerpos llamados Cuerpo 1 y Cuerpo 2.

En dirección horizontal el Cuerpo 1 es de una longitud aprox. de 90 a 110 m., de rumbo N55°E y de 1.45 m. de potencia promedio; mientras que el Cuerpo 2 es de una longitud aprox. de 80 a 100 m., de rumbo N55°E y de potencia 1.41 m. Ambos cuerpos están unidos por un hilo mineralizado de una longitud

aprox. de 8 a 10 m., no se puede precisar con exactitud su potencia.

En dirección vertical, tanto el Cuerpo 1 como el Cuerpo 2, presentan una estructura mineralizada de forma tabular y se ubican en un horizonte de aprox. 100 a 120 m. de espesor, entre el Nv. 580 y el nivel freático actual (Fig. N^o 21). Hacia la superficie se considera un horizonte de aprox. 15 m. de óxidos.

4. La mineralogía de la Veta Cañón 1 está dividida en metálicos: ef, gn, py, OXs de Fe y Mn, etc., en menor cantidad cp, CGRs, mc, apy, SFSs-Ag?, etc. y no-metálicos: CBs: cac, rdc, sid, cer, cz, ARCs, etc.

5. Las principales estructuras reconocidas en la veta Cañón 1 son: laminación, brechas, cavernas, estalactitas y las texturas: botroidal, coloforme, brechas, bandeada, gráfica (con frecuencia cuneiforme), friable, porosa, terrosa, etc.

6. Las condiciones geoquímicas estimadas para dicha veta corresponden a ambientes reductores, entre -25 y +25°C, 1 atm., pH de 6 a 8 y Eh de -0.4 a +0.8 Volt.

7. Las menas principales son: esfalerita y galena; las leyes promedio son: Zn=12%, Pb=3.65 y Ag=5.65*10⁻³%.

Las gangas están compuestas esencialmente por carbonatos y arcillas. Determinando concentraciones altas de manganeso (12% prom.) en el Cuerpo 2 debido a la presencia de rodocrosita (MnCO₃).

8. De las descripciones, estudios, análisis, discusiones e interpretaciones referidas a la Veta Cañón 1 se concluye que es un yacimiento de tipo intracárstico de Zn-Pb; consiste de los Cuerpo 1 y cuerpo 2 que vienen a ser rellenos de cavidades.

cársticas, que podrían haber ocurrido durante ó después del ciclo cárstico en forma ascendente o descendente.

9. Se ha cubicado aprox. 40,000 TM. de minerales de Zn, Pb y Ag. La mayor proporción de reservas se encuentran por debajo del Nv.520. hasta el Nv. freático actual y unos metros más por debajo de él (fig. Nº 21).

10. La Veta Cañón 1 puede servir como guía para los trabajos de exploración y explotación de las vetas Cañón 2 y Cañón 3. Tentativamente se puede cubicar un total de 35,000 TM de cada una de las vetas 2 y 3; por lo que sumando las tres vetas Cañón se obtendría un total de 110,000 TM que suficientemente pueden suministrar una planta que produce 300 TM/día aprox. durante 1 año.

II. Referidas a Otras Estructuras Económicas de la Mina Cañón.

1. El Manto Corona, no parece estar espacialmente relacionado con los stocks ni con los pequeños apofisis de rocas ígneas existentes en el Cerro María, por lo que no se puede descartar la posibilidad de un origen sin genético. Lo mismo podría considerarse para el caso del Manto Hualgayoc.

2. En las Vetas Cañón 2 y Cañón 3, las eflorescencias de travertinos, acompañadas de óxidos, podrían ser buenas guías para diseñar labores de exploración o desarrollo futuras.

7. RECOMENDACIONES

7.1 Referidos a la Explotación y Desarrollo a Corto y Mediano Plazo.

- Se recomienda la construcción de un pique de 30 m. sobre mineral en el Nv.520 a la altura entre las chimeneas 420 y 440, se determinaría así la continuidad o el límite inferior de la estructura mineralizada de la Veta Cañón 1.

- Se recomienda la construcción de una cortada en el Nv. 520 del cuerpo 2 de la Veta Cañón 1 hacia la Veta Cañón 2. Existe la posibilidad de que existan pequeños mantos entre ambas vetas, lo cual debería dilucidarse antes con perforación diamantina.

- Sería recomendable dirigir una cortada de la Veta Cañón 2 hacia el Manto Corona, lo que definiría con exactitud la profundización del Manto Corona.

- Tanto la Veta Cañón 2 y Cañón 3 por su similitud con la Veta Cañón 1, deberían ser exploradas, sobre todo a la altura del Nv. 520.

7.2 Referidos al Plan Operacional del Minado

- Sólo la explotación conjunta de la Veta Cañón 1, las Vetas Cañón 2 y Cañón 3, eventualmente también el Manto Corona, garantizarían un abastecimiento regular de este tipo de mineral a la planta de tratamiento.

- Por sus condiciones geológicas: buz. mayor que 50°, caja competente, potencia de la Veta Cañón 1 aprox. 1.45 m., de dureza moderada, etc. se recomienda la explotación por el método de Shrinkage dinámico, teniendo mucho cuidado de no mezclar lo explotado del Cuerpo 1 con lo del Cuerpo 2, por haber determinado

concentraciones altas de manganeso (12% en prom.) en el cuerpo 2.

7.3 Referido la Tratamiento Metalúrgico

- No es recomendable la construcción de una planta concentradora solamente para tratar los minerales que se van a extraer de las Vetas Cañón 1, Cañón 2 , Cañón 3 y el Manto Corona, por tener cubicado sólo la primera, con un rango de vida de alrededor de un año tratando 300 a 500 TM/día. Se necesita cubicar las otras estructuras.

Se recomienda "pallaquear" lo explotado del cuerpo 2 para desechar la rodocrosita y así bajar la ley del manganeso, para mejorar el tratamiento metalúrgico de la Ag, Pb y Zn (anexo 8 y anexo 10).

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos a las Instituciones y personas que han colaborado en la culminación de la presente tesis. En primer lugar debo mencionar al CONCYTEC que me proporcionó el subsidio que permitió culminar el presente estudio; debo resaltar mis agradecimientos al Ing. Samuel Canchaya M. en la conducción del presente estudio desde su inicio hasta la culminación, tanto en los trabajos de campo de fecha Diciembre de 1987 - Mayo de 1988 y de gabinete (Lab. UNI y INGEMMET).

La mayor parte de estudios de gabinete fueron realizados en los laboratorios de la FIGMM-UNI, por lo que debo agradecer al Ingeniero Jorge Saenz P., que me permitió usar todas las instalaciones del área de Mineralogía y Petrología; además por su asesoramiento mientras se encontraba en el país.

Debo agradecer también a los Ings. A. Mendoza, D. Rojas, E. Trujillo, J. León y J. Pedraza. Así mismo a mis compañeros de Promoción de Ing. Geólogos 1987, Humberto y Lidia, con quienes pude coordinar mis trabajos de rutina del laboratorio y de igual manera por sus críticas constructivas y discusiones al texto.

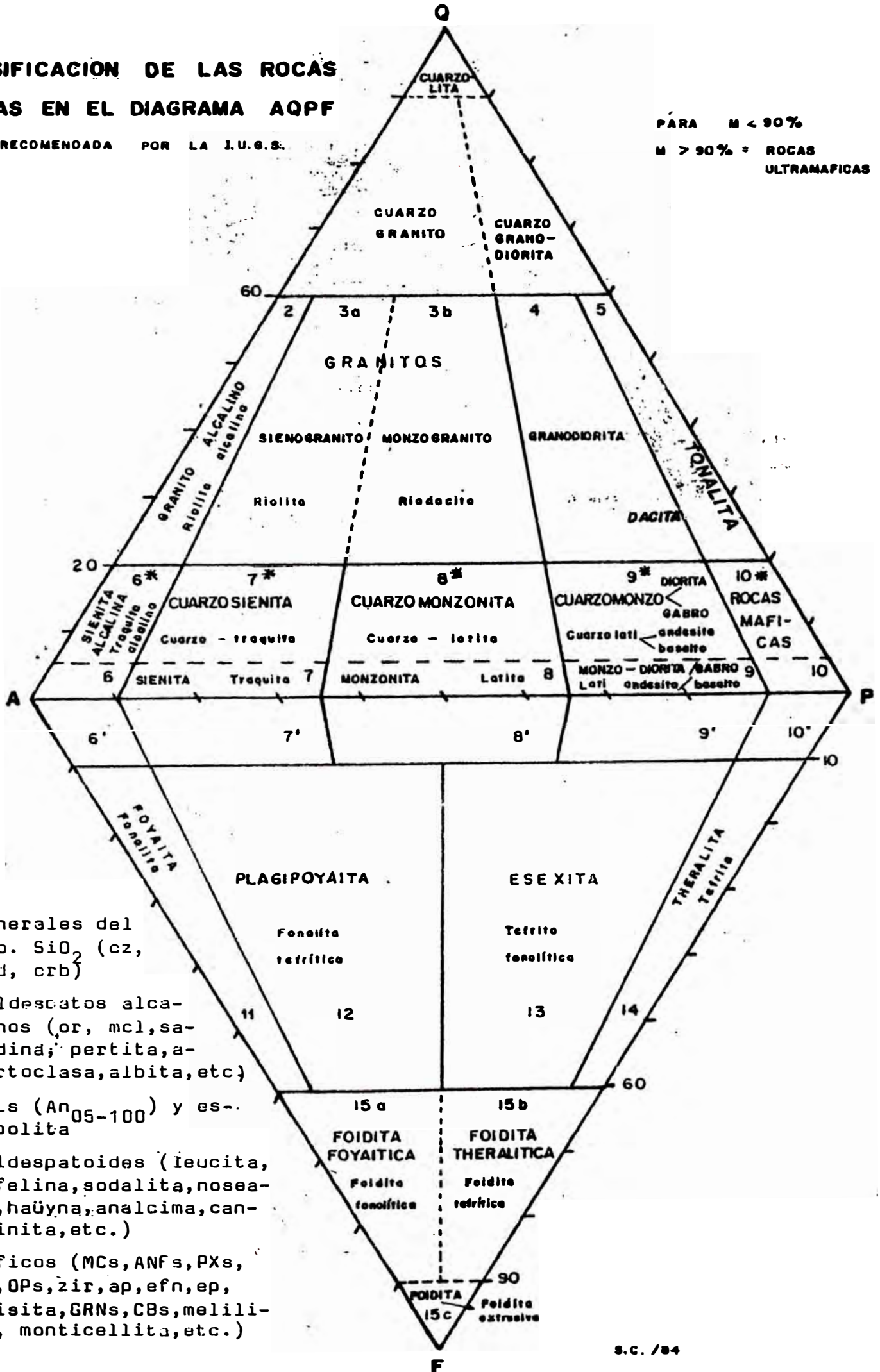
INDICE DE ANEXOS

- 1.- Clasificación de la rocas ígneas en el diagrama A-Q- P-F. Recomendada por la IUGS (Internacional Union of Geological Sciences).**
- 2.- Identificación de una muestra por difracción de Rayos-X.**
- 3.- Formato de estudio microscópico de secciones delgadas.- Ejemplo la muestra M-4.**
- 4.- Formato de estudio microscópico de secciones pulidas.- Ejemplo de la muestra Cñ-2sbt.**
- 5.-Tipos de intercrecimientos entre minerales.**
- 6.- Formulas usadas en los cálculos de los parámetros estadísticos.**
- 7.- Programa en el lenguaje BASIC para el cálculo de variogramas.**
- 8.- Análisis Cuantitativo de 10 muestras del Cuerpo 2 de la Veta Cañón 1 por el Método de Absorción Atómica.**
- 9.- Análisis de 10 muestras del Cuerpo 2 de la Veta Cañón 1 por el Método de Espectrometría de Emisión.**
- 10.- Matriz de correlación Ag-Pb-Zn-Mn de 10 muestras del cuerpo 2 de la Veta Cañón 1.**
- 11.-Planos Geológicos de algunos cuerpos intracársticos que ocurren en el Perú.**

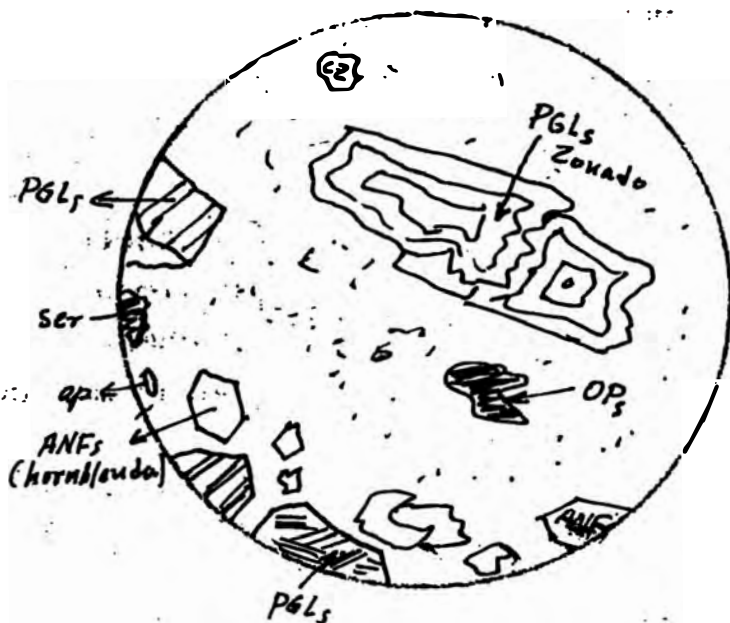
CLASIFICACION DE LAS ROCAS IGNEAS EN EL DIAGRAMA AQPF

RECOMENDADA POR LA I.U.G.S.

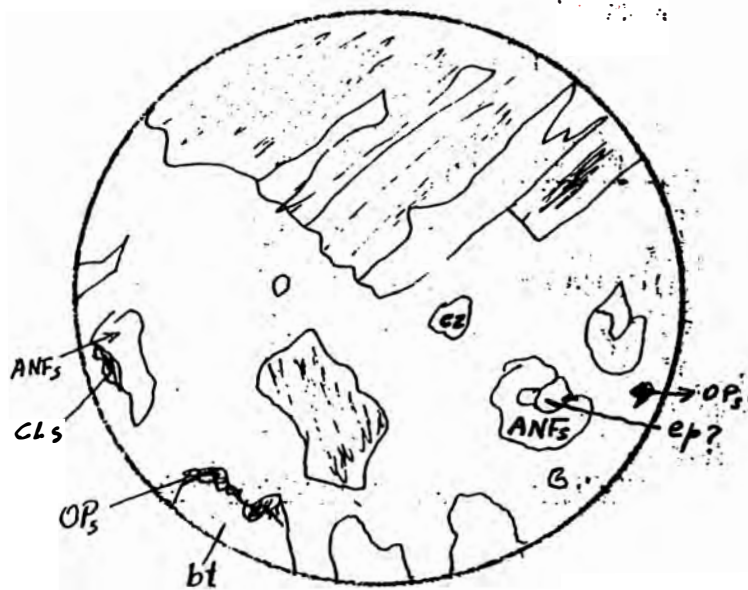
PARA $M < 90\%$
 $M > 90\%$ = ROCAS ULTRAMAFICAS



- Q : Minerales del Gpo. SiO_2 (cz, trd, crb)
- A : Feldespatos alcalinos (or, mcl, sanidina, pertita, anortoclasa, albita, etc)
- P : PGLs (An_{05-100}) y escapolita
- F : Feldespatoides (leucita, nefelina, sodalita, noseana, haüyna, analcima, cancrinita, etc.)
- M : Máficos (MCs, ANFs, PXs, ol, OPs, zir, ap, efn, ep, zoisita, GRNs, CBs, melilita, monticellita, etc.)



.. Nícoles : Xs
 .. Aumento : 6,3X
 .. Microscopio: L3P,5 (UNI)



.. Nícoles : Xs
 .. Aumento : 6,3X
 .. Microscopio: L3P,5 (UNI)

ANÁLISIS MODAL

INTEGRAL:

..... PGLs	37%
..... FPKs	22%
..... cz	14%
..... ANFs	12%
..... bt	6%
..... OPs	5%
..... otros	1%

RECALCULADO:

..... PGLs	50.7 %
..... FPKs	30.1 %
..... cz	19.2 %

OBSERVACIONES: La matriz criptocristalina está compuesta fundamentalmente de FPKs (en parte) y los fenós son: PGLs, ANFs, etc., las alteraciones que existen son esencialmente de los minerales primarios (insipientes). % Fenos 58 y % matriz 42.

DENOMINACION DE LA ROCA: PORFIDO CUARZO ANDESITICO

ESTUDIO MICROSCOPICO DE SECCIONES PULIDAS

Clave original: Cñ-2.sbt..... No. de Catalogación:
 Procedencia: Miña. Cañón-Veta. Cañón1 Fecha: ...Dic..88.....

Descripción Macroscópica. Se observa un ensamble granular y playas
por minerales de py, gn y py, también se observa venilla de CBs
cortando a playas irregulares de py.

Descripción Microscópica.

A. Minerales presentes en orden decreciente de abundancia:

py, gn, ef, CGRs, apy, cp, mc (?), etc.

B. Tipos de intercrecimientos: gn/ef: 1 e; ef/cp: 1 d; ef/apy: 1 e;
ef/(gn/CGRs: 1 a): 1 e.

C. Forma de los granos: (apy) Euhedral ()
 (py) Anh. Subhedral (CGRs) Anh. Subhedral ()
 (gn) Anh. Subh. Euh. (cp) Anhedral ()
 (ef) Anh. Subhedral () ()

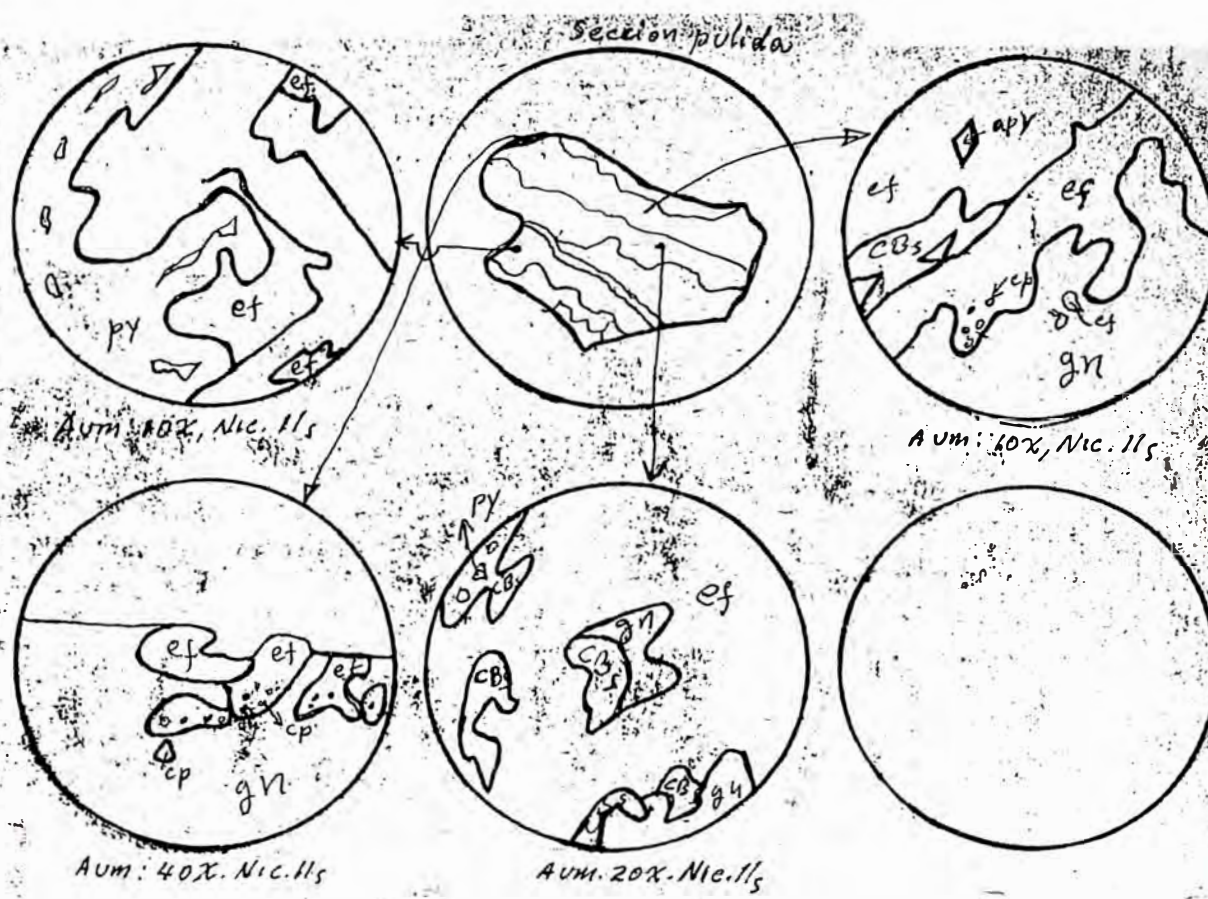
D. Alteraciones: No se observa.

E. Estimaciones cuantitativas.

Minerales	% VOLUMEN	Comentarios
<u>Pirita (py)</u>	<u>33 %</u>	<u>Blanco cremoso, reflectancia alta</u>
<u>Galena (gn)</u>	<u>30 %</u>	<u>Blanco grisáceo, reflect. alta.</u>
<u>Esfalerita(ef)</u>	<u>27 %</u>	<u>Gris violáceo, R. Int. fuerte.</u>
<u>Arsenopirita(apy)</u>	<u>7 %</u>	<u>Cristales idiomorficos, sec. romb</u>
<u>Cobre grises(CGRs)</u>	<u>7 %</u>	<u>Verdoso a gris oliva, isotropo.</u>
<u>Calcopirita(cp)</u>	<u>6 %</u>	<u>Amarilla + f- intenso, R. alta > gn</u>

OBSERVACIONES. Los sulfuros representan aprox. 80 % y las gangas el 20 % en abundancia.

DESCRIPCION GRAFICA DE LOS PRINCIPALES INTERCRECIMIENTOS OBSERVADOS (mínimo: 4 gráficos)



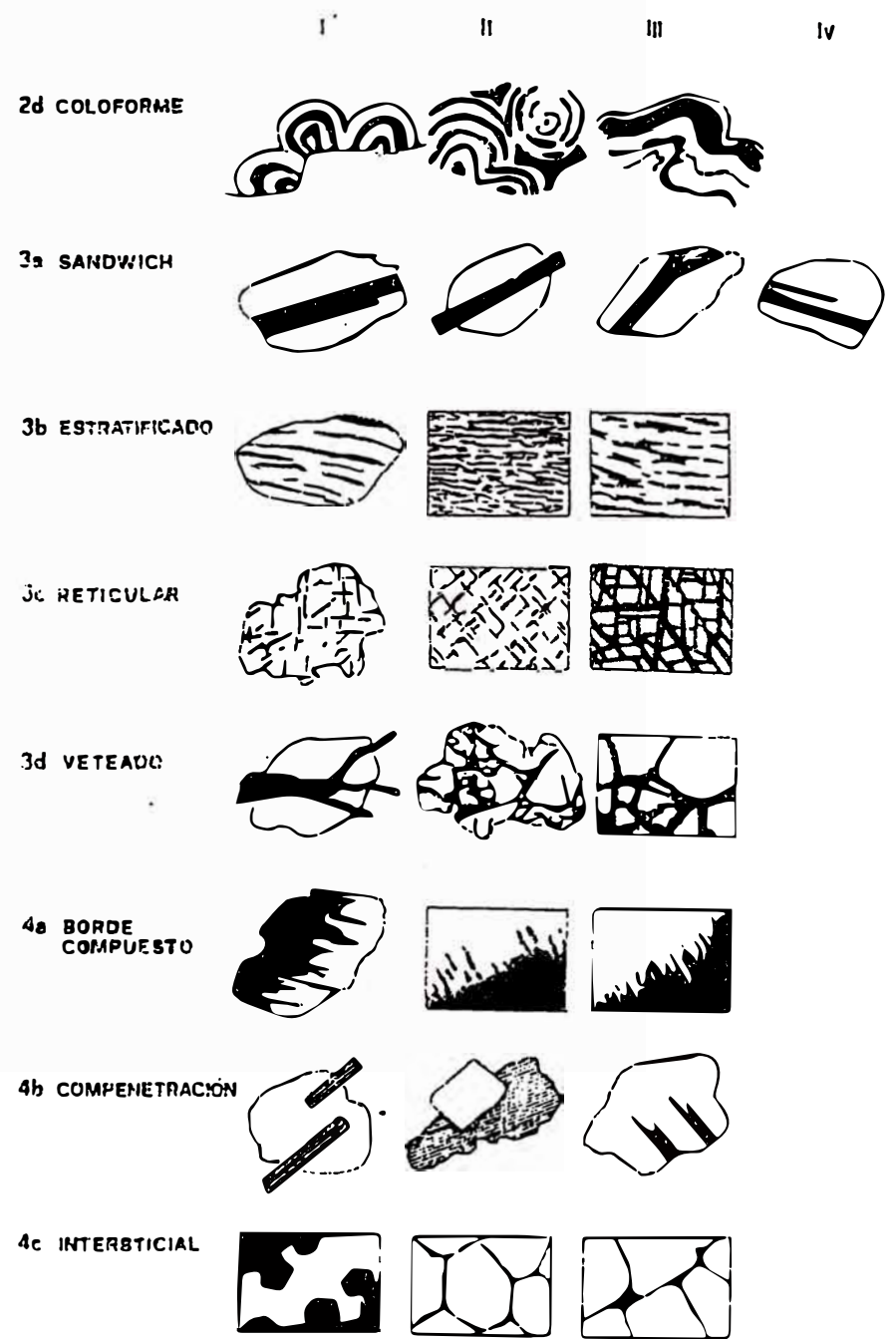
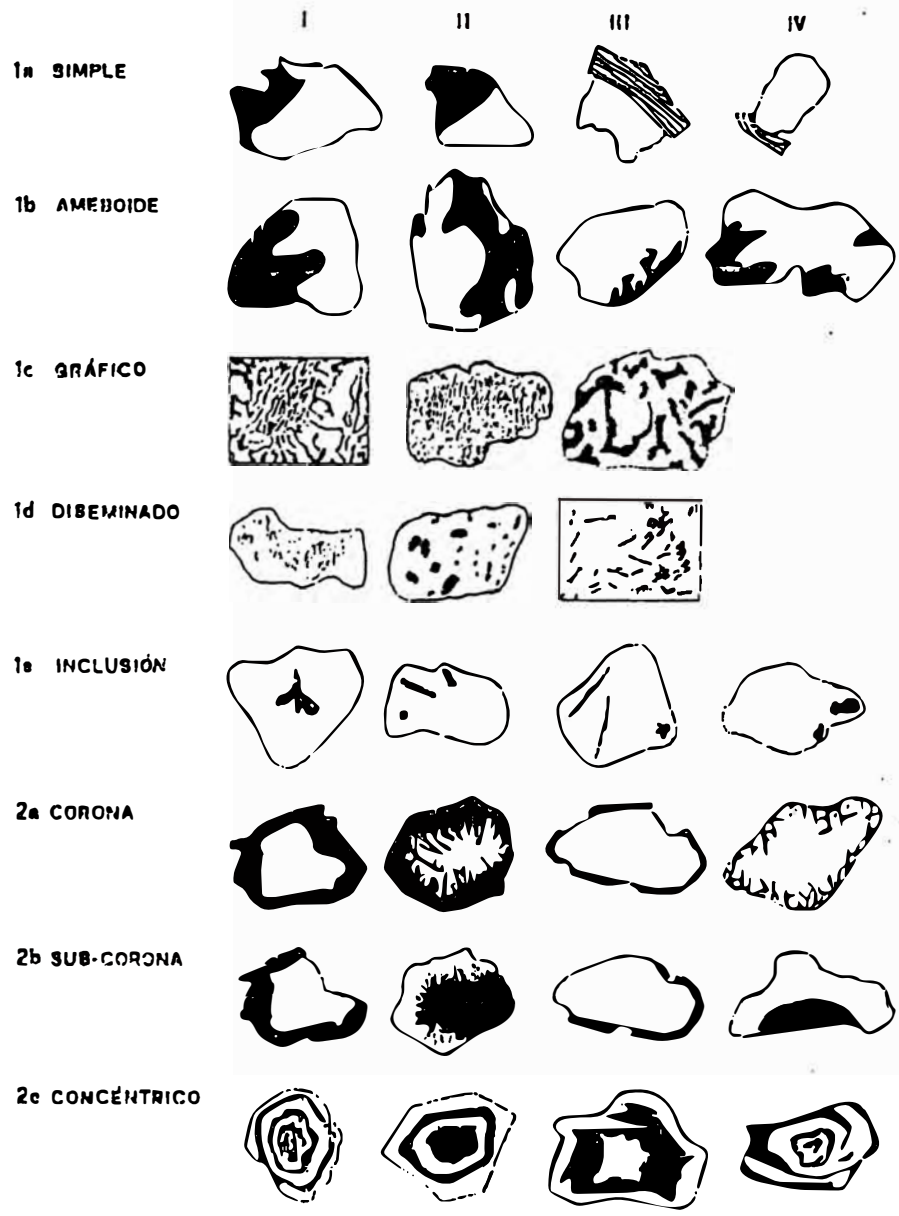
OBSERVACIONES :

La morfología de la apy es muy notoria (aprox. rom-
bo regular, su anisotropía es fuerte con colores
brilantes (azul verde a marrón rojizo).

NOMBRE DEL ALUMNO - GRADUANDO: DAVID ROMERO GIL
 CODIGO 901241 G
 FECHA Dic. 88

Romero R
 FIRMA

FIRMA DEL PROFESOR - ASESOR



ANEXO 5 : TIPOS GEOMETRICOS DE INTERCRECIMIENTOS ENTRE MINERALES

ANEXO 6

FORMULAS UTILIZADAS EN LOS CALCULOS DE LOS PARAMETROS ESTADISTICOS Y CONSTRUCCION DE GRAFICOS

MEDIA (x)

a) Sea $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ los datos y n el número de datos, entonces:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

b) Si los datos son ponderados: $x_1y_1, x_2y_2, x_3y_3, \dots, x_ny_n$ entonces:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n y_i}$$

VARIANZA (σ^2)

a) Sea $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ los datos y n el número de datos, entonces:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1} \quad \text{si } n < 30$$

$$y \quad \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n} \quad \text{si } n > 30$$

donde x representa la variación de cada uno de los números x_i de la x .

DESVIACION TIPICA (S)

De una serie de n números de datos $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$; se define por:

$$s^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{si } n < 30$$

$$y \quad s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad \text{si } n > 30$$

donde \bar{x} representa la desviación de los números x_i de la \bar{x} .

COEFICIENTE DE CORRELACION (r)

Sea $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ y $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ los datos y n el número de datos entonces:

$$r_{x,y} = \frac{COV_{x,y}}{S_x S_y} \quad r \quad [-1,1]$$

dicha fórmula puede escribirse de la forma:

$$r_{x,y} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

TABULACION Y CODIFICACION DE DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE GRAFICOS E HISTOGRAMAS Y CURVAS DE ACUMULACION

Paso Longitud = $\frac{\text{Valor Máximo}}{K}$ donde $K = \text{colog}_{10} n, n \geq 30$

Frecuencia Absoluta: F.A. (%)
Frecuencia Relativa: F.R. (%)

Nota: Para datos $n = 27$ y $n = 29$, se ha utilizado tambien $K = \text{colog}_{10} n$ por didáctica académica.

ANEXO 7

Programa en BASIC para el
Cálculo del Variograma (PC)

```
5 CLS
10 INPUT "NUMERO DE DATOS :";ND
20 DIM X(ND):DIM V(ND-1)
30 FOR I=1 TO ND
40 PRINT "X(";I;")=";
50 INPUT X(I)
60 NEXT I:PRINT "PROCESO INICIADO ... "
70 FOR I=1 TO NH
75 V(I)=0
80 FOR J=1 TO ND-I
90 V(I)= V(I)+(X(J)-X(J-1))^2
100 NEXT J:V(I)=V(I)/(2*(ND-I))
110 NEXT I:PRINT :PRINT
120 PRINT "PROCESO TERMINADO..."
125 FOR I=1 TO 1000:NEXT I
130 CLS
140 PRINT "===== "
150 PRINT      H GAMMA      H GAMMA      H GAMMA
160 PRINT "===== "
170 FOR I=1 TO NH
174 N=N+1
175 IF I>C THEN N=4:M=M+17:C=C+A
180 LOCATE N,M:PRINT I:LOCATE N,M+3:PRINT I:SING
"###.###":.V(I)
190 NEXT I
195 LOCATE +A-1
200 PRINT "===== "
```

ANEXO 8

Análisis por Absorción Atómica de la Veta Cañón 1 Cuerpo 2 - Nv. 520: 11W - 15W.				
Código de Muestra	Ley (%)			
	Plata	Plomo	Zinc	Manganeso
CR. 1 Sbt	0.03000	9.760	19.650	8.350
CR. 2 Sbt	0.03554	15.600	18.640	9.890
CR. 3 Sbt	0.00303	0.540	7.140	17.880
CR. 4 Sbt	0.000099	0.390	2.230	19.370
CR. 5 Sbt	0.003034	1.820	5.890	12.300
CR. 6 Sbt	0.02038	9.760	17.640	12.500
CR. 7 Sbt	0.01503	8.610	9.210	8.510
CR. 8 Sbt	0.00150	0.540	2.760	18.320
CR. 9 Sbt	0.03412	10.230	25.980	8.510
CR. 10 Sbt	0.00110	0.720	2.500	13.720

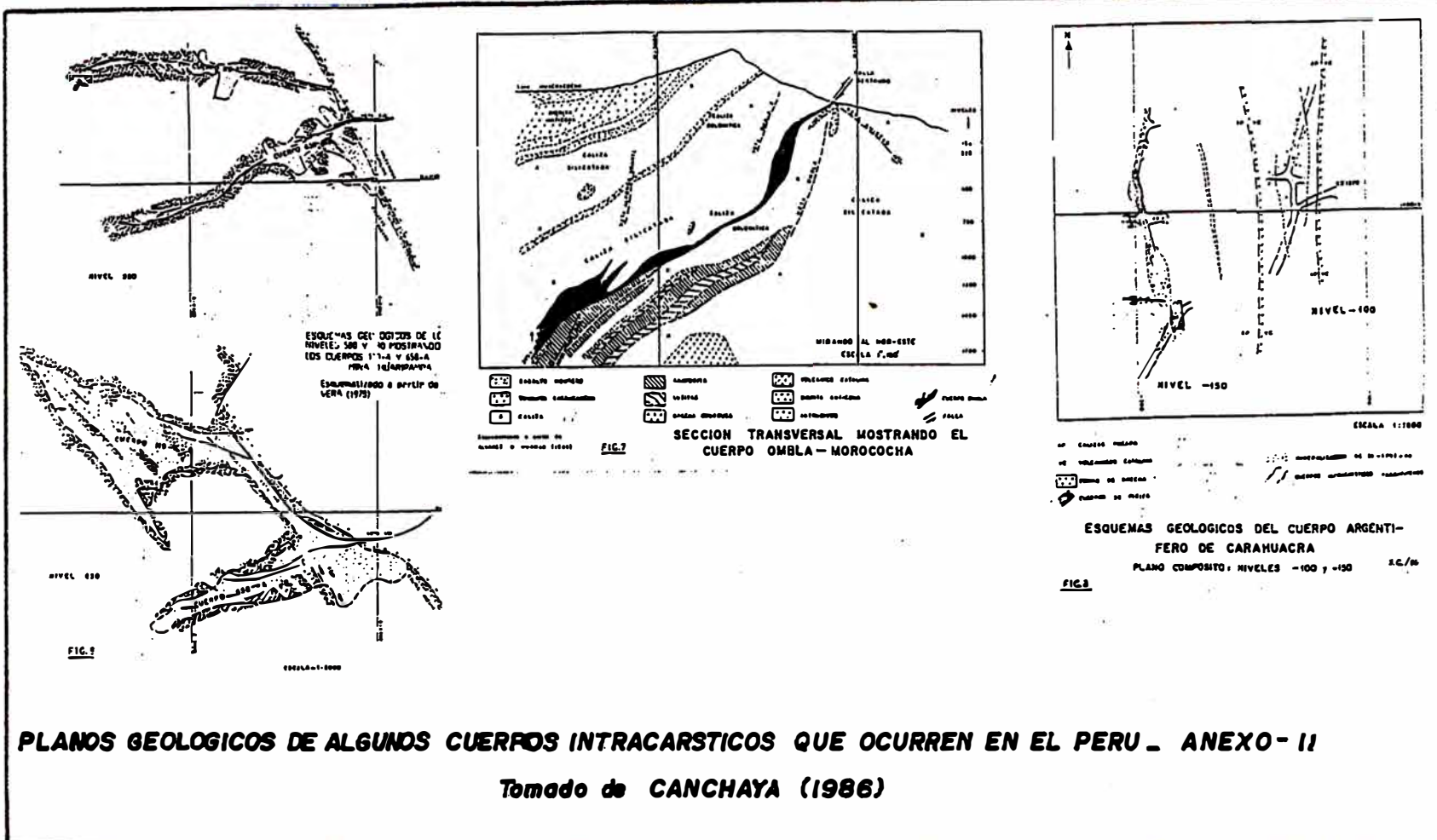
ANEXO 9

Análisis por Espectrometría de Emisión de muestras de la Veta Cañón 1, Cuerpo 2 - Nv. 320, Tramo: 11W - 15 W.						
Código de Muestra	Elementos Mayores	Elementos Menores	Trazas			Vestigios
			mayor	intera.	menor	
CR. 1 Sbt	Fe Zn	Si, Mn, Hg, Ca, Pb	Al As	Cu Ag Cd	Sn Ti	Au Zr
CR. 2 Sbt	Fe Zn	Hg Pb Mn	Si As Ca	Cu, Li Ag, Al Sb	Sn Ti	Au Zr
CR. 3 Sbt	Fe Zn	Si, Ca, Pb, Mn, Hg	Al	Cu Ag, Ti Ba	Sn Sb As, Cd	Au Zr
CR. 4 Sbt	Fe	Zn Mn	Si, Pb Hg Ca	Al	Cu Ag Ti, Cd	Sn Sb As Zr Au
CR. 5 Sbt	Fe Si	Zn Pb Mn	Al Hg	Ca Ti As	Cu Ag Cd	Zr Be Sb Sn Au
CR. 6 Sbt	Fe Zn	Ca, Pb, Si, Mn, Hg		Cu Cd Ag Al As	Ti Sb Sn Ba	Zn Au
CR. 7 Sbt	Fe Zn Si	Al Pb Mn	Ca	Cu Ag Ti Hg	Cd Sn Sb	Ni Au
CR. 8 Sbt	Fe	Zn, Si Ca, Mn Hg	Al Pb		Cu Ag Ti Sn As	Ni Cd Sb Au
CR. 9 Sbt	Fe Zn	Pb Mn	Cu Al Si Hg	Ca Ag Cd As	Zr Sb Sn	Ti Au
CR. 10 Sbt	Fe	Zn Al Si Mn	Hg Pb	Ca Ti	Cu Ag Ca Zr As	Sb Sn Au
	> 10X	1-10X	$\frac{1-1X}{10}$	$\frac{1-1X}{10}$ 100	$\frac{1-1X}{100}$ 1000	1< 1000

ANEXO 10

Matriz de Correlación: Nv. 520 - Cuerpo 2 de la Veta
Cañón 1.

	Ag %	Pb %	Zn %	Mn %
Ag %	---	0.9516	0.9549	- 0.7973
Pb %	0.9516	---	0.8603	- 0.7989
Zn %	0.9549	0.8603	---	- 0.7481
Mn %	- 0.7973	- 0.7989	- 0.7481	---



PLANOS GEOLOGICOS DE ALGUNOS CUERPOS INTRACARSTICOS QUE OCURREN EN EL PERU - ANEXO - II

Tomado de CANCHAYA (1986)

BIBLIOGRAFIA

BENAVIDES V. (1956).- Geología de la Región de Cajamarca. Bol. Soc. geol. Perú; 30 p.

BERNARD, A. (1972).- Metallogenic process of intra-karstic sedimentation. In: G.C. Amstutz and A.J. Bernard (Editors), Ores in Sediments. Springer, Berlin, pp. 43-56.

BERNUY, O. (1980.a) Aplicaciones de la simulación de yacimientos como ayuda al planeamiento de la exploración minera.- Bol. soc. geol. Perú; 65: 15-21.

BERNUY, O. (1980.b) Observaciones geoestadísticas del yacimiento de Antamina.- Bol. soc. geol. Perú; 67: 1-19.

BORREDON, R.e(1982).- Etude geologique et metallogénique que du district, minier de Hualgayoc (Perou septentrional) a Plomo-Zinc-Cuivre-Agent.- these Dr. 3er Cycle Univ. Paris; 287 p.

CANCHAYA S. (1980) Estudio geológico económico de la Mina Bella Unión Hualgayoc.- Inf. priv. Bella Unión Minas S.A.; 74 p.

CANCHAYA, S. (1982).- Mineralogía y Génesis de los depósitos de Cu-Ag-Pb-Zn de la Mina Bella Unión, Cajamarca Perú.- An XVI Conv. Ing. Minas-Lima. Nov. de 1982;e18p.

CANCHAYA, S. (1983).- Métodos Computarizados en Geología.-Bol. Soc. Geol., Perú, 72, p 11-2e.

CANCHAYA, S. & BERNUY, O. (1983).- Estudio Geoestadístico de las Vetas "A" y "Z" de la Mina Bella Unión, Hualgayoc, Cajamarca.- Bol. Soc. Geol., Perú 72, p 29-47.

CANCHAYA, S. (1986).- Yacimientos Intracársticos en el Norte y Centro del Perú.- Multiciencias 1986, 12p.

CANCHAYA S. (1987) Lagerstättenkundlich- mineralogische Untersuchungen der Cu-Ag-Zn-Pb-Lagerstätte "Bella Unión", Hualgayoc-Perú.- Diplomarb. Univ. Heidelberg; 144 p.

CANCHAYA S. (1990) Geología Económica de la Mina Bella Unión - Hualgayoc - Tesis de Ingeniero - UNI, 130 p.

CANCHAYA S. (1990) Stratabound Ore Deposits of Hualgayoc Cajamarca, Perú.- In FONTBOTE et al. (Eds.) stratabound Ore Deposits in the Andes.- Springer (Heidelberg) : 569 - 582.

CANCHAYA, S. & CHIRIF H. & HERNANDEZ H. & PASTOR L. & ROJAS C. & ROMERO D. & TORIBIO E. (1990).- Estudio Geológico del Distrito Minero de Hualgayoc Cajamarca.- Prom. Ing. Geol. UNI-1987. 100 p.

CVIJIC, J., 1918. Hydrographie souterraine et évolution

morphologique du Karst. Trav. Inst. Géogr. Alp., Univ. Grenoble, 6 (4):56 pp.

DALHEIMER, M. (1980), Konkordante and diskordante Erzführung en Domo de Yauli, Zentral-Peru:-7. Geowissenschaftliches Lateinamerika Kolloquium, Heidelberg.- Zusammenfassung.

ERICKSEN; G. IBERICO; R. & PETERSEN, U. (1956).- Geología del Distrito Minero de Hualgayoc, Cajamarca Perú.- Min. Fomento de Obras Públicas. Inst. Nacional de Investigación y Fomento Minero, Bol. 1e; 99 p.

FEULNER, A. & HUBBLE, J. (1960). Occurrence of strontium in the surface and ground waters of Champaign County, Ohio. Econ. Geol., 55 (1): 176-186.

FOUCAULT, A. (1985).- Diccionario de Geología.- Versión en Castellano de la segunda edición francesa, por M. Lago et al. profesor titular de la Univ. de Zaragoza-España. Editorial Masson S.A. (Barcelona).

GARRELS, R. & CHRIST, CH. (1965). Solutions Minerals and Equilibria. Harper and Row, London, New York, Tokyo, 450 pp.

HUDSON G., CABOS, R. & CUADROS, P. (1980) Minas Punto, Victoria Seis y Cañón, Hualgayoc.- Inf. Int. Bella Unión Minas S.A., Tecnominas S.R. Ltda.;

JANJOU, D. (1981).- Données géologiques pour un modèle d'évolution des Andes nord-peruvianos entre 5°S et 7°S. Les écaillés du Marañón, le Distric Minier de Hualgayoc et la région de Jaén-Cutervo-These Dr. 3er Cycle, Univ. Paris; 170 p.

JOURNAL & HUIJBREGTS, CH. (1978) Mining Geostatistics.- London, New York, San Francisco (Academics Press), 600 p.

MONTREUIL, DE L. (1980) Informe Mineragráfico de una muestra de mineral de la "Veta Hortencia" de la Mina Cañón, Hualgayoc.- Rep. priv. Tecnominas S.R.L.; 10p.

PAREDES, J. (1980) Estudio Geológico del Distrito Minero de Hualgayoc.- Inf. Priv. B.R.G.M.

POOL, (1984).- Plano superficial de la Mina Cañón, Hualgayoc, Cajamarca- Informe Privado de la Cía. Minera Carolina S.A.

REVOLLE, N. (1984).- Distribución Geoquímica del Zn, Pb, Cu, Ag y Mn en Calizas del Yacimiento Ponciano, Huancavelica.- Tesis Ing. UNI, 83 p.

SCHULZ, O. (1976).- Karst or thermal Mineralizations Interpreted in the light of sedimentary ore fabrics p 108-117. Institute Mineralogie and Petrographie der Universität Innsbruck, Austria.

SCHERBAKOV, A. (1956). Critères géochimiques des milieux oxydoréducteurs dans l'hydrosphère souterraine. Sov. Geol., 56: 72-82. (Trad. B. R. G. M., 2289.)

TORPOCO, C. (1986).- Plano Geológico Superficial de la zona Corona-Cañón, Hualgayoc, Cajamarca.- Informe Privado de la Cía. Minera Carolina S.A.

TORPOCO, C. (1987).- Plano de Cubicación de la Veta Cañón 1 (Mina Cañón), Hualgayoc, Cajamarca.- Inf. Priv. Cía. Minera Carolina S.A.

VALDIVIA, J. (1978).- Geología y Controles de Mineralización del Distrito Minero de Huachocolpa.- Resumen IV Congreso. Peruano de Geología. Agosto de 1978, 1 p.

VIDAL, C. & CABOS, R. (1983).- Zonamiento Regional de las Alteraciones y Menas Hidrotermales, en Hualgayoc, Cajamarca.- Bol. Soc. Geol. Perú, 71:117-123.

ZUFFARDI, P. (1976).- Karst and Economic Mineral Deposits. Chapter 4. Amsterdam - Oxford - New York.