

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE GEOLOGIA**



**"GEOQUIMICA DEL ORO EN LOS MANTOS  
OXIDADOS DE LA MINA EL DORADO  
HUALGAYOC - CAJAMARCA"**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO GEOLOGO**

**ZENAIDA LIDIA PASTOR GRANDA**

**LIMA - PERU**

**1991**

Dedicado a quien me dió el ser  
y me enseñó a caminar...  
A mi madre

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo constituye la unión de un esfuerzo común que compartí con varios colegas, como es el caso de nuestro padrino de promoción y amigo S. Canchaya quien en todo momento se encontró presto con sus consejos y ayuda oportuna, mi agradecimiento para él. Por otro lado sin el apoyo y la colaboración del Ing. A. Mendoza no se hubiesen efectuado los análisis químicos, para él mi reconocimiento.

El trabajo de campo fué en parte financiado por la Cía. Minera " Los Mantos", lo que agradezco en la persona del Sr. Vidalón . El trabajo de gabinete lo realicé en nuestra Facultad por la deferencia de nuestro ex-profesor Ing. J. Sáez quien nos brindó amplias facilidades va mi agradecimiento.

Para mis compañeros de promoción : Humberto y David por su ayuda oportuna y optimismo , mi sincera amistad

Para mis amigos de la facultad que contribuyeron de alguna manera en la realización del presente estudio y en general a cada una de las personas, que aportaron su granito de arena, mi agradecimiento.

Para mis padres por su paciencia y esperanza puesta en mí, en especial a mi señora madre quien en todo momento me incentivó el espíritu de adelanto y progreso, que Dios la bendiga y conserve.

**LA AUTORA**

**" GEOQUIMICA DEL ORO EN LOS MANTOS OXIDADOS DE LA MINA EL  
DORADO - HUALGAYOC ( CAJAMARCA ) "**

**INDICE**

**RESUMEN**

**INTRODUCCION**

**pág**

**1. GENERALIDADES**

1.1. Objetivo .....1

1.2. Ubicación, Accesibilidad .....1

1.3. Metodología de trabajo. .... 2

**2. GEOLOGIA**

2.1. Marco Geológico Regional .....4

**2.2. Distrito Minero de Hualgayoc**

2.2.1. Clima, Vegetación y Fisiografía.....4

**2.2.2. Geología General del Distrito**

**Minero de Hualgayoc**

2.2.2.1. Estratigrafía .....5

2.2.2.2. Rocas intrusivas.....7

2.2.2.3. Tectónica .....7

2.2.2.4. Geología Histórica .....8

**2.3. Geología Local**

2.3.1. Geología Estructural .....10

2.3.2. Estratigrafía .....11

**2.3.3. Petrología**

2.3.3.1. Rocas Sedimentarias .....16

2.3.3.2. Rocas Igneas .....18

2.3.3.3. Otros tipos de roca .....23

**2.3.4. Geología Económica**

2.3.4.1. Aspectos generales .....25

2.3.4.2. Alteración Supérgena .....26

2.3.4.3. Descripción de los princi-

**pales mantos** .....29

2.3.4.4. Mantos en zonas aledañas ..40

3. MUESTREO GEOQUIMICO	42
4. ANALISIS GEOQUIMICOS	43
5. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS GEOQUIMICOS	53
6. ASOCIACIONES DEL ORO	
6.1 Asociación litológica .....	65
6.2 Asociación mineralógica .....	66
7. DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS EN FUNCION DEL ZONAMIENTO LATERAL DE LA ALTERACION SUPERGENA EN EL MANTO SANTA ROSA .....	69
8. INTERPRETACION Y DISCUSION	
8.1. Condiciones de formación de los mantos oxidados .....	71
8.2. Origen y procedencia del oro	
8.2.1. En los mantos primarios .....	76
8.2.2. En los sills .....	76
8.2.3 En la zona de alteración supérgena..	77
8.3 Aportes del trabajo en la interpretación genética de los yacimientos asociados	80
9. CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES .....	85
10. BIBLIOGRAFIA	
ANEXO: CICLO GEOQUIMICO DEL ORO Y GENERALIDADES DE SU OCURRENCIA	
ALTERACION SUPERGENA Y ENRIQUECIMIENTO SECUNDARIO	

## RESUMEN

Hualgayoc uno de los distritos mineros más complejos, se ubica en el extremo norte de la provincia metalogenética andina.

La estratigrafía del distrito minero representada por la secuencia sedimentaria del cretáceo inferior y los volcánicos del terciario; la cual se encuentra intruída por cuerpos ígneos (stocks, sills y diques) de composición intermedia.

La mina "El Dorado" ubicada en el flanco oeste del anticlinal Los Negros (rumbo en dirección andina), presenta areniscas de la formación Inca y las calcáreas de las formaciones Chulec y Pariatambo con cuerpos ígneos (sills). En esta secuencia se hallan emplazados los mantos.

Los mantos con mineralización polimetálica son aprovechados actualmente por su zona de oxidación enriquecida en oro, con una ley promedio de 4gr/TC.

La abundancia promedio de oro en los mantos oxidados de la formación Inca es 0.35 ppm y en las calcáreas de 1.1 ppm, con una distribución errática donde el oro alcanza mayores valores en los mantos tipo esfalerita-galena y complejos y disminuye notablemente en los de tipo piritoso.

La zona de oxidación del manto Santa Rosa presenta un zonamiento lateral donde el oro alcanza valores hasta de 6.3 gr/TC (oro transportado)

El oro submicroscópico se encuentra asociado preferencialmente a las limonitas de tonos rojizos con textura botroidal, con presencia de hematita e hidróxidos de manganeso.

La buena porosidad, permeabilidad y la matriz inerte de las areniscas con la presencia de minerales de fierro y manganeso y los minerales arcillosos (como caolinita y jarosita) favorecen la concentración del oro (oro residual), donde la movilidad se hace en condiciones oxidantes, con un pH ácido y en ausencia de agentes cianicidas.

La buena correlación entre oro - cobre y la presencia de limonitas rojizas en los mantos, hace sustentar la hipótesis de que el oro provenga a partir de la calcopirita principalmente. Algunos mantos oxidados presentan óxidos de cobre y fierro (dela-fosita), los cuales debieron haberse formado en condiciones algo oxidante y medio ácido a neutro mientras que los mantos que no contienen ese óxido se formaron en un rango más amplio (condiciones más oxidantes y en medio más ácido).

La mena oxidada tratada por el proceso Heap-Leaching en medio básico, es disminuída por la presencia de arcillas aglomeradas y del cobre (como óxido) lo cual perjudica la recuperación.

En los sills el oro alcanza buenos tenores, en especial en el sill Mercedes (ubicado al techo del manto Santa Rosa), donde probablemente este relacionado a las sulfosales de plata.

## INTRODUCCION

La mina "El Dorado" se encuentra ubicada en Hualgayoc, uno de los distritos mineros más complejos del territorio peruano; esta complejidad radica en la presencia de superposición de eventos geológicos en el proceso de formación de las menas.

El distrito minero de Hualgayoc es explotado desde la época española, principalmente plata, con una ley que llegaba a los 12 kg/TC (zona central del distrito minero); posteriormente la explotación fue de tipo polimetálica (Pb-Zn-Cu-Ag)

Hace aproximadamente 6 años, se viene aprovechando las zonas de oxidación de algunos de los yacimientos estratoligados (mantos) enriquecidos en oro, con una ley promedio de 4 gr/TC. Entre las compañías mineras que actualmente explotan este tipo de mena están: Cia. Minera San Nicolás (Las Coloradas) y Cia. Minera Los Mantos (El Dorado) siendo en ésta última nuestro tema de estudio.

La explotación de las menas oxidadas tiene bajo costo de operación y el tratamiento metalúrgico apropiado es por el método Heap-Leaching, en plantas concentradoras de capacidad de 100 toneladas/día.

El propósito de nuestro estudio, es poder llegar a conocer el comportamiento geoquímico del oro en la zona de oxidación de los mantos, así como los controles que han condicionado su concentración y dispersión para el mejor aprovechamiento de las menas oxidadas.

## LISTA DE ABREVIATURAS Y FORMULAS DE MINERALES

### A. MINERALES DE MENA

Bornita (bn)	: $Cu_5FeS_4$
Bournonita (bnn)	: Pb Sb Cu S <sub>2</sub>
Boulangerita (blg)	: $Pb_5Sb_4S_{11}$
Calcopirita (cp)	: $FeCuS_2$
Calcosita (cc)	: $Cu_2S$
Cobre Grises (CGRs)	: td-tnn
Covelita (cv)	: $CuS$
Delafosita (dlf)	: $Cu_2O.Fe_2O_3$
Digenita (dg)	: $Cu_2S$
Esfalerita (ef)	: $ZnS$
Especularita(esp)	: Variedad de hematita
Galena (gn)	: $PbS$
Goethita (goe)	: Variedad de limonita
Hematita (hm)	: $Fe_2O_3$
Hidróxidos de Manganeso (HOXs-Mn)	
Idaíta (id)	: $Cu_5FeSe$
Jarosita (jar)	: $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$
Lepidocrosita (lpd)	: Variedad de limonita.
Limonitas (LIMs)	: $OXs.hidratados-Fe(2Fe_2O_3.3H_2O)$
Magnetita (mg)	: $Fe_2O_3.FeO$
Marcasita (mc)	: $FeS_2$
Melanterita (ml)	: $FeSO_4.7H_2O$
Oxidos de Manganeso(OXs-Mn)	
Petzita (ptz)	: $Ag_3AuTe_2$
Psilomelano	: $MnO_2$
Smithsonita (smt)	: $ZnCO_3$
Tennantita (tnn)	: $(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13}$
Tetraedrita (td)	: $(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$

## B. MINERALES DE GANGA

Anfíboles (ANFs)	: Inosilicatos de fierro y calcio
Anortita (an)	: $\text{Ca Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
Apatito (ap)	: $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$
Arcillas (ARCs)	: Filosilicatos de aluminio
Calcita (cac)	: $\text{CaCO}_3$
Caolinita (cao)	: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
Carbonatos (CBs)	
Circón (zir)	: $\text{SiO}_4\text{Zr}$
Cloritas (CLOs)	: Filosilicatos de fierro y calcio
Cuarzo (cz)	: $\text{SiO}_2$
Epídota (ep)	: $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$
Feldespatos (FPs)	: Tectosilicatos de sodio, potasio y calcio
Ferromagnesianos (FMs)	: Silicatos con contenido de fierro y magnesio
Illita (ill)	: Filosilicatos hidratados
Materia Orgánica (MO)	
Pirita (py)	: $\text{FeS}_2$
Rutilo (rt)	: $\text{TiO}_2$
Sericita (ser)	: $\text{KA}_2(\text{Al Si}_3)_{10}(\text{OH})_2$
Yeso (ye)	: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

## C. OTROS

x/A/y	: Mineral "x" altera a mineral "y"
++	: muy abundante
--	: muy escaso

# GEOQUIMICA DEL ORO EN LOS MANTOS OXIDADOS DE LA MINA "EL DORADO"- HUALGAYOC (CAJAMARCA)

## 1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO .- En general el de estudiar el comportamiento geoquímico del oro y de algunos elementos asociados, en los cuerpos estratoligados (mantos) y en los sills de la secuencia albiana de la mina "El Dorado", y en particular en una zona oxidada del manto Santa Rosa.

Este estudio permitirá resolver algunas interrogantes respecto a la dispersión del oro y a los controles que han condicionado su concentración. Adicionalmente el tratamiento estadístico de los datos brindarán información muy valiosa respecto al patrón de distribución del oro, lo cual entre otras cosas ayudará a optimizar el muestreo.

1.2 UBICACION Y ACCESIBILIDAD.-La mina "El Dorado" se encuentra ubicada en el Distrito Minero de Hualgayoc, departamento de Cajamarca (Gráfico N°1)

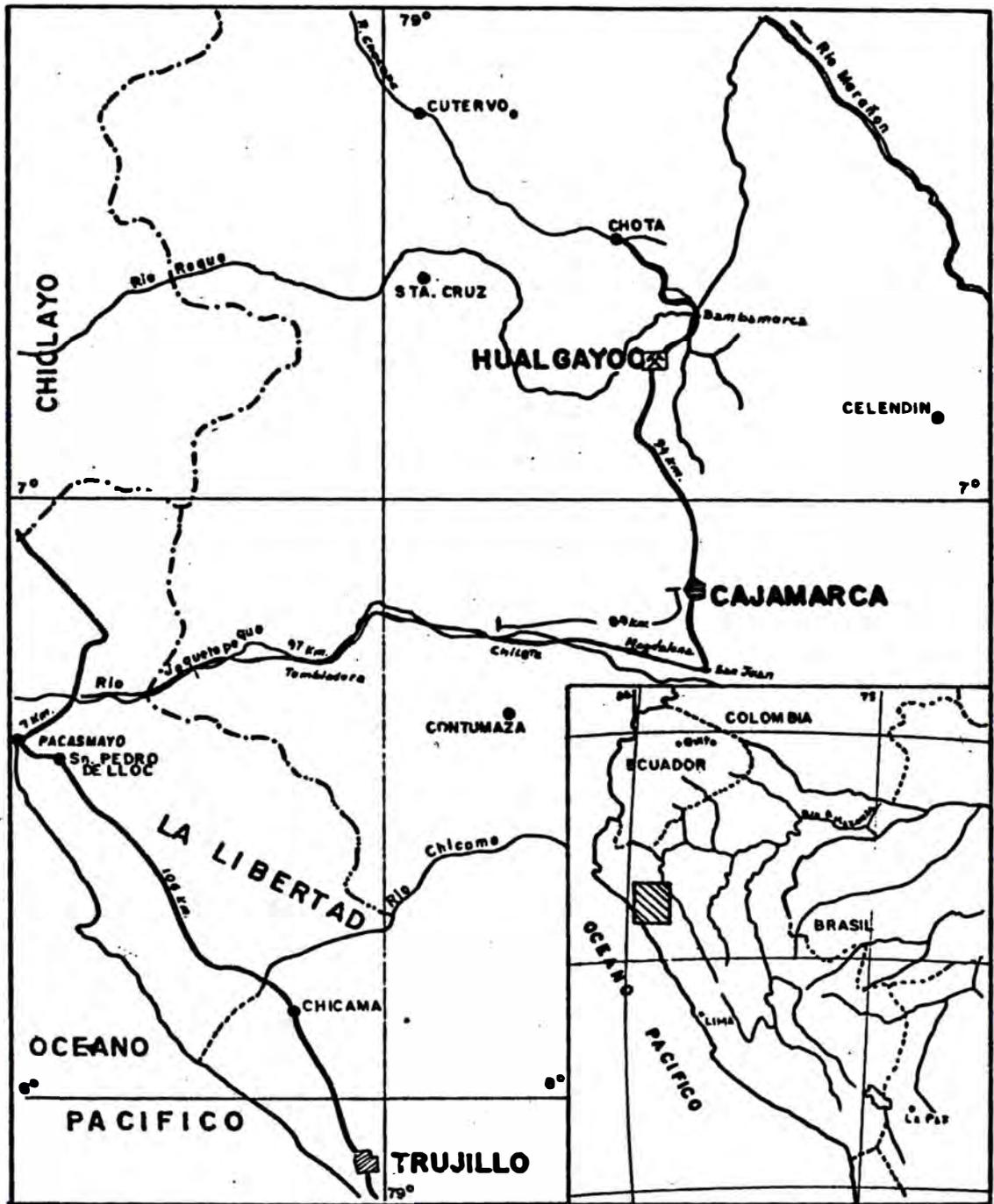
Para llegar a la zona se sigue el siguiente itinerario:

Lima-Pacasmayo (carretera Panamericana norte)	650 Km
Pacasmayo-Cajamarca (carretera asfaltada)	190 Km
Cajamarca-Hualgayoc (carretera afirmada)	94 Km
(5-6 horas de viaje)	
Hualgayoc-Mina (carretera afirmada)	2 Km
Total	: 936 Km

La ciudad de Cajamarca está ubicada a los 2900 msnm, el poblado de Hualgayoc a 3500 msnm y la mina se ubica al sureste del mismo sobre la falda del cerro Colquirrumi, a 3550 msnm.

Las coordenadas geográficas del poblado de Hualgayoc son:

Latitud 06° 46' S  
Longitud 78° 37' W



**UBICACION DEL DISTRITO MINERO  
DE HUALGAYOC**

-  Carretera panamericana
-  Carretera asfaltada
-  Carretera afirmada
-  Capital de Dpto.

0 30Km.

**GRAFICO N° 1**

1.3 METODOLOGIA DE TRABAJO.-Las muestras recolectadas fueron investigadas químicamente (espectrometría y absorción atómica) y mineralógicamente (microscopía: secciones delgadas y pulidas; difracción de rayos X).

Los valores de leyes y los datos numéricos geoquímicos se procesaron estadísticamente.

Los resultados así obtenidos se interpretaron sobre la base de toda la información geológica sintetizada.

La ejecución del presente trabajo se basó en la siguiente secuencia :

1° Revisión y sintetización de la literatura : Realizada en forma permanente durante todo el desarrollo del trabajo.

Comprende la recopilación de la información geológica, mineralógica y geoquímica, referida al área en estudio; así como de la información disponible de ocurrencias similares.

2° Trabajo de campo : Se realizó en dos etapas, la primera en diciembre de 1987, en un viaje de investigación realizado por la XXII PROMOCION DE GEOLOGOS-UNI y en junio de 1988 en un viaje específico relacionado con la tesis, bajo la supervisión directa del asesor.

Las tareas realizadas fueron :

a) Revisión del mapa geológico de la mina .- Tomando este como base, se completó algunos rasgos geológicos, cambiando la escala inicial 1/500 a 1/2000.

b) Muestreo.- Las muestras de los afloramientos han sido tomadas fundamentalmente siguiendo un perfil transversal al rumbo general de los cuerpos estratoligados (mantos), rocas encajonantes y sills.

Las rocas de interior mina se han muestreado en forma selectiva, tomando muestras representativas de las unidades antes mencionadas.

3° Trabajo de Gabinete.- Se realizó en los laboratorios de nuestra facultad, consistió fundamentalmente en :

a) Descripción macroscópica de las muestras : realizada con la ayuda de un microscopio binocular. Ejecutada en el laboratorio de Mineralogía-UNI.

- b) Selección de muestras : en base al estudio anterior y a la ubicación de cada una de las muestras, se procedió a seleccionarlas para los respectivos análisis, de acuerdo a la necesidad, complejidad y representatividad de las mismas.
- c) Corte de muestras seleccionadas : para macrofotografía y obtención de galletas de roca para preparar las respectivas secciones delgadas y/o pulidas. Llevado a cabo en el laboratorio de Petrotomía-UNI.
- d) Sesión macrofotográfica : de las muestras de mano representativas se tomaron fotos a color en blanco y negro
- e) Estudio Microscópico : en luz reflejada (sección pulida) y en luz transmitida (sección delgada) con la ayuda de un microscopio binocular Amplival (Zeiss-Jena) en el laboratorio de Microscopía-UNI.
- f) Fotomicrografías : en color, blanco-negro, de detalles mineralógicos y texturales representativos, previamente seleccionados durante el estudio mineralógico.
- g) Preparación mecánica: de muestras seleccionadas para los análisis químicos y mineralógicos. Fue realizada en el gabinete de Molienda de Metalurgia, complementada con mortero de ágata.
- h) Análisis químicos : de absorción atómica (39 muestras por oro) y por espectrografía de emisión (cualitativo de 44 muestras y el semicuantitativo de 39 muestras por As-Sb). Realizado en el Laboratorio de Espectrometría-UNI.
- i) Análisis mineralógico por difracción de Rayos-X de 5 muestras : realizado en el Laboratorio de Espectrometría de nuestra facultad.
- j) Procesamiento de datos : con métodos estadísticos y geoestadísticos de los valores de leyes y datos numéricos geoquímicos. Tabulación y síntesis de los resultados en la microcomputadora SAMSUNG del laboratorio de Espectrometría.

k) Redacción y edición : confección de mapas, cuadros, gráficos, dibujos y diagramación de fotos entre otros.

## 2. GEOLOGIA

2.1 MARCO GEOLOGICO REGIONAL.- El Distrito Minero de Hualgayoc se ubica en el extremo norte de la Provincia Metalogenética Andina (Gráficos N°2 y N° 3).

La región se encuentra en la zona Miogesinclinal de la Cuenca Peruana Occidental, específicamente en la Sub-cuenca de Pongos (COBBING et. al 1981) (Gráfico N°4 y N°5).

A escala regional destacan las estructuras tectónicas con dirección NW-SE (Gráfico N°6), que son las que generalmente controlaron el emplazamiento de los intrusivos (CANCHAYA 1982).

Los plegamientos de la región son suaves y mantienen su dirección NW-SE; pero a la altura de Cajabamba giran hacia el oeste quedando casi en dirección EW retomando su dirección original más hacia el norte.

## 2.2 DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC

### 2.2.1 CLIMA, VEGETACION Y FISIOGRAFIA

CLIMA.- El clima de la zona es marcado por dos estaciones :

- estación seca, desde el mes de abril hasta el mes de setiembre.
- estación húmeda o lluviosa, desde el mes de octubre al mes de marzo.

La temperatura generalmente oscila entre 5°C y 20°C, raramente desciende por debajo de los 5°C.

VEGETACION.- La vegetación es densa, dada la fuerte precipitación durante los meses de lluvia. En las alturas la vegetación está representada por la hierba "ichu", de tallos rígidos; que en las cotas intermedias alcanza hasta 50 cm de altura.

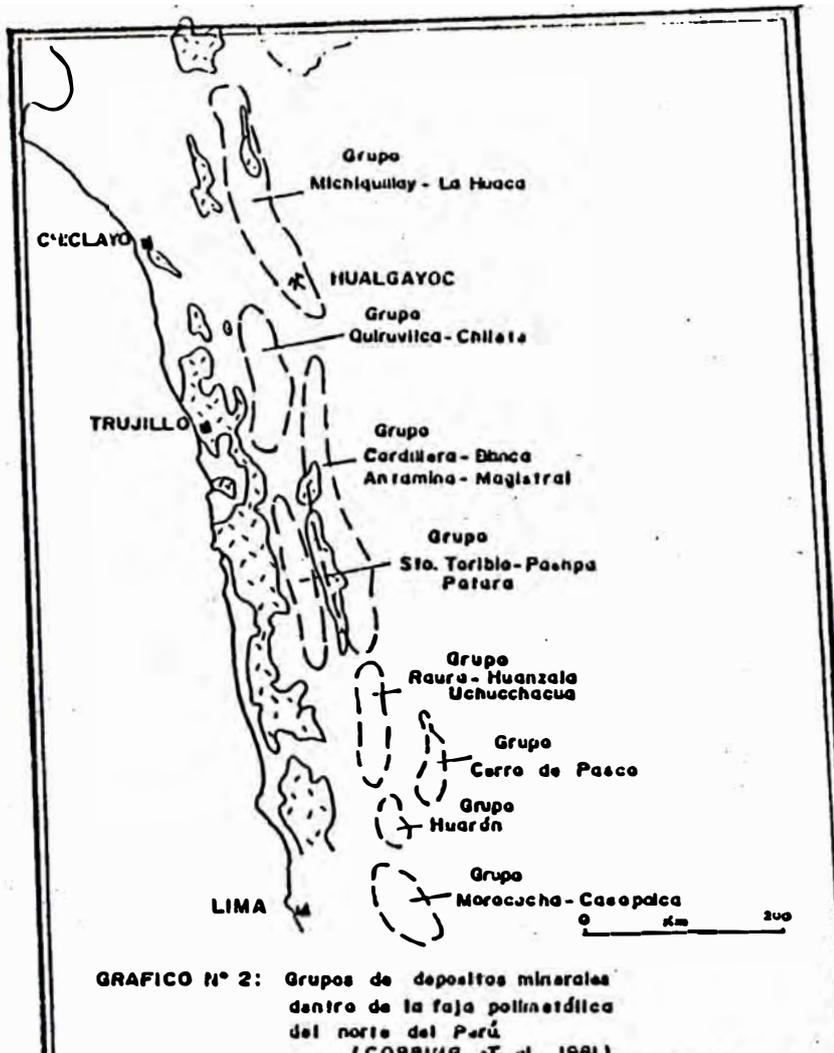
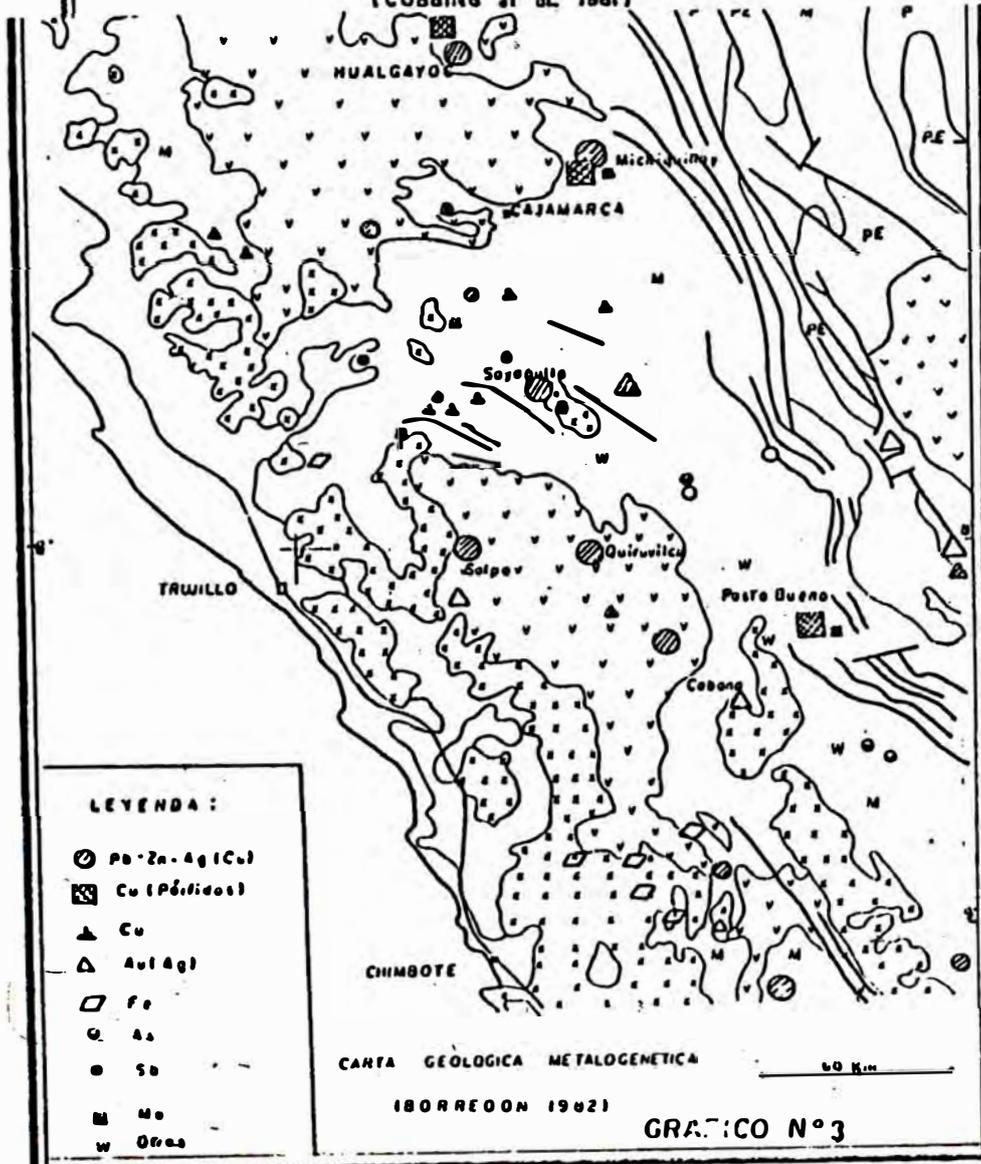


GRAFICO N° 2: Grupos de depósitos minerales dentro de la faja polimetálica del norte del Perú (COBBING et al. 1981)



LEYENDA:

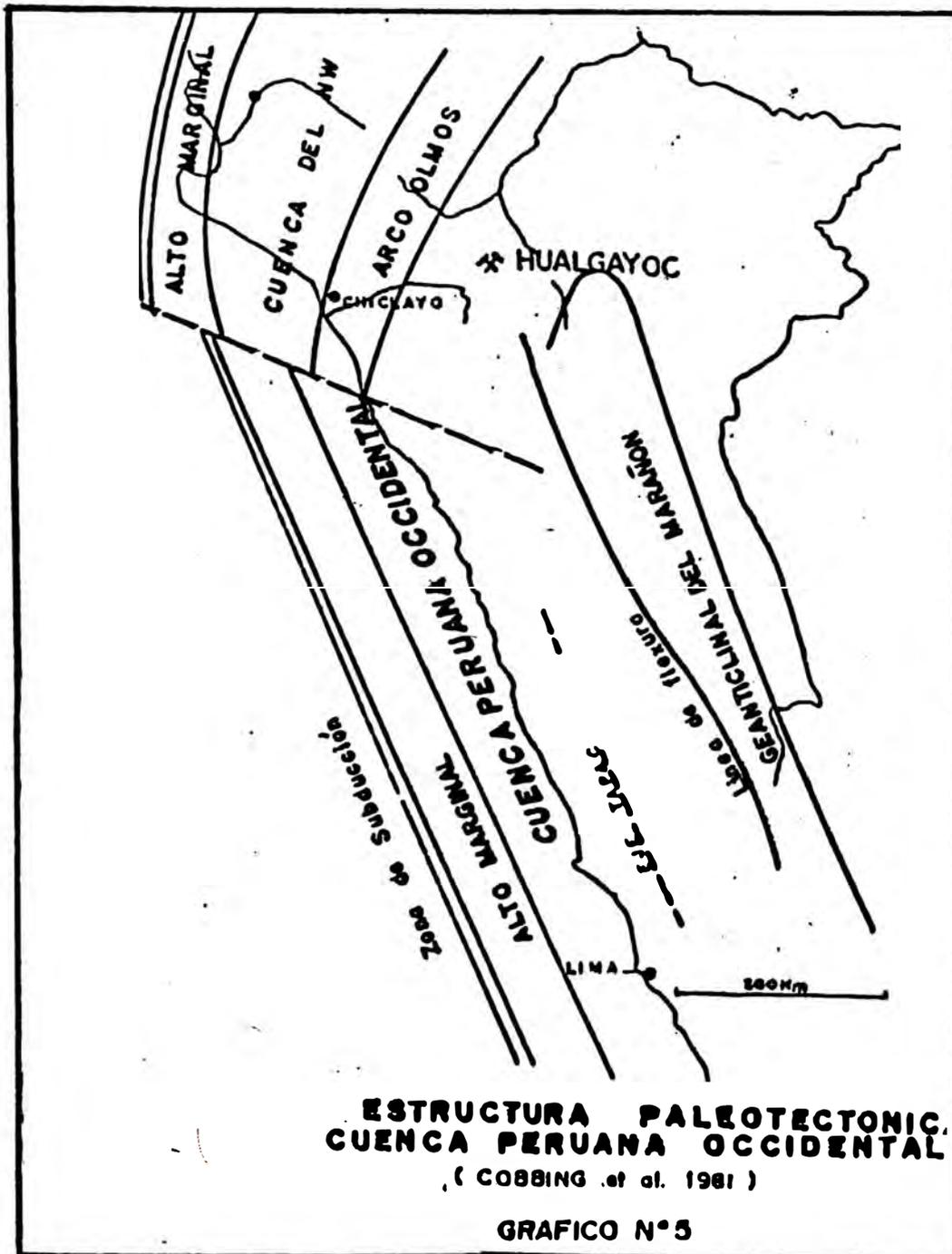
⊙	Pb-Zn-Ag (Cu)
⊠	Cu (Pórfidos)
▲	Cu
△	Au-Ag
◻	Fe
○	As
●	Sb
■	Mo
W	Otros

GRAFICO N° 3



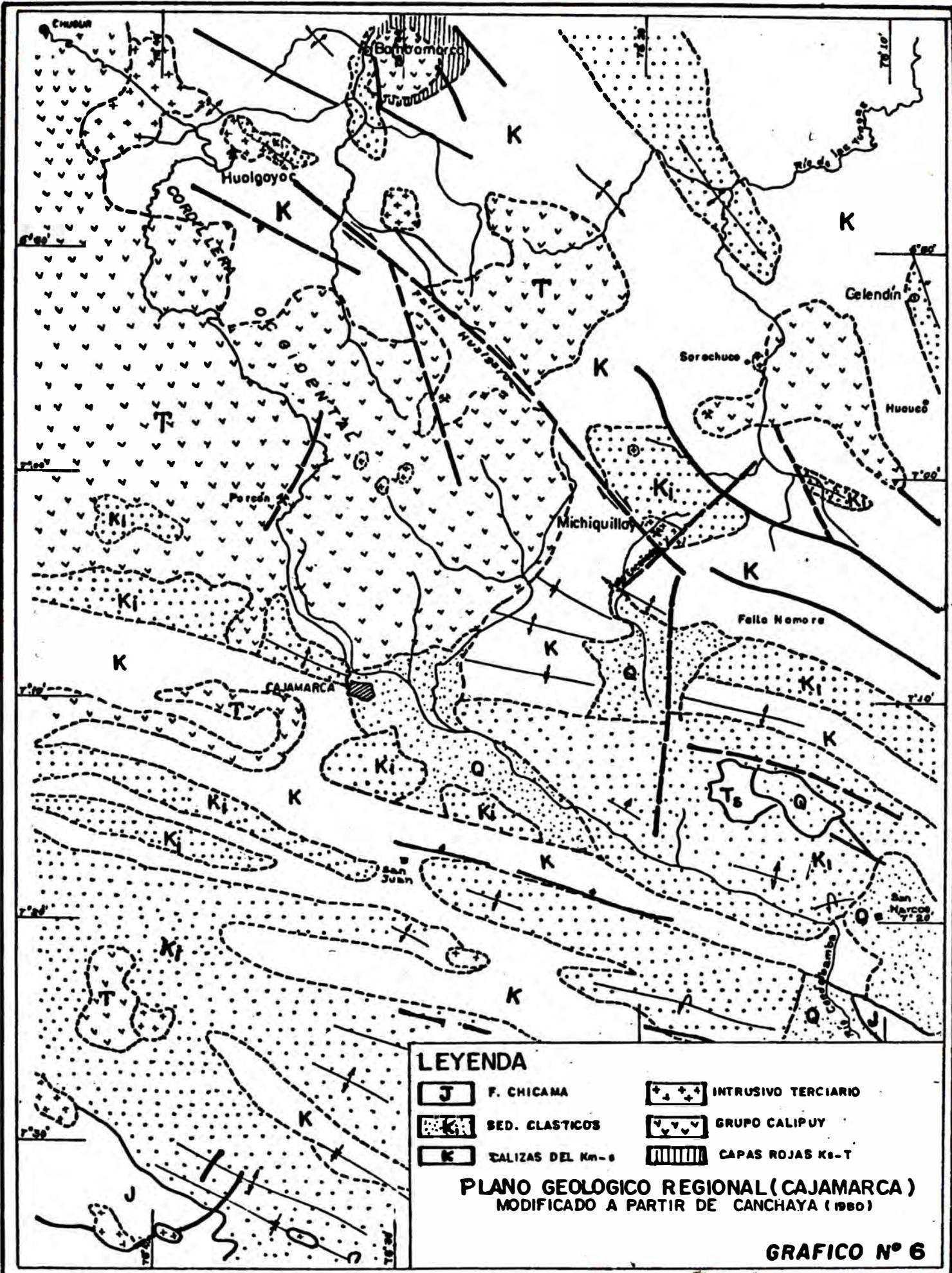
GRAFICO N° 4.- MAPA DE ISOPACAS ESQUEMATICO DE LA CUENCA PERUANA OCCIDEN. (COBBING et al 1981)

- 1.- Cuenca Chavin (Tif - Camp) Sed.
- 2.- Cuenca Rio Santa (Tif - Alb) Sed.
- 3.- Cuenca Huarmey (Tif - Alb) Volc.
- 4.- Cuenca Pongos (Neoc - Pale) Sed.



ESTRUCTURA PALEOTECTONICA CUENCA PERUANA OCCIDENTAL (COBBING et al. 1981)

GRAFICO N° 5



**FISIOGRAFIA.-** El Distrito Minero de Hualgayoc se ubica en el flanco oriental de la cordillera occidental cerca a la divisoria continental de aguas (Gráfico N°7).

Como es común en la zona andina, en las partes altas de la región se observa la superficie Puna relíctica; en sus cotas intermedias: valles en forma de "U", depósitos morrénicos y lagunas glaciares, y en sus partes bajas valles encañonados y agudos, como es el caso de los cañones formados por los ríos Hualgayoc y Pílancones.

## 2.2.2 GEOLOGIA GENERAL DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC

2.2.2.1 **ESTRATIGRAFIA.-** En el Gráfico N°8 se muestra el Plano Geológico del Distrito Minero de Hualgayoc con su respectiva columna estratigráfica. Resumiendo el trabajo de BORREDON (1982), la estratigrafía del distrito es como sigue:

### CRETACEO INFERIOR

**Formación Farrat (Aptiano).-** Pot=200 m.

Consta de cuarcitas masivas con textura "slumping" y rasgos de tixotropía; gradando a cuarcitas con pelitas y areniscas parda con diseminaciones de pirita.

**Formación Inca (Albiano Inferior).-** Pot=40 m.

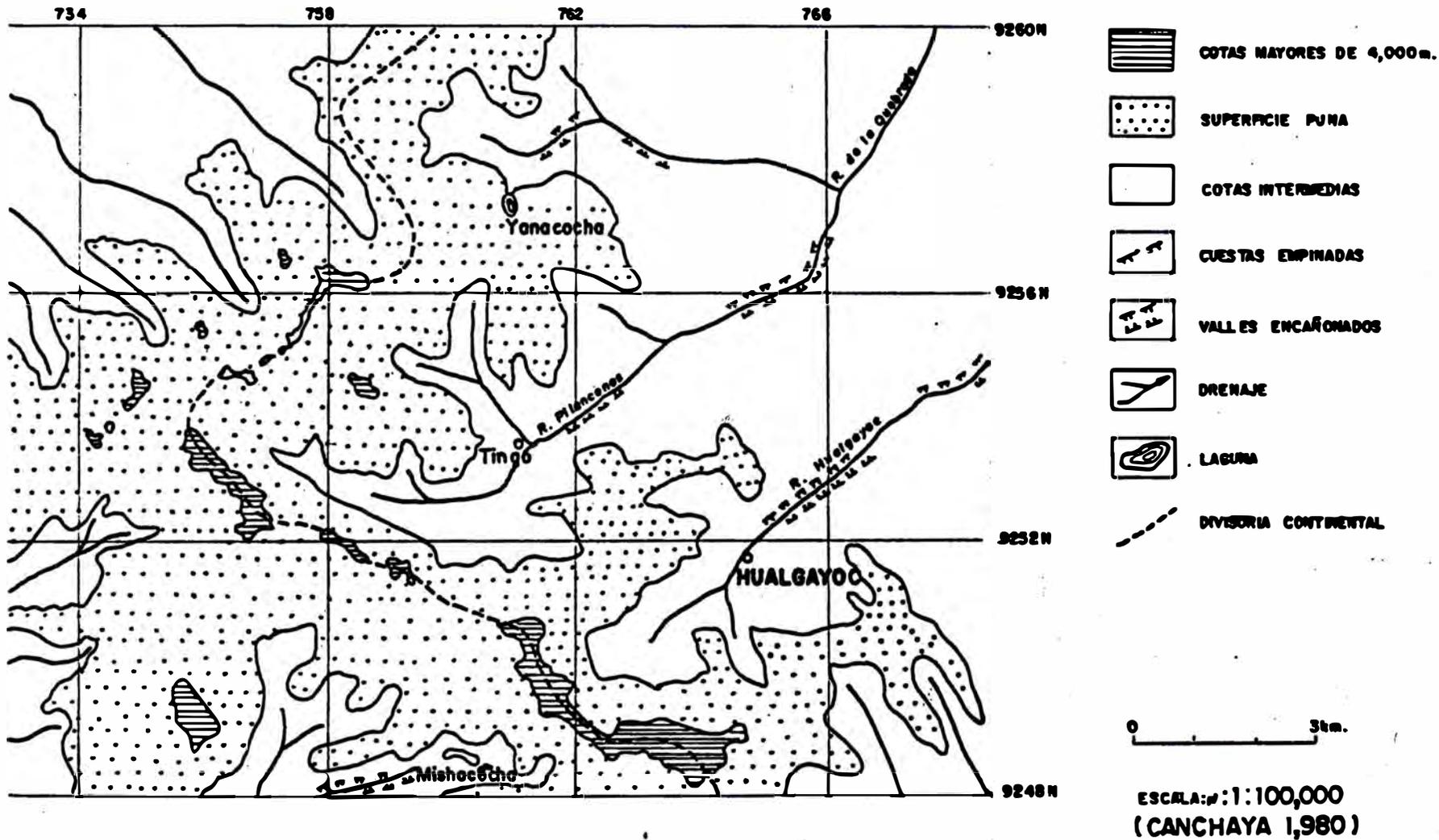
Formada por una alternancia de areniscas y lutitas negras con bancos arenáceos fosilíferos (lamelibranquios).

**Formación Chulec (Albiano medio a inferior).-** Pot=120 m.

Conformada por paquetes de calizas con series ritmíticas calcomargosas. Al tope, presencia de materia orgánica y ocurrencia de ammonites (Knemiceras, Parengonóceras sp) y equinodermos.

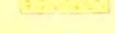
**Formación Pariatambo (Albiano medio a inferior).-** Pot=170 m.

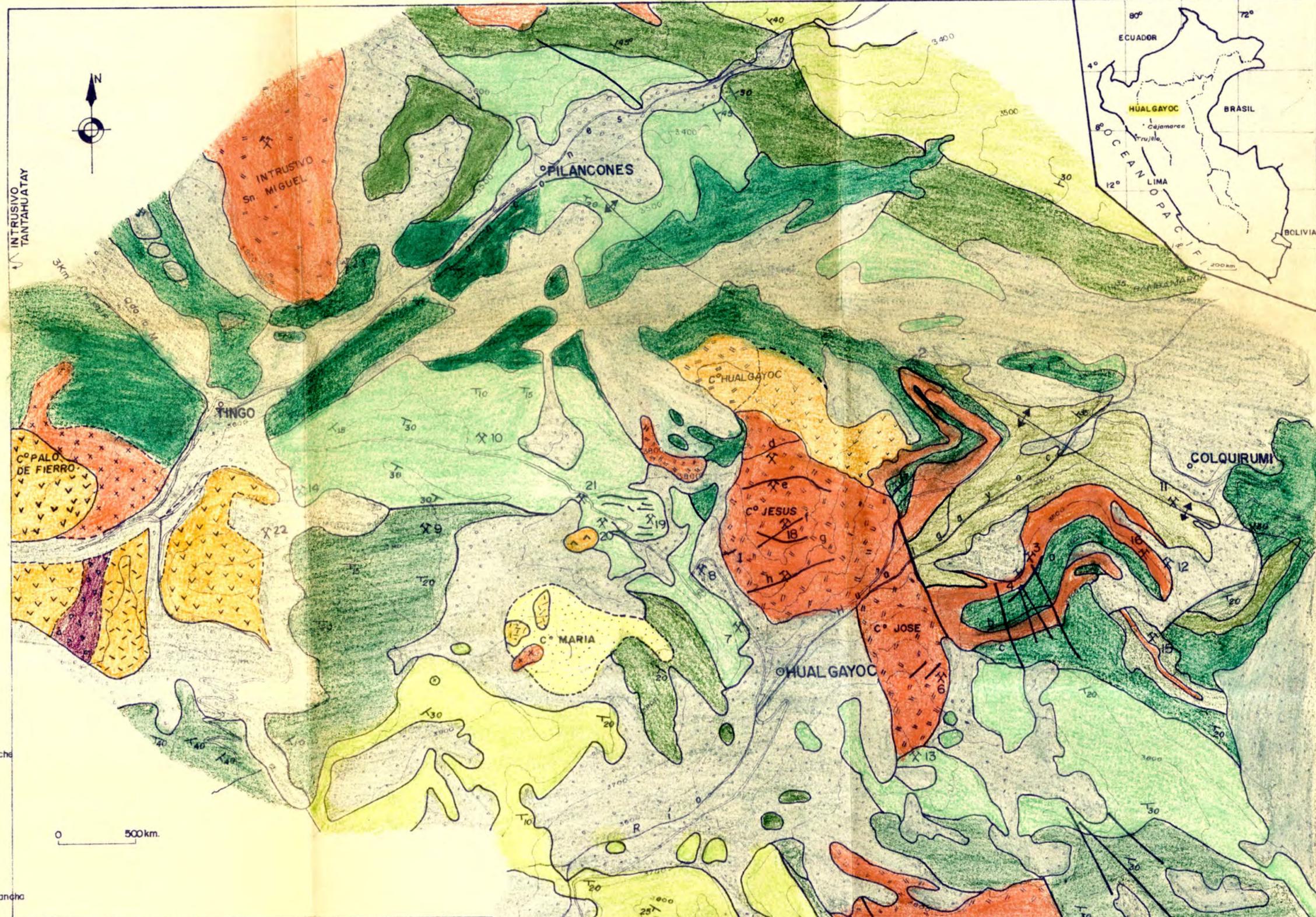
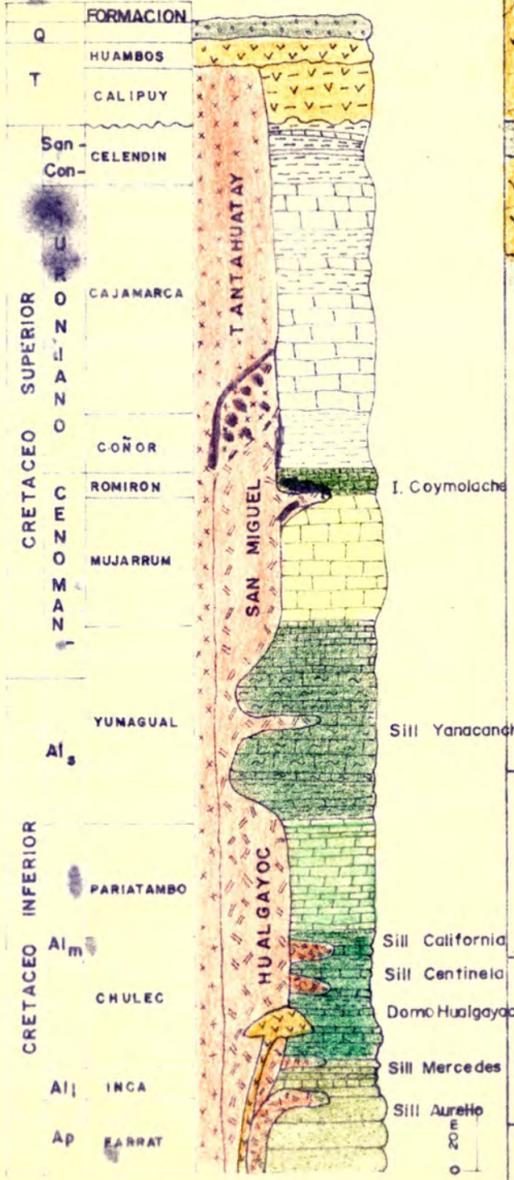
Consta de rocas margocalcáreas bituminosas con ammonites (Oxitropidóceras carbonarium).



**PLANO FISIOGRAFICO DEL DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC**

**LEYENDA**

-  Fm. Inca
-  Fm. Chulec  Brecha Volcánica
-  Fm. Pariatambo
-  Fm. Yumagual
-  Fm. Mujarrum
-  Fm. Romiron  Silicificación
-  Intrusivo Hualgayoc
-  Intrusivo Alterado Hidrotermal
-  Volcanicos (riolita?)  
 Rio - Diod féisico?
-  Cuaternario



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
ESPECIALIDAD DE GEOLOGIA

**PLANO GEOLOGICO**  
**DISTRITO MINERO DE HUALGAYOC**

Med. a partir de Borredon (1982) REVISADO: S. CANCHAYA DIBUJO: W. FLORES  
 ESCALA: 1:20000 TESIS PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL (1,990)

- VETAS**
- A) - CENTINELA
  - B) - MARTHA
  - C) - PACCHA
  - D) - PRESI LEGUIA
  - E) - STA LUCIA
  - F) - EL REY
  - G) - ARANZAZU
  - H) - CAMPANARIO

- MINAS**
- 1- SANTA MARTHA
  - 2- LOS NEGROS
  - 3- CUÑA
  - 4- EL DORADO
  - 5- MOROCHA
  - 6- SEGUNDA REBELDE
  - 7- CAÑON
  - 8- MESA DE PLATA
  - 9- ARPON
  - 10- MECHERO
  - 11- SN. AGUSTIN
  - 12- LOLA
  - 13- MARIO
  - 14- LAS COLORADAS
  - 15- ATHAHUALPA
  - 16- MOROCHA
  - 17- MANSITA
  - 18- CERRO JESUS
  - 19- PREDILECTA
  - 20- PERENE
  - 21- HECHERO
  - 22- LAS GORDAS
  - 23- BELLO UNION

GRAFICO N° 8

Formación Yumagual (Albiano superior- Cenomaniano inferior).-Pot =350 m. Formada por rocas calcáreas con contenido fosilífero de bivalvos *Ostreas scyphax* y exógiras (BENAVIDES 1956) y calcáreas grises con contenido de algas y foraminíferos: *Nummoloculina-heimi* (JANJOU 1981).

Formación Mujarrún (Cenomaniano).- Pot=120 m. Compuesta de bancos calcáreos masivos con fósiles : *Equinoideos* y *Exógira ponderosa* y *Exógira africana* (BENAVIDES 1956).

Formación Romirón (Cenomaniano superior).- Pot=30 m. Consta de rocas margo-calcáreas con ammonites (ceratites), gradando a margas con *Exógiras squamata* y *Exógira olisiponensis*.

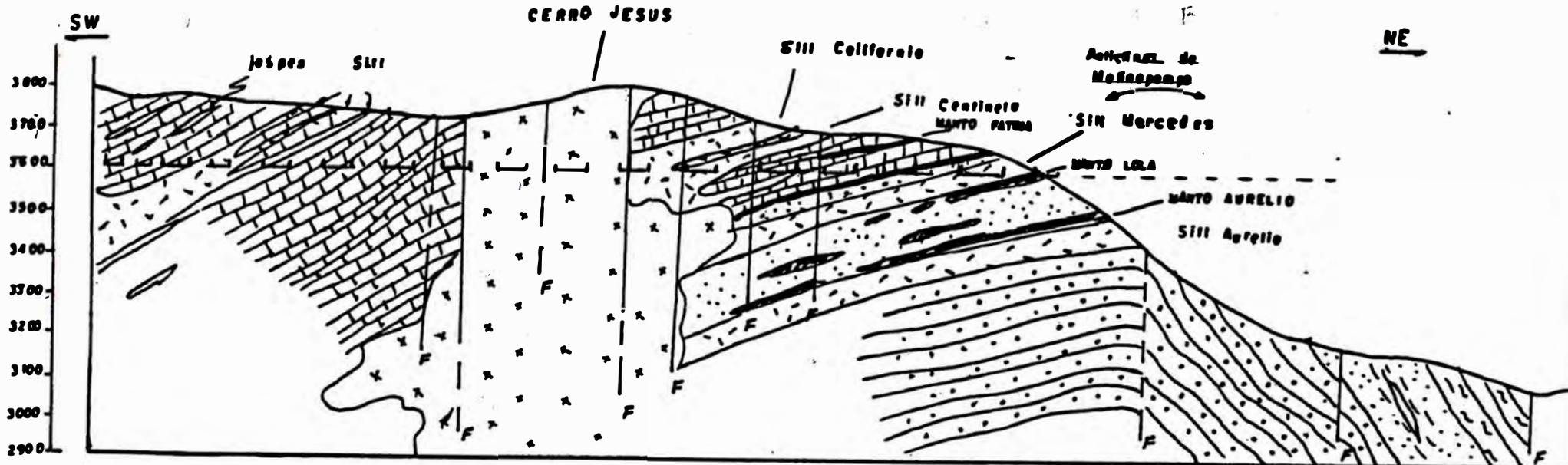
Formación Coñor (Turoniano inferior).- No aflora en Hualgayoc. Son margas con foraminíferos : *Heterohelix reussi*.

Formación Cajamarca (Turoniano inferior a superior).-Pot=280 m. Compuesta por rocas calcáreas grises amarillentas con ammonites : *Coilopóceras newelli*.

Formación Celendín (Coniaciano-Santoniano).- No aflora en Hualgayoc. Pot=80 m. Son margas amarillentas con fauna : *Hemiasterournelli*, *Gonipygus hemicidariformis*, *Nática leselli*.

## TERCIARIO

Volcánicos Calipuy (Terciario inferior).- Aflorando hacia el oeste de distrito minero. De color gris-verdoso y de superficie áspera, formados por tobas de composición andesítica y traquítica (REYES 1980), y por coladas de lava de composición andesítica a riolítica, con bloques y tufos brechosos (HOLLISTER & SIRVAS 1978). Estos volcánicos se hallan diferenciados por tres unidades (del piso al techo): volcánico Chilete, Tembladera y San Pablo (REYES 1980) (denominaciones locales), que se pueden correlacionar con los volcánicos Llama inferior, Llama superior y



**LEYENDA**

	DACITA PORFIRITICA
	PORFIDO CZ-LAN-ANDESITA
	LAVAS
	JASPES
	NIVEL PALEOFREATICO
	CUARZITAS
	ARENISCAS
	CALIZAS
	MANTOS

MODIFICADO A PARTIR DE PAREDES (1980)

CORTE GEOLOGICO SW-NE (Margen derecha rio Hualgayoc)

Porcuya, respectivamente (fotointerpretación). De edad entre 10 y 20 m.a. (HOLLISTER & SIRVAS 1978).

Formación Huambos (Terciario superior).- Aflorante entre Cajamarca y Hualgayoc. Son de color blanco-amarillento, superficie ondulada y aspecto ruiforme (fotointerpretación) Formada por depósitos de tobas subhorizontales de composición andesítica y traquítica (REYES 1980), y de materiales ignimbríticos de composición riodacítica, como en el Co. Palo de Fierro (CANCHAYA et al. 1990) y el Domo Hualgayoc; este último fue datado en 7.2 m.a. (BORREDON 1982).

## CUATERNARIO

Morrenas (Pleistoceno).- Que cubren el piso de los valles y algunas laderas. Son fragmentos subangulosos de rocas ígneas y calizas de diversos tamaños englobados por material más fino.

2.2.2.2 ROCAS INTRUSIVAS.- El distrito ha sido intruído por una serie de stocks, sills y diques de composición básica a intermedia. Los intrusivos mayores son : Tantahuatay, de composición cuarzo-lati-andesítica a latianandesítica y textura porfirítica y el intrusivo San Miguel es un pórfido cuarzo-latianandesítico a dacítico (CANCHAYA et al. 1990).

Los de menor tamaño : sills y diques de tamaño y potencia variables. El intrusivo Coymolache es una dacita porfirítica (VIDAL 1982), el intrusivo Hualgayoc es un pórfido dacítico (Co. Jesús) a cuarzo-lati-andesítico (CANCHAYA et al. 1990).

Los sills que afloran a ambos lados del río Hualgayoc son de textura porfirítica y de composición cuarzo-latita a riodacítica (Gráfico N°9).

2.2.2.3 TECTONICA .- 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, como: el Anticlinal Los Negros o Molinopampa (Gráfico N°8) de tipo asimétrico, con eje de rumbo N40°W, su flanco NE presenta fracturas verticales superiores (BORREDON 1982), su flanco SE es de pendiente regular, entre 10-20°. Su eje pasa por la mina Los Negros y sigue hacia el NW por el poblado de Pilancones, hacia el SE cruza la mina San Agustín. El Sinclinal Los Negros (Gráfico N°8) de rumbo aproximado al anticlinal, presenta en su parte sur una deflexión alineándose en dirección EW.

En base a un estudio estadístico de las principales estructuras, CANCHAYA (1982) estableció los siguientes sistemas tectónicos:

A. Sistema Regional.-De orientación andina con dos subsistemas:

1) De rumbo promedio N50°W: al cual pertenecen los ejes del anticlinal y sinclinal y fallas regionales, como la de Apan Alto. Este sistema parece haber controlado el emplazamiento de los intrusivos San Miguel y Hualgayoc.

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 sills Coymolache y Yanacancha.

B. Sistema Yanacancha.-De rumbo N70-80°E, donde se agrupan la mayor parte de las vetas del sur del distrito.

C. Sistema Predilecta.-De rumbo N80-90°W donde se agrupan la mayor parte de las vetas de la zona norte del distrito. Los intrusivos suelen presentar sistemas tectónicos particulares, como el caso del Intrusivo Tantahuatay, en el cual el sistema predominante presenta un rumbo promedio de N25°W, correspondiente a uno de los subsistemas del sistema regional antes mencionado.

2.2.2.4 GEOLOGIA HISTORICA.- A partir del Titoniano en la Cuenca Peruana Occidental del Miogeosinclinal Andino, se inicia un ciclo de sedimentación que continuó durante el Aptiano hasta el Santoniano. Las rocas más antiguas que afloran en la zona formadas por sedimentación clástica, pertenecen a la formación Farrat, la cual es simultánea con el grupo Goyllar al oeste (COBBING et al. 1981).

Entre el Aptiano superior y Albiano inferior tenemos la sedimentación de la formación Inca, de ambiente marino de

profundidad somera (JANJOU 1981), marcando el inicio de una transgresión que continúa con la formación Chulec del Albiano medio (BENAVIDES 1956).

La formación Pariatambo del albiano superior se correlaciona hacia el lado oeste con los volcánicos sedimentarios de los grupos Lomas y Lancones (CANCHAYA et al. 1990). En las formaciones : Inca, Chulec y Pariatambo se hallan emplazados los cuerpos estratoligados "Mantos".

En el Cretáceo inferior surge el primer movimiento deformatorio del ciclo andino (Fase Peruana). Los sedimentos deformados fueron cubiertos por las capas rojas de la formación Chota y los volcánicos Calipuy.

A inicios del Terciario un segundo movimiento pliega la región hacia el NE, seguido de una etapa de erosión y actividad magmática representada por los intrusivos : Hualgayoc (14.3+/-0.7 m.a.), Tantahuatay (12.4+- 0.4 m.a.), Coymolache (11.8+ 0.6 m.a.) y los sills del cañón del Hualgayoc (10.5+ 0.5 m.a.).

En el Mioceno se da una etapa de denudación y peneplanización regional dando origen a la superficie Puna; la cual posteriormente es cortada por etapas sucesivas de erosión (etapas : Chacra y Cañón).

Los yacimientos intracársticos se relacionan espacialmente con la superficie Puna (CANCHAYA et al. 1990). Las vetas hidrotermales, asociadas a dos sistemas tectónicos que controlaron su emplazamiento, en su mayoría debieron formarse entre 10.5 y 7.2 m.a. (CANCHAYA et al.1990)

La actividad magmática finaliza con el vulcanismo Huambos, de composición riodacítica, similar a la del Domo Hualgayoc de edad 7.2+ 0.35 m.a.

Finalmente la glaciación cuaternaria que dejó efectos en las partes altas; rellenando las bajas, en los valles glaciares con morrenas y material de acarreo.

## 2.3 GEOLOGIA LOCAL

La mina "El Dorado" se ubica fisiográficamente sobre la falda norte del Co. Colquirrumi (margen derecha del río Hualgayoc) (Gráficos N°10 y N°11) entre las cotas 3200 msnm y 3600 msnm., ubicándose la Planta Concentradora sobre los 3350 msnm.

Colindante a esta mina se ubican las de Morocha (Cía. Minera Imasilsa) a los 3325 msnm y Lola (Cía Minera Colquirrumi) sobre los 3450 msnm; al otro flanco del cañón del río Hualgayoc se halla la mina Mansita (Cía. Minera Colquirrumi) a los 3450 msnm (Gráfico N°8).

### 2.3.1 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La mina "El Dorado" está enclavada en el flanco SW del anticlinal asimétrico Los Negros o Molinopampa, de rumbo N40-60°W y buzamiento de 12-21° SW (Gráfico N°12)

Las estructuras más saltantes de la mina se resumen en:

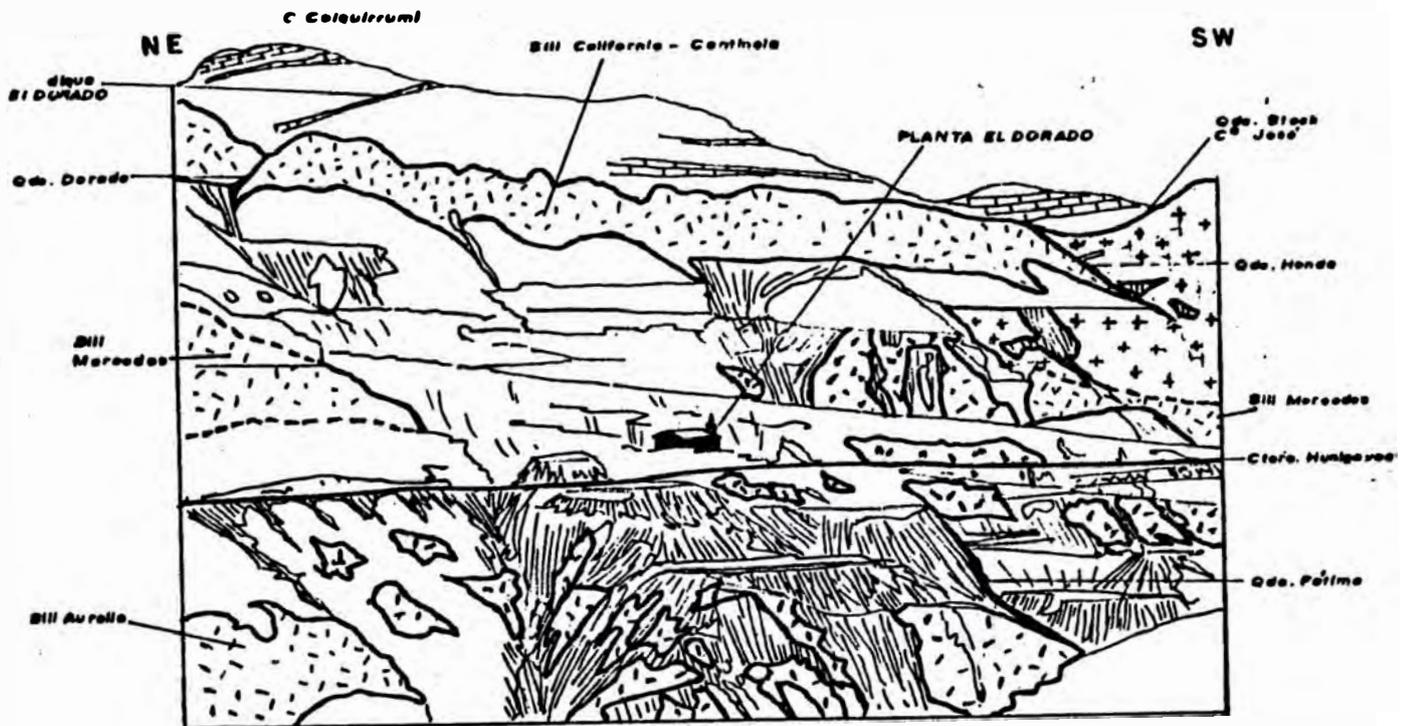
VETA	RUMBO	BUZAMIENTO	SISTEMA
Centinela	N65°E	60°NW	Yanacancha
Martha	N80°E-EW	65°NW	
Paccha	N75°E	70°NW	
Veta 1 o Meche	N80°E	NW	
Veta 2 o Atahualpa	N80°E	NW	
Veta 3	N80°E	NW	
Veta 4	N85°E	NW	
Delia	N70°W	80°NE	Secundario

Otras estructuras:

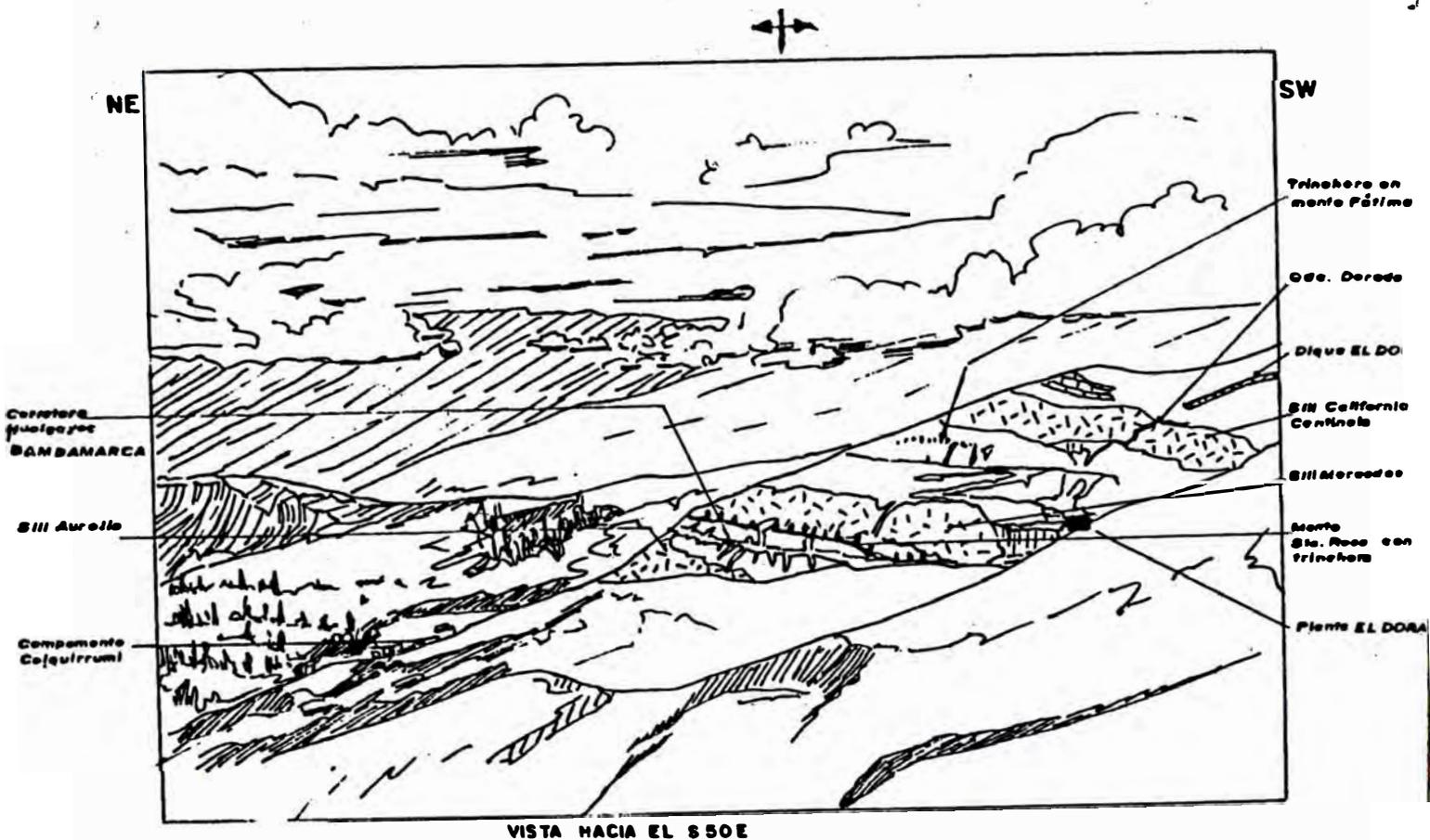
Dique El Dorado	N60°E
Alineamiento de Quebradas :	
Qda. Honda	N30-40W
Qda. Fátima	N30°W
Qda. Dorado	N30-45°W

En base al ploteo de estructuras en el Diagrama Tectónico (Gráfico N°12) se tienen:

1. Un sistema principal que correspondería al Yanacancha (Ver 2.2.2.3); de rumbo general N65-80°E y buzamiento de 60-

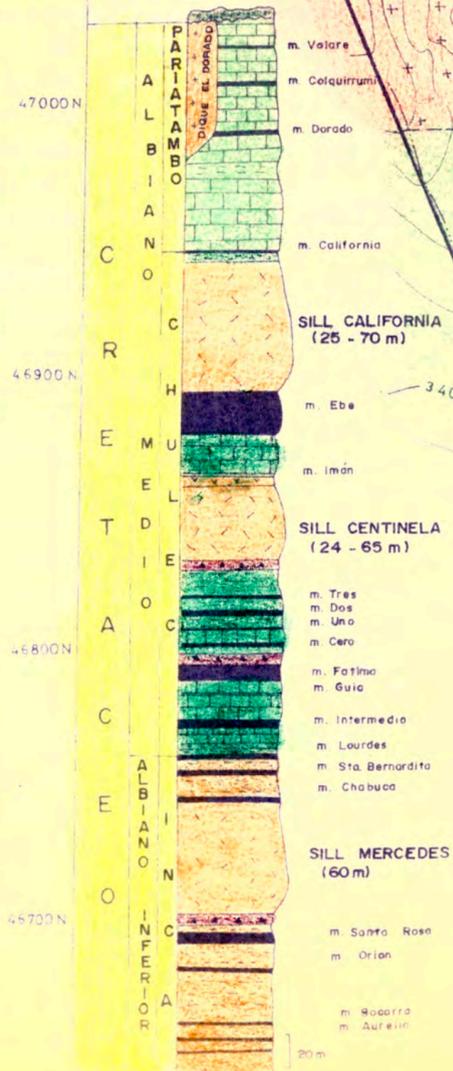
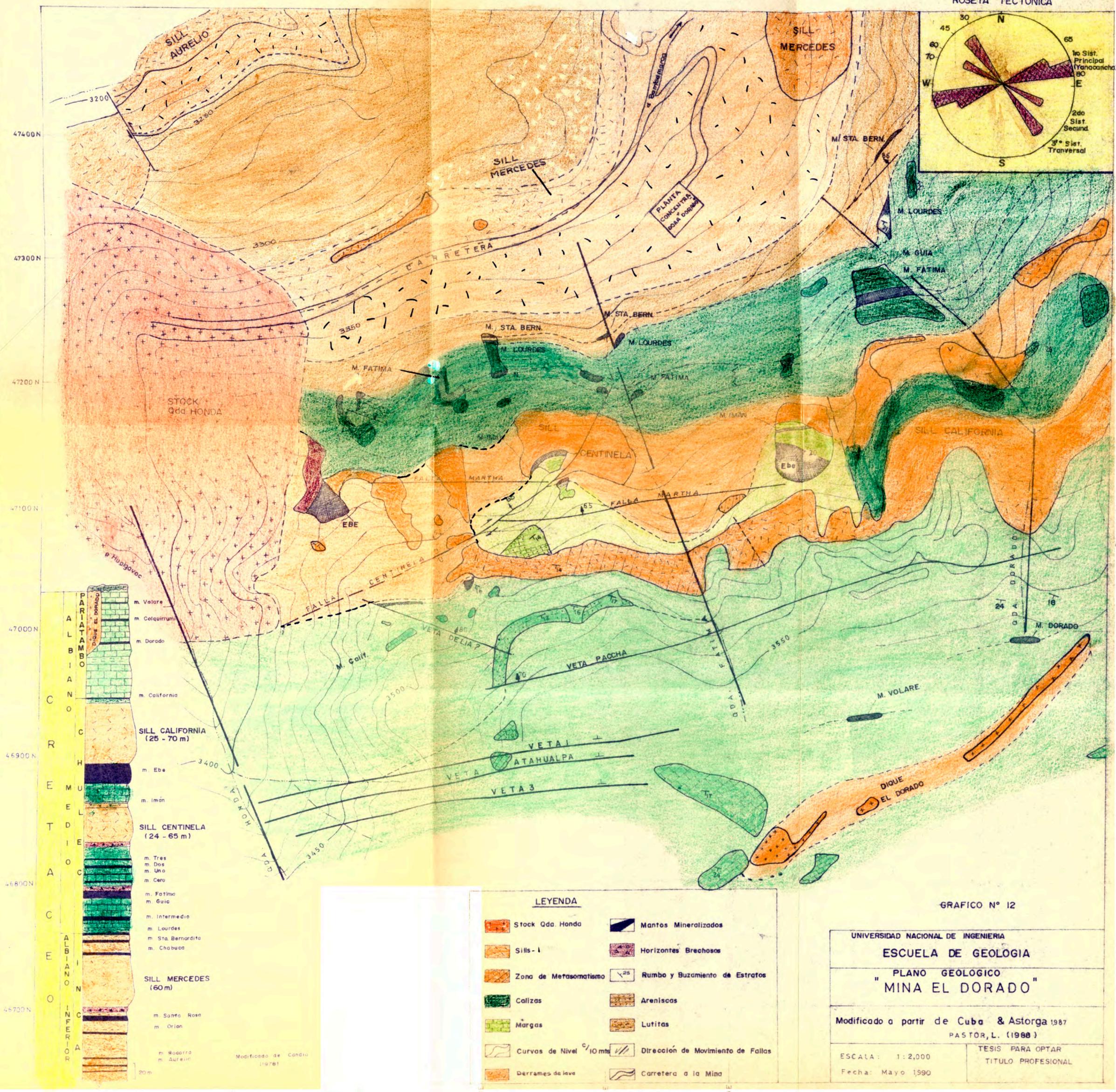
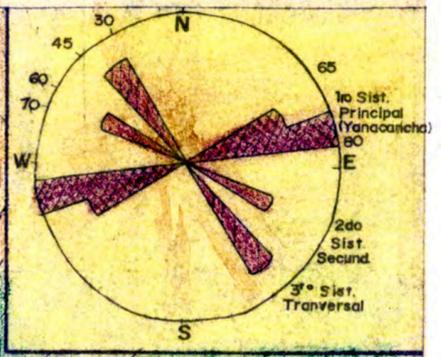


PLANTA EL DORADO Vista desde la falda del C° JESUS - Ciera los Negros (VISTA: Rumbo al S35°E)



VISTA HACIA EL S50E

GRAFICOS N° 1011: Vistas panorámicas - Mina "El Dorado" -



LEYENDA

- Stock Qda. Honda
- Sills - I
- Zona de Metasomatismo
- Calizas
- Margas
- Curvas de Nivel 10m
- Derrames de lava
- Mantos Mineralizados
- Horizontes Brechosos
- Rumbo y Buzamiento de Estratos
- Areniscas
- Lutitas
- Dirección de Movimiento de Fallas
- Carretera a la Mina

GRAFICO Nº 12

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA  
 "PLANO GEOLOGICO  
 "MINA EL DORADO"  
 Modificado a partir de Cuba & Astorga 1987  
 PASTOR, L. (1988)  
 ESCALA: 1:2,000  
 Fecha: Mayo 1990  
 TESIS PARA OPTAR  
 TITULO PROFESIONAL

70°NW. Son de tipo dextral y normal. A este sistema pertenecen las vetas: Centinela, Martha, Paccha, Veta 1, Veta 2, Veta 3, Veta 4 y dique El Dorado.

2. Un sistema secundario: de rumbo general N60-70°W y buzamiento 50-85°NE (ASTORGA 1987)

Agrupada a las vetas: Split Fátima, Split Paccha, Veta de Cobre, Veta de Plomo y Veta Delia.

3. Sistemas de Fallas Transversales que correspondería al sistema regional: de rumbo general N30-45°W. Son de tipo dextrales. Pertenecen a este sistema el alineamiento general de las quebradas: Honda, Fátima y Dorado.

Otras fallas menores de tipo normal se encuentran cortando especialmente al manto Fátima.

**CONTACTOS:** Generalmente el contacto entre la roca encajonante y los mantos es concordante, excepto en algunas zonas donde parte de la roca encajonante ha sido digerida por cuerpos ígneos (sills) (ASTORGA 1987), como es el caso del sill California (Nv. 398) (Ver párrafo 2.3.3.2).

Se observa una irregularidad en el techo del manto Lourdes, dado que este en la rampa 42-galería Fátima se halla en las calizas de la formación Chulec, pero a varios metros se ubica en areniscas (BORREDON 1982).

Otra anomalía ocurre en el horizonte deleznable del techo del manto Santa Rosa (Rampa 33- Nv.3329), el cual presenta variaciones de potencia y hasta ausencia de dicho horizonte en algunos tramos.

Estas irregularidades se deban probablemente a la presencia de alguna falla de estratificación no reconocida o a la posición de los mantos en el flanco SW del anticlinal Los Negros.

Los contactos manto-roca ígnea aparte de una leve argilización, no presentan alteración hipógena definida.

### 2.3.2 ESTRATIGRAFIA

Las principales estructuras mineralizadas (vetas, mantos) se encuentran en rocas sedimentarias del Albiano inferior (formación

Inca) y del Albiano medio (formaciones Chulec y Pariatambo) (Gráfico N°12)

Las vetas, son cuerpos tabulares claramente discordantes a la secuencia sedimentaria, a diferencia de los mantos, de rumbo general N70-80°E y buzamiento 12-20°SE, que son concordantes a los estratos albianos.

Esta secuencia sedimentaria contiene cuatro sills de edad Miocénica (alrededor de 10.5 m.a.; BORREDON 1982) de textura porfirítica y de composición cuarzolátítica a riódacítica. Estos cuerpos tabulares tienen el mismo rumbo y buzamiento que los mantos, pero a veces se encuentran formando un sólo cuerpo, como es el caso de los sills Centinela y California (Nv.438-Cortada 37.Mina El Dorado) y silicifican a las rocas encajonantes.

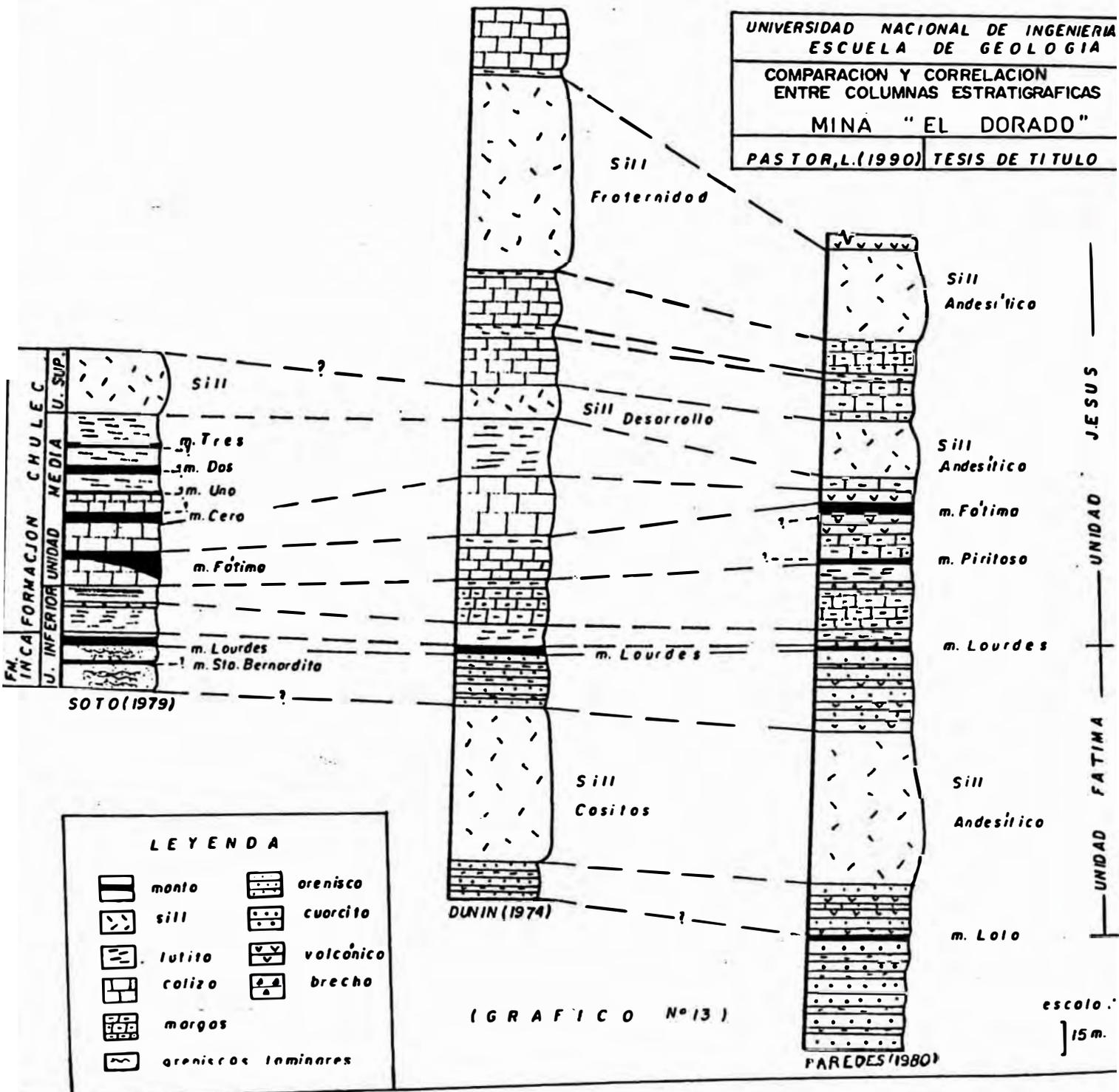
DUNIN (1974) describe una columna estratigráfica donde ubica al manto Lourdes como límite entre las formaciones Inca y Chulec. La potencia de esta columna llega a los 350 m. (Gráfico N°13).

SOTO (1979) complementa la columna realizada por CANDIA (1978); sin embargo solo tiene validez a escala local. En ella define tres unidades: Unidad Inferior que correspondería a la formación Inca y Unidad Media-Superior, correspondiente a la formación Chulec. En dicha columna identifica a los mantos: Santa Bernardita, Lourdes, Fátima, Cero, Uno, Dos y Tres. La potencia de esta columna llega a los 103 m. (Gráfico N°13).

Posteriormente PAREDES (1980) realiza un corte estratigráfico en la zona de estudio definiendo una unidad que denominó Jesús-Fátima de 185 m. de potencia, resaltando la predominancia de material calcáreo y tufos intercalados con areniscas (en el tramo correspondiente a la formación Inca) y margas (en el de la formación Chulec).

Según los estudios microscópicos que se realizó esta singularidad en la litología, probablemente se deba, a que las areniscas y rocas calcáreas presentan una matriz de sericita tufácea (Ver párrafo 2.3.3.1).

En el presente trabajo se muestra una correlación estratigráfica de los cortes antes mencionados denominada Correlación Estratigráfica Generalizada de la mina "El Dorado" (Gráfico N°13) tomando como base la de CANDIA (1978), complementándola con la



información de cortes y mapeo geológico de ASTORGA (1987) y con las observaciones de campo que se realizó durante la estadía en la mina.

Formación Inca: De edad Albiano inferior. Aparte de los afloramientos y labores subterráneas, esta formación ha sido reconocida por dos sondaje diamantinos (DDH-3 y DDH-5) hasta una profundidad de 55m. La formación Inca está constituida por una alternancia de paquetes de areniscas y lutitas.

Las areniscas cuarzosas de color verdoso de textura bandeada, con venillas de material orgánico. La matriz está constituida por cuarzo y sericita; entre los minerales opacos, principalmente pirita diseminada.

Las lutitas de esta formación presentan un color crema-amarillento con presencia de material orgánico. Las lutitas negras al techo del manto Lourdes, se hallan englobando cristales y venillas de sulfuros con materia orgánica. Estas lutitas se decoloran cerca a las zonas mineralizadas, presentando un color verde-cremoso (SOTO 1979). En esta formación se hallan horizontes de 10-15 cm de potencia, de color gris claro y textura deleznable al techo y/o al piso de los mantos, estos horizontes friables son denominados tufáceos.

Los depósitos de la formación Inca corresponden a un ambiente marino de profundidad somera (JANJOU 1981).

La formación Inca se halla intruída por dos sills:

-Sill Aurelio, de 40 m. de potencia aproximadamente, el cual aflora en las paredes del cañón del río Hualgayoc (Gráficos N°9, N°10 y N°11).

Este sill de textura porfirítica y de composición riódacítica presenta una fuerte alteración argílica.

-Sill Mercedes, está ubicado a 70 m. sobre el sill Aurelio de aproximadamente 60 m. de potencia. De textura porfirítica y de composición cuarzo-latita (CANCHAYA et al.1990) (Gráficos N°9, N°10 y N°11).

Intercalados en la formación Inca ocurren varios "mantos". A escala métrica son cuerpos tabulares concordantes a la roca encajonante, pero a escala decamétrica son de forma lenticular. Algunos lentes piritizados terminan bruscamente, a manera de cuña apareciendo la roca encajonante estéril (Nv.468 California-Mina El Dorado) y Nv.3325 Auxiliar-Mina Morocha. La caja techo es fundamentalmente lutítica y la caja piso está compuesta de areniscas.

Dentro de esta formación se tienen los siguientes mantos (del piso al techo) :

Manto Aurelio ( 2-3m), Socorro(3m), Orión(2m), Santa Rosa (1.7m), Chabuca (2m), Santa Bernardita (2m) y Lourdes (2m) (Gráfico N°19b).

Formación Chulec: De edad Albiano medio temprano. Se inicia en el techo del manto Lourdes, compuesto de margas calcáreas grises, las cuales se observan en la galería Fátima-Mina El Dorado, con un aspecto pelítico (BORREDON 1982) y con intercalaciones de horizontes lutáceos.

Hacia el techo las rocas margosas van gradando a calizas, en una sub-serie de 8 a 10m de potencia que se repite rítmicamente (BORREDON 1982). Las rocas calcáreas presentan algo de materia orgánica con contenido de fósiles : Equinodermos y bivalvos (Nv. 3325 Auxiliar-Mina Morocha).

En las zonas alteradas las margas son de color verdoso, de textura afanítica y laminares con franjas blancas y verdosas. Las blancas presentan calcita euهدral y las verdosas epidota, ambas acompañadas de pirita euهدral de hasta 5mm de arista y abundante cuarzo masivo. La formación Chulec también presenta a los horizontes deleznable (tufáceos) al techo generalmente de los mantos.

Esta formación presenta facies de alta energía (zona de plataforma) con aporte terrígeno (JANJOU 1981).

La formación Chulec está intruída por dos sills :

Sill Centinela (de 24-65m de potencia) y sobre los 50m se halla el sill California (de 25 a 70m); ambos de textura

porfirítica y de composición: Pórfido cuarzo-latítica (CANCHAYA et al. 1990).

Estos dos sills se unen en un solo cuerpo (Nv. 438-Cortada 37. Mina "El Dorado") llegando hasta el techo del sill California, donde presentan clastos de rocas calcáreas asimiladas y pequeñas venillas de pirita masiva.

Los mantos intercalados en ésta formación presentan estratificación laminar (ROSE & CUBA 1979); entre otros se tiene: Manto Intermedio (3m), Guía (1.2m), Fátima (hasta 10m), Manto Cero, Manto Uno, Manto Dos y Manto Tres (10m), Superior, Imán (1m), Ebe (10-22m) y California (1m).

Hacia el lado oeste de la mina existen afloramientos de bloques brechados sobre el manto Fátima y al lado este, sobre el sill Centinela, derrames de lavas que se extienden en un área de 60m<sup>2</sup> aprox. luego pasan a un paquete de calizas (no se observa el contacto) (ASTORGA 1987).

Formación Pariatambo: De edad Albiano medio tardío.

Esta formación está compuesta de rocas margo-calcáreas bituminosas de color gris y de grano fino.

Ciertos niveles presentan facies de tipo euxínico, ambiente reductor (JANJOU 1981).

La formación Pariatambo está afectada por la intrusión del dique El Dorado, que aflora en la parte alta y sur de la mina. Este cuerpo ígneo se aprecia en el campo como un gran farallón de relieve positivo en la secuencia sedimentaria.

Este dique tiene un rumbo N60°E presenta fuerte alteración argílica. De composición: cuarzo-latita (Ver párrafo 2.3.3.2)

Los mantos intercalados en esta formación son :

Dorado (1m), Colquirrumi (1.2m) y Volare (1m) (Gráfico N°13).

Una discontinuidad erosional afecta a esta formación sobre la cual descansan los sedimentos no consolidados del cuaternario.

Cuaternario : Constituido por material coluvial y una capa detrítica de suelo en las zonas planas. Esta capa presenta fragmentos angulosos de roca de diversos tamaños con sedimentos limo-arcillosos.

### 2.3.3 PETROLOGIA

#### 2.3.3.1 ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas calcáreas de las formaciones Chulec y Pariatambo son las que más abundan en la mina, después le siguen las areniscas de la formación Inca.

Los estratos de las rocas sedimentarias, por lo general son de rumbo N70-80°E presentando buzamientos suaves que llegan hasta los 12-21°SE. Intercalados se ubican los cuerpos mineralizados "Mantos" en cuyos topes se hallan los horizontes tufáceos antes mencionados.

La secuencia sedimentaria ha sido perturbada por la ocurrencia de potentes cuerpos ígneos (sills) de textura porfirítica y de composición dacítica, como es el caso de los cuatro sills que afloran en la pared derecha del río Hualgayoc y que al parecer se originan a partir del Co. José (Nivel 438-cortada 37. Mina-"El Dorado") que aflora en la parte alta y sur de la mina (Ver párrafo 2.3.3.2).

En la zona de contacto entre las rocas intrusivas y calcáreas se observa una zona de alteración metasomática (Ver párrafo 2.3.3.3) con zonas propilitica y sericítica.

Las areniscas cuarzosas de la fm. Inca son de color crema a gris verdoso y presentan textura bandeada con laminaciones de material orgánico; presentan rasgos de tixotropía. Bajo el microscopio consisten fundamentalmente de un agregado granular de cuarzo-sericita (Foto N°1) (BORREDON 1982). Los granos de cuarzo de formas subangulosas a subredondeadas de buena porosidad se hallan alineados con la materia orgánica en la matriz sericítica. Composición mineralógica: cuarzo, sericita y pirita alterándose a limonitas.

F1: Muestra Mt-4  
Arenisca de la fm. Inca. Mina "El Dorado"  
(De sup.) Secc. delg. Nicoles //s 6.3X.  
Agregado cuarzo-sericitico con opacos  
alterándose a limonitas.

F2: Muestra M-8  
Horizonte tufáceo de la fm. Inca (Nv.331)  
Mina "El Dorado". Secc. delg. 6.3Xs.  
Agregado cuarzo-carbonático con playas de  
arcillas y opacos diseminados.

F3: Muestra M-8  
Horizonte tufáceo de la fm. Inca (techo  
del manto Sta. Rosa Nv.331) Mina "El  
Dorado". Secc. delg. 2.5Xs.  
Siderita o ankerita con núcleo de  
cloritas en matriz cuarzo-carbonática.

F4: Muestra Mt-69  
Caliza de la fm. Chulec (Nv.3325)  
Auxiliar. Mina Morocha. Facie lateral  
del manto Sta. Bernardita. Secc. delg.  
LXs.  
Espina de equinoideo en matriz calcárea.

F5: Muestra Mt-69  
Caliza de la fm. Chulec (Nv. 3325)  
Auxiliar. Mina Morocha.  
Facies lateral del manto Sta. Bernardita.  
Secc. delg. 2.5Xs.  
Molde de briozoario.

F6: Muestra Mt-28  
Caliza de la fm. Pariatambo. Mina "El  
Dorado" (De sup). Secc. delg. 6.3Xs.  
Micrita con opacos (magnetita)  
diseminados reemplazando cuarzo.

F7: Muestra Mt-6  
Sill Mercedes. Mina "El Dorado" (De sup.)  
Fenos de plagioclasas alterándose a  
arcillas, también hay fenos de anfíboles.  
Matriz feldespática alterándose a  
sericita. Fuerte oxidación.

F8: Muestra Mt-15  
Sill Centinela Mina "El Dorado" (De sup.)  
Secc. delg. 6.3Xs.  
Cuarzo feldespáticos alterándose a  
sericita, presencia de epidotas y opacos.

F9: Muestras Mt-46, Mt-42 y Mt-40 (De sup.).

Zona de metasomatismo en la fm. Chulec. Mina "El Dorado".

Calizas bandeadas, con calcita (color claro), epidota (color oscuro) y pirita euhedral.

F9a: Muestra Mt-42 (De sup.)

Caliza epidotizada de la fm. Chulec. Mina "El Dorado" (techo del manto Fátima).

Secc. delg. 6.3Xs.

Agregado de epidota (oscuro) con calcita y cloritas (claro).

F10: Muestra Mt-2. Manto Aurelio-Mina "El Dorado" (De sup.).

Muestra limonitizada mostrando textura coloforme con presencia de hidróxido de manganeso (Au=0.32ppm).

F11: Muestra Mt-90. Manto Aurelio-Mina "El Dorado" (De sup.).

Arenisca pseudobandeada con óxidos de fierro.

F12: Muestra M-3. Manto Aurelio-Mina "El Dorado" (Nv.331) (De sup.).

Arenisca limonitizada con textura botroidal, de la subzona de oxidación interna (Au=6.17ppm).

F13: Muestra M-4. Manto Santa Rosa-Mina "El Dorado" (Nv.331).

Arenisca limonitizada con textura esponjosa, de la zona de transición (Au=2.3ppm).

F14: Muestra M-1. Manto Santa Rosa-Mina "El Dorado" (Nv.331).

Arenisca con sulfuros en textura bandeada de la subzona de sulfuros secundarios (Au=3.14ppm).

F15: Muestra Mt-39  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado" Nódulo al  
techo del manto.  
Esfalerita y galena en venillas, arcillas  
nodulares, calco y pirita en cavidades;  
todo en matriz pelítica.

F16: Muestra Mt-39  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado". Secc.  
delg. 2.5Xs.  
Bivalvo reemplazado por sulfuros (pirita  
y marcasita) rodeando al núcleo de  
carbonatos y cuarzo; en matriz cuarzo-  
sericitica.

F17: Muestra Mt-10  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado". Secc.  
pul. 25//s.  
Estrellas de esfalerita en calcopirita  
(Au=0.65ppm).

F18: Muestra Mt-33  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado" (Nv.368).  
Horizonte piritizado, en matriz pelítica  
con rasgos de tixotropía.

F19: Muestra Mt-33  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado" (Nv.368).  
Secc. delg. 6.3//s.  
Matriz cuarzo-carbonática, con esfalerita  
euhedral y playas de arcillas.

F20: Muestra Mt-89  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado"  
Ritmita de óxido de hierro primarios  
(hematita, magnetita) con minerales  
arcillosos.

F21: Muestra Mt-89  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado". Secc.  
delg. 12.5//s.  
Ritmita de óxido de hierro; hm/A/mg en  
matriz de cuarzo con CLOs-CBs-ep donde  
CLOs/A/ep.

F22: Muestra Mt-22  
Manto California-Mina "El Dorado" (De  
sup.).  
Roca limonitizada con textura cavernosa y  
presencia de hidróxidos de manganeso  
(Au=1.54ppm).

F23: Muestra Mt-26  
Manto Colquirrimi-Mina "El Dorado" (De sup.).  
Roca limonitizada con textura colofome y cavernosa y presencia de hidróxidos de manganeso (Au=0.76ppm).

F24: Muestra Mt-26  
Manto Colquirrimi-Mina "El Dorado" (De sup.). Secc. pulida 20Xs.  
Limonitas en textura colofome bordeada con óxido de manganeso (psilomelano?) y presencia de delafosita alterándose a limonitas (Au = 0.76ppm)

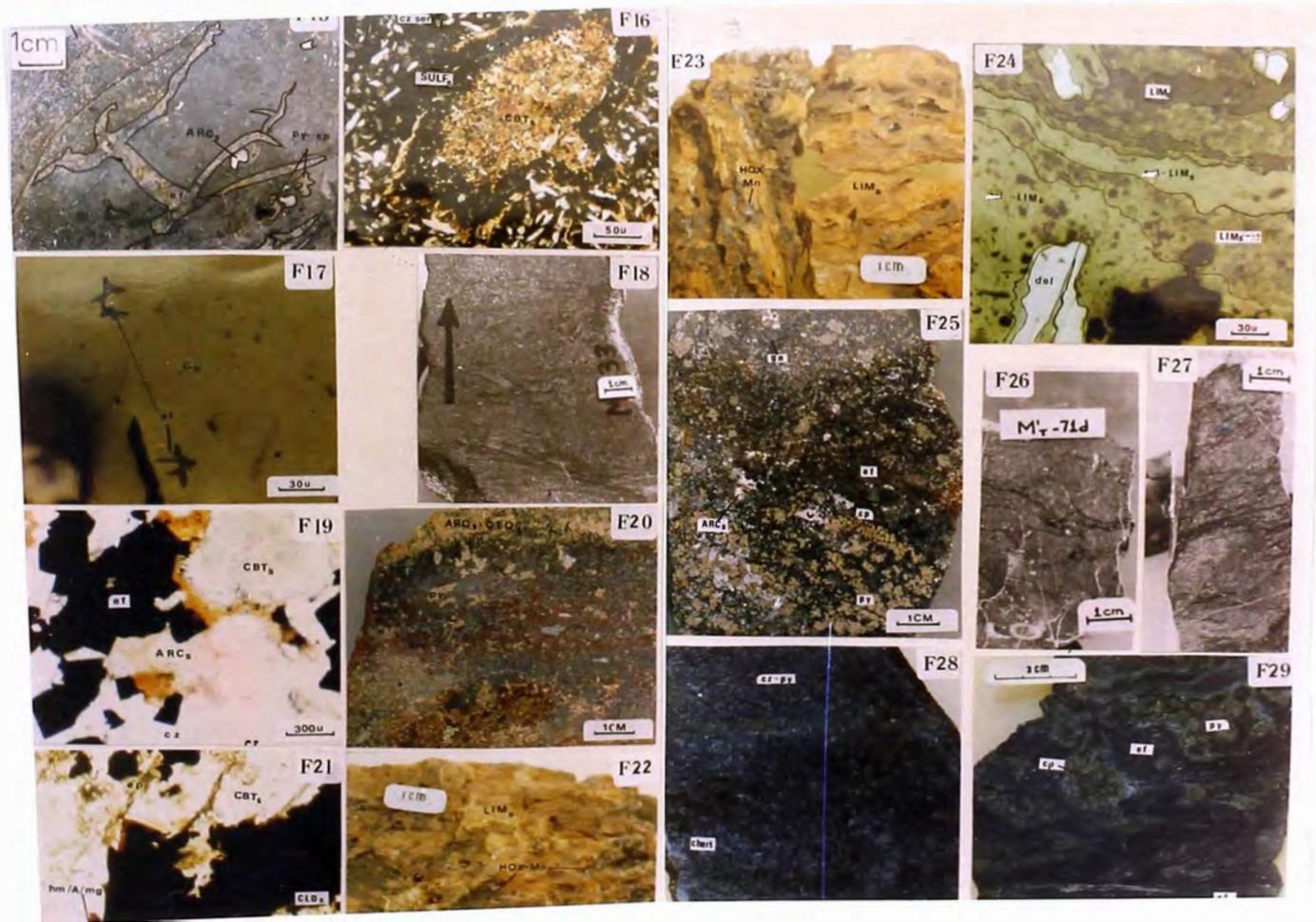
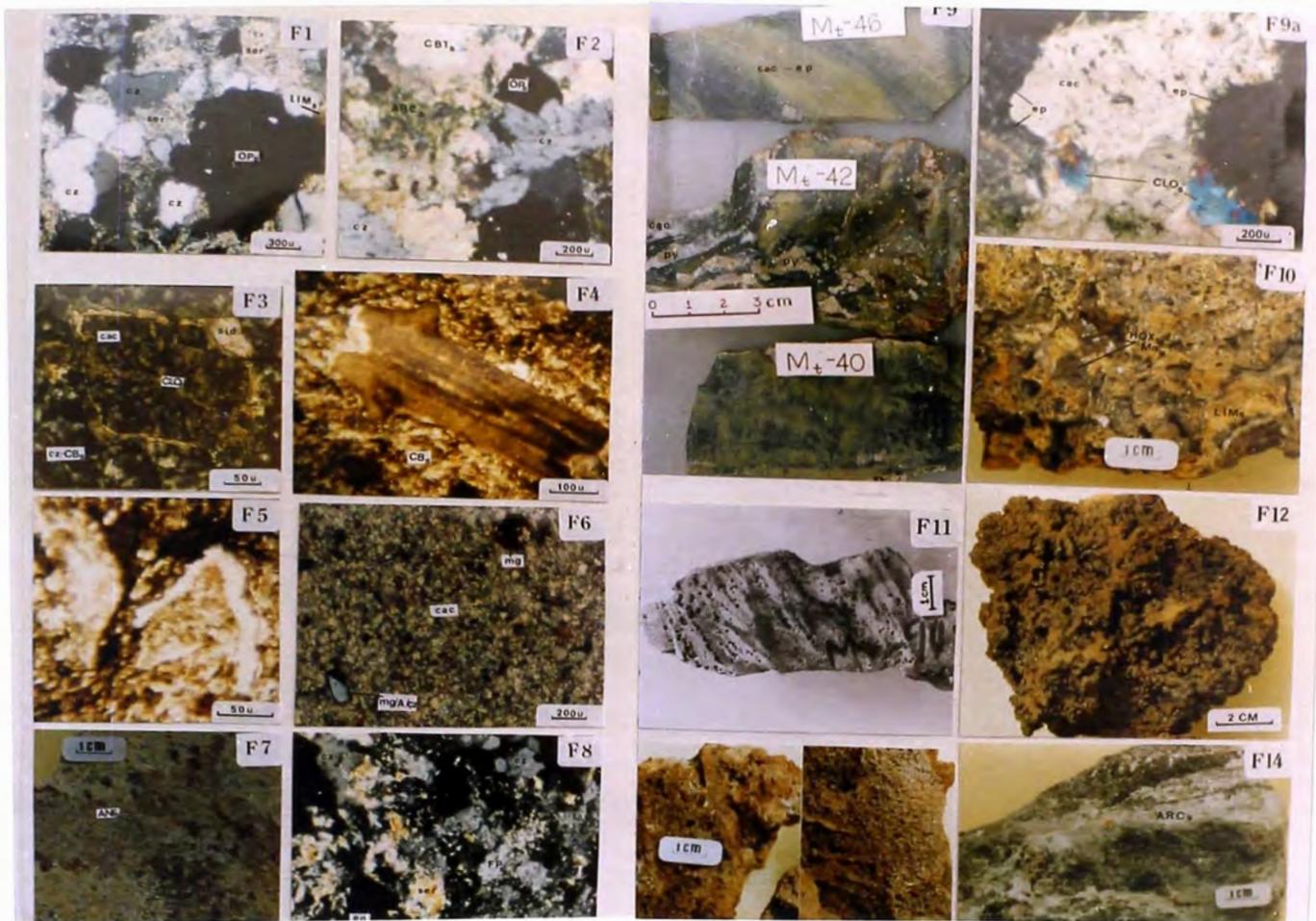
F25: Muestra M't-71a. Manto M1-Mina Mansita.  
Manto bandeado con pirita, galena, esfalerita, calcopirita, arcillas y limonitas (Au=5.47ppm).

F26: Muestra M't-71a Manto M1-Mina Mansita.  
Caliza al techo del manto con presencia de fósiles y figuras de tixotropía.

F27: Muestra Mt-81. Manto Lola-Mina "Lola" (Nv.29 Atahualpa).  
Bandeamiento de sulfuros con venillas de material orgánico y pirita en abundancia (Au=1.41ppm).

F28: Muestra I3. Manto de cz-py. Mina Morocha (Nv.3325).  
Manto con textura seudobandeada con diseminaciones de pirita, calcopirita venillas de materia orgánica y chert? (Au=0.24ppm).

F29: Muestra I8. Manto de gn-ef. Mina Morocha (Nv.3325).  
Manto con textura colofome donde esfalerita bordea a calcopirita y ésta a la pirita. Observe minerales claros de arcillas (Au=0.45ppm)



G15: Representación esquemática de la lutita de la fm. Inca (techo del manto Lourdes). Mina "El Dorado". Nódulos calcáreos con sulfuros (esfalerita negra), pirita cúbica recubierta por minerales arcillosos (zona oscura) y sulfuros (galena, esfalerita).

G18: Muestra Mt-2. Manto Aurelio. Mina "El Dorado". Secc. pul. 40Xs. LIMs con textura coliforme intercrecidas con lóculos y cristalizados bordados con OXs; con diseminaciones de hematita y pirita.

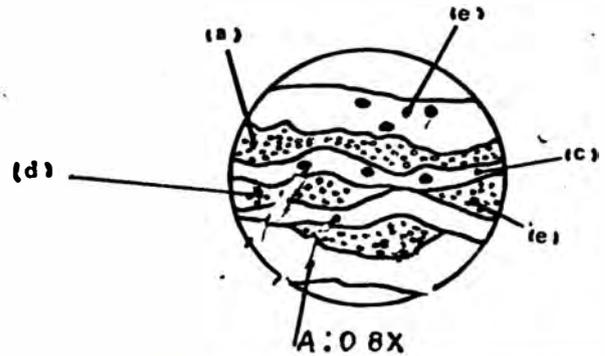
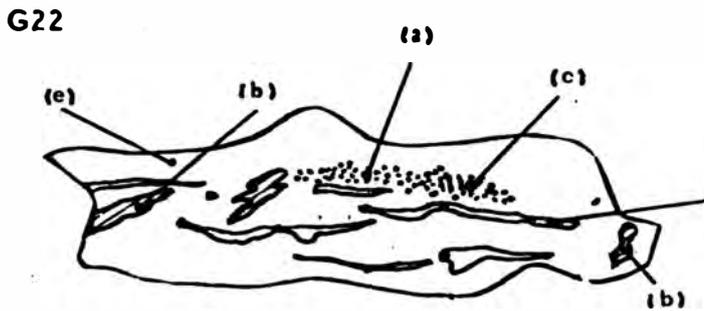
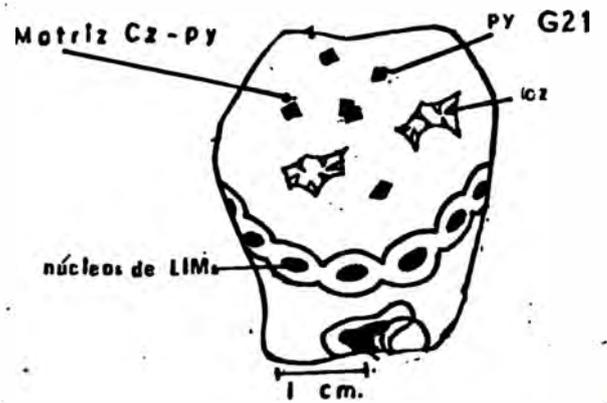
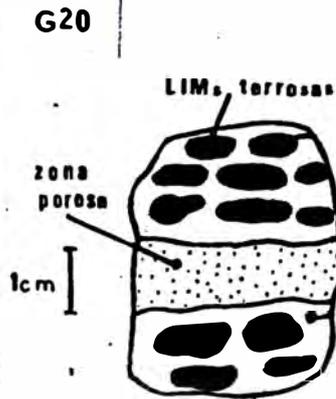
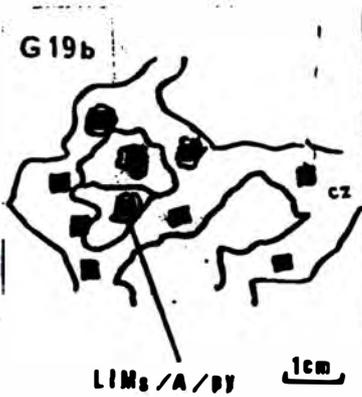
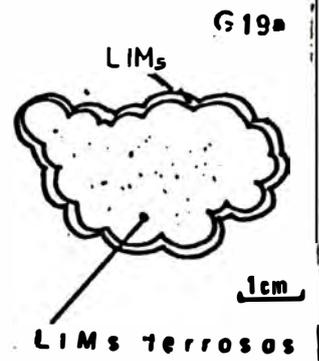
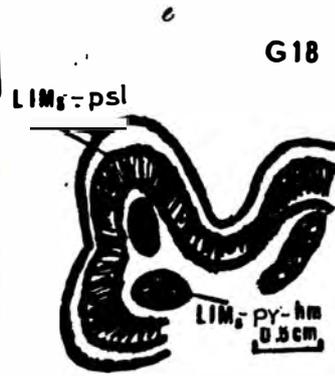
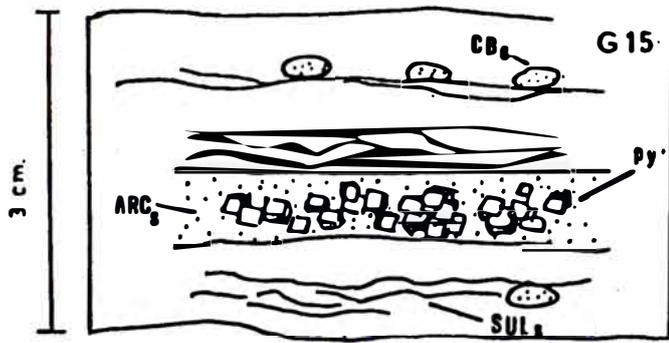
G19: Muestra del manto Orión. Mina "El Dorado"  
a. limonitas terrosas botroidales.  
b. limonitas a expensas de la pirita, con textura microestalactítica.

G20: Muestra M7. Manto Santa Rosa. Mina "El Dorado".  
Muestra silicificada pseudobandeada y con textura porosa con limonitas terrosas que rellenan cavidades (Au=1.4ppm).

G21: Muestra M-3. Manto Santa Rosa. Mina "El Dorado" (Nv.331).  
Arenisca limonitizada con textura botroidal de la subzona de oxidación interna (Au=6.17ppm).

G22: Muestra Mt-5B. Manto Sta. Rosa-Mina "El Dorado" (Nv.331). Muestra limonitizada de la subzona oxidada interna mostrando textura pseudobandeada y terrosa, con microbotroides de limonitas oscuras (a), naranjas (b), marrones (c) y ocre (e), con presencia de hemolita (d) Au=5.67ppm.

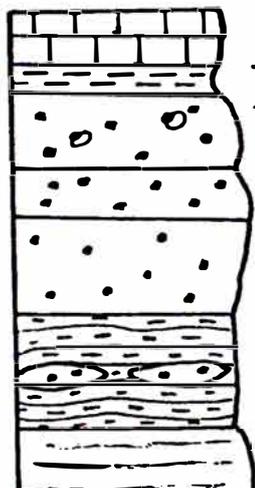
G23: Manto Lourdes. Mina "El Dorado" (Nv.368-Fátima).  
Mostrando el cambio lateral del techo del manto a unos 10 metros, hacia el lado este; donde las lutitas del techo presentan dos horizontes con nódulos de pirita, esfalerita y arcillas, (Muestras Mt-36 y Mt-39).



G23

Formación : Inca = Chulec

Cambio de  
facie lateral



Lutitas negras en el techo del Manto

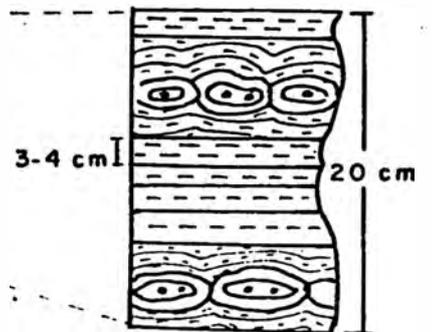
Núcleos botroidal (Mt- 32, M9)

Horizonte (Mt - 34)

Horizonte pirlitzado (Mt - 33)

Nódulos de py. (Mt - 35)

Ritmita de SULFs primarios (Mt- 48)



Las lutitas negras de la formación Inca, presentan microcantos calcáreos con venillas de material orgánico y sulfuros entre los planos de fisibilidad; como sulfuros (pirita, galena y esfalerita) también ocurren con minerales arcillosos (Gráfico N°15). En zonas de oxidación las lutitas se decoloran a gris celeste.

El análisis de difracción de rayos-X de una muestra del techo del manto Santa Rosa (Gráfico N°14, muestra Mt-54) mostró: caolinita, cuarzo, sericita, pirita y limonitas (goethita).

Los horizontes tufáceos que se presentan al techo de los mantos, como es el caso del manto Santa Rosa (muestra Mt-51), son de color plumizo y de textura deleznable; el análisis de difracción de rayos-X indicó: sericita, pirita, cuarzo, limonitas, yeso y heulandita? (Gráfico N° 14). Otro horizonte del techo del manto Chabuca (muestra Mt-84) presenta: pirita, sericita, calcita, cuarzo y yeso (Gráfico N°14).

Bajo el microscopio se observa un cierto alineamiento entre los granos de cuarzo y los de carbonatos. La calcita y la siderita (o ankerita) se presentan con sericita intersticial, arcillas de formas nodulares (Foto N°2). También se aprecian carbonatos en venillas. Los cuarzoes euhedrales a veces recristalizados presentan inclusiones de apatito. Como opacos (pirita) y como accesorios arcillas en venillas y siderita con opacos y cloritas en el núcleo bordeadas por calcita (Foto N°3).

Las calizas de la formación Chulec son de color plumizo y de grano fino. Bajo el microscopio, algunas presentan carbonatos anhedrales (calcita) de grano fino y textura en mosaico, en otras carbonatos euhedrales (dolomita). La matriz es calcárea. Mineralogía: carbonatos, opacos (pirita y/o galena) alterándose a limonitas, cuarzo anhedral y sericita. Presenta fósiles: equinoideo y briozoario (Foto N°4 y N°5).

Las lutitas claras de la fm. Chulec presentan, entre sus planos de fisibilidad, cubos de pirita a veces pseudomorfizados por limonitas; mientras que en las lutitas negras de la misma formación la pirita se halla irregularmente diseminada.

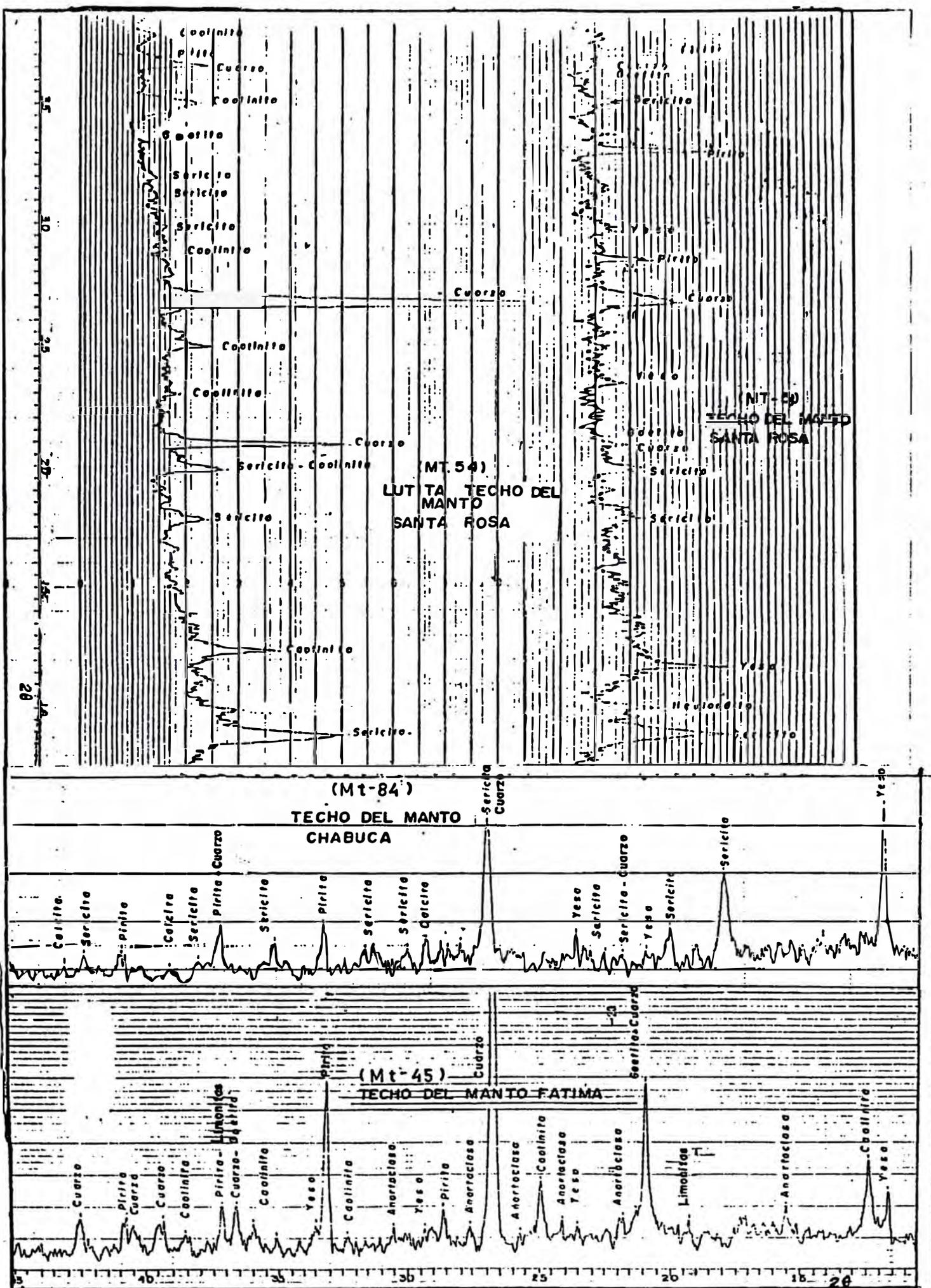


GRAFICO N° 14

DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS SELECCIONADAS DE HORIZONTES TUFACEOS Y LUTITAS DE LA FMS INCA Y CHULEC- "EL DORADO"

Los horizontes tufáceos de la fm. Chulec son de color plumizo, de textura deleznable y de grano medio. El análisis de difracción de rayos-X de la muestra Mt-45 del techo del manto Fátima mostró: pirita, caolinita, cuarzo, limonitas, yeso y feldespatos potásicos (Gráfico N° 14)

Las calizas de la fm. Pariatambo son de color gris y de grano más fino que las de la fm. Chulec. Bajo el microscopio se observa una micrita con algunos granos de cuarzo y presencia de bioturbaciones (BORREDON 1982); los carbonatos de textura granular presentan venillas de material orgánico que bordea a los granos de mayor tamaño. El cementante calcáreo presenta limonitas por la alteración de los opacos.

Se observan secciones hexagonales de magnetita intercrecida con cuarzo (Foto N°6)

Hacia el oeste de la mina aflora una brecha volcánica de 25m<sup>2</sup> aproximadamente, ubicada estratigráficamente en la fm. Chulec, al piso del sill Centinela (ASTORGA 1987)

Otro horizonte brechado se observa entre las lutitas negras (techo del manto Lourdes)(SOTO 1979).

Una brecha similar a la antes mencionada también ocurre al otro lado del cañón del río Hualgayoc (techo del manto M1-Mina Mansita); manto que se correlaciona con el manto Lourdes (Mina El Dorado) (PAREDES 1980)

### 2.3.3.2 ROCAS IGNEAS

En la mina " El Dorado" se pueden reconocer diferentes unidades petrológicas:

**INTRUSIVO DEL CERRO JOSE.-** Ubicado al lado oeste de la mina. Sus cotas varían entre los 3450 msnm a 3850 msnm. Presentan una topografía abrupta.

Este intrusivo se encuentra emplazado cortando las calizas del cretáceo medio a superior y las areniscas del grupo Goyllarisquizga.

Hacia el lado oeste los contactos se encuentran cubiertos por dos grandes depósitos cuaternarios: Quebradas Mesa de Plata y La

Pastora. Hacia el lado este se ubica la Qda. Honda, cuyo alineamiento corresponde a una falla de rumbo N20°W y que cruza al otro lado del cañón del río Hualgayoc (fotointerpretación). A partir de la Qda. Honda se extiende los cuatro sills que afloran en la pared derecha y los dos en la izquierda del cañón. Al borde SE del Co. José hay un filón mineralizado de Pb-Zn-Ag limitándolo con las series sedimentarias (BORREDON 1982). El intrusivo en mención se clasifica como: Cuarzo-Diorita (ASTORGA 1987) y como pórfido cuarzo-latita a cuarzo-latitandesita (CANCHAYA et al. 1990) El Co. José presenta aureolas de alteración hidrotermal: propilítica y sericítica y una zona de metasomatismo de contacto (Gráfico N°16)

Esta última se presenta cerca al contacto del intrusivo del stock qda. Honda y los sills: Mercedes, Centinela-California; alterando a las calizas de la fm. Chulec en un área de 200 m (BORREDON 1982)

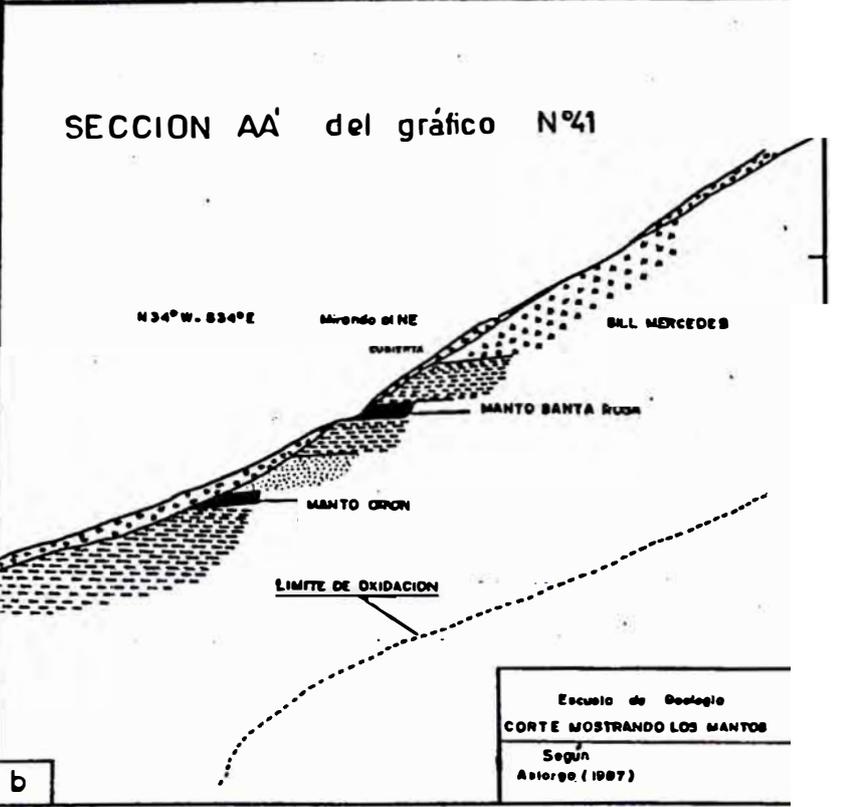
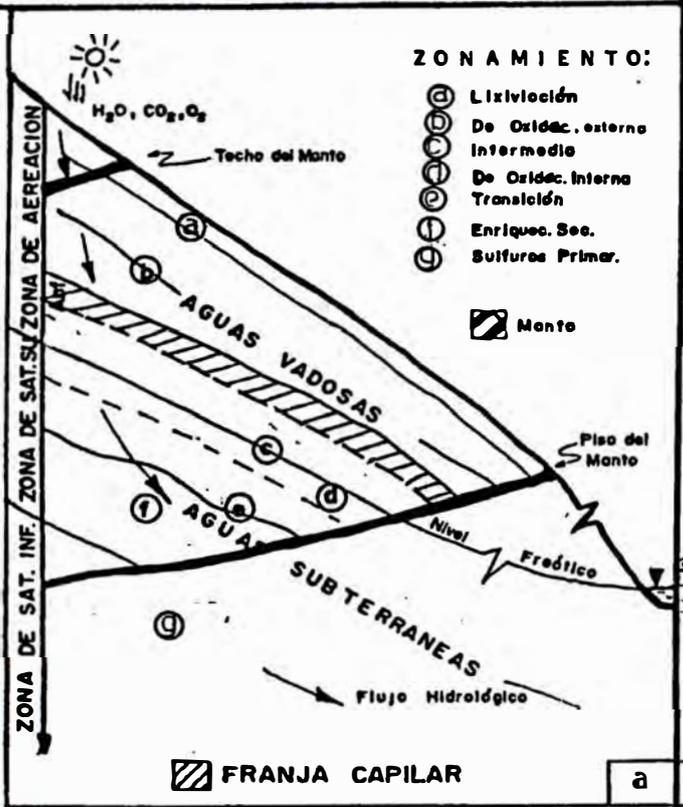
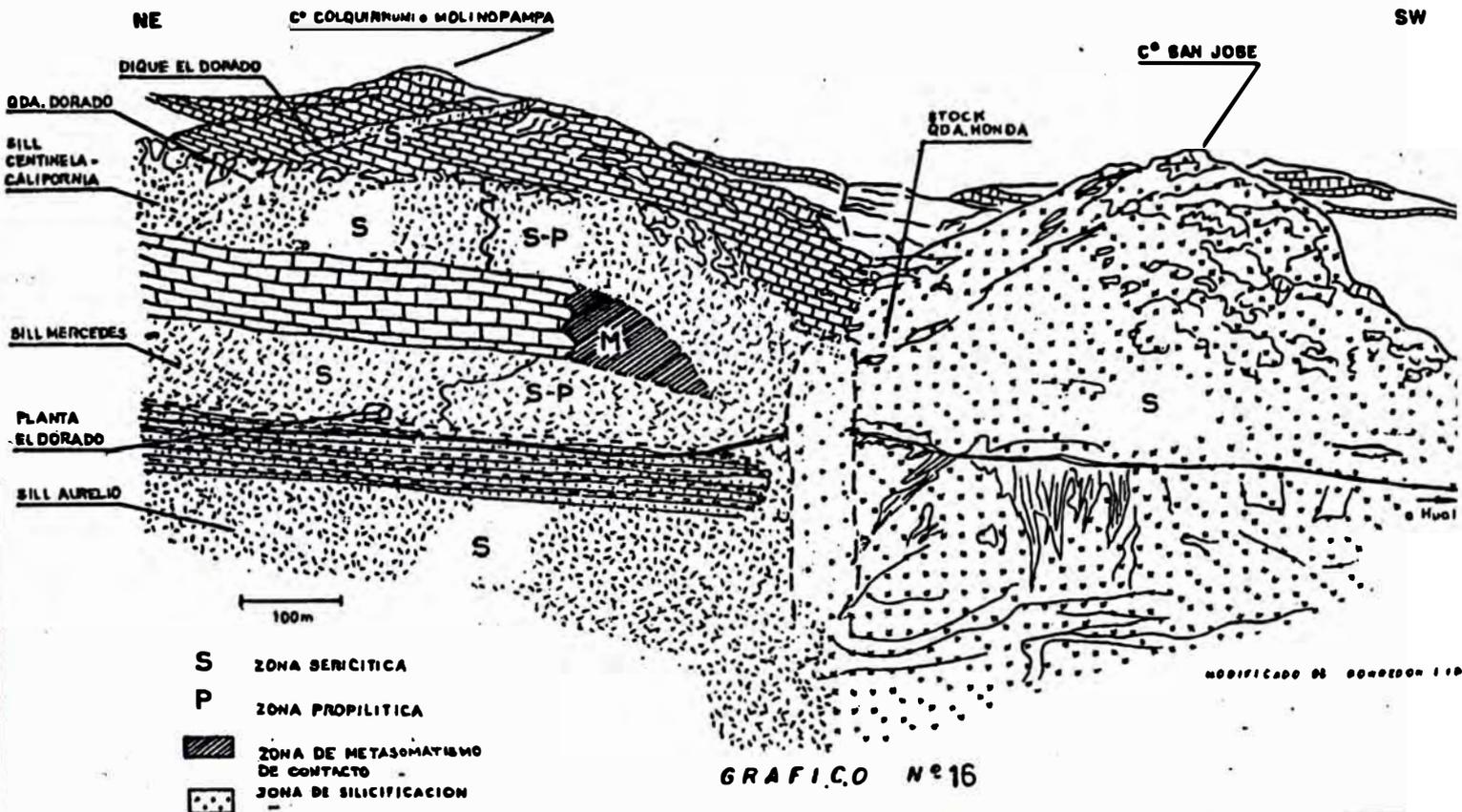
La alteración sericítica la presenta el mismo cuerpo ígneo, el dique El Dorado y los sills Aurelio y Mercedes, mientras que la aureola propilítica bordea a la zona metasomática alterando a los sills Centinela-California y en menor intensidad al Mercedes.

STOCK QUEBRADA HONDA.-Corresponde a la unidad emplazada en la qda. del mismo nombre. Se trata de un pórfido Monzonítico, algo silicificado con fenos de feldespatos (ASTORGA 1987), pudiendo ser una extensión del mismo intrusivo del Co. José (ROSE & CUBA 1979)

DIQUE EL DORADO.-Aflora en la pared superior y sur de la mina. Presenta un rumbo N60°E (ASTORGA 1987) y una potencia de 15 a 50 metros. Se le puede reconocer por su relieve positivo, como un gran crestón que corta a la secuencia sedimentaria (Gráfico N°10) presentando alteración propilítica y una fuerte alteración argílica de los feldespatos potásicos, ASTORGA (1987) lo clasifica como : Pórfido Diorítico, pudiendo ser una digitación del intrusivo del Co. José.

El estudio microscópico nos muestra:

ESQUEMA GENERAL DE ZONAS DE ALTERACION HIDROTHERMAL - MINA "EL DORADO"



ZONAMIENTO DE LA ZONA SUPERGENA: a)- LIMITE DE OXIDACION DE LOS MANTOS b)- EN LA MINA "EL DORADO" GRAFICO 17

Plagioclasas: en fenos y en la matriz; de formas subhedrales.

Feldespatos: en fenos, de formas subhedrales. Generalmente se observa sus moldes con abundante sericita.

Cuarzo: en la matriz, de formas anhedrales.

Como minerales accesorios: epidota alterándose a cloritas, apatito y pirita alterándose a limonitas.

SILLS.- Cuerpos tabulares intruidos concordantemente en los estratos, se les reconoce en el campo por su considerable potencia y ausencia de vegetación (Gráficos N°10 y N°11)

Están ubicados al lado oeste y sur de la mina ; continúan en la pared norte del cañón del río Hualgayoc.

Los sills se hallan en contacto con el stock de qda. Honda, con una silicificación importante (BORREDON 1982)(Gráfico N°16).

Estos cuerpos de rumbo NE atraviezan en parte la secuencia sedimentaria y se les puede seguir hasta por 2km a lo largo de su longitud; en algunos tramos digiere a la roca de caja con asimilación de pirita (PAREDES 1980)

Los sills presentan textura porfirítica que en las zonas de contacto cambia a afanítica. Su datación geocronológica por el método de K/Ar revela una edad de  $10.5 \pm 0.5$  ma (BORREDON 1982)

Se reconocen hasta cuatro sills que afloran en la pared sur del río Hualgayoc (Gráfico N°10 y N°11):

SILL AURELIO.-Situado en la formación Farrat.

Destaca a ambos lados del cañón del río Hualgayoc, no apreciándose el piso del sill.

Presenta una fuerte alteración argílica acompañada de una oxidación. Su intensa alteración dificultó su estudio bajo el microscopio. Mineralogía: plagioclasas, cuarzo, feldespatos, sericita y limonitas.

Tentativamente clasificada como: Dacita porfirítica.

En la zona oxidada alcanza valores de oro de 0.02 ppm.

SILL MERCEDES.-Situado en la formación Inca.

Identificado en el campo por su relieve abrupto y ausencia de vegetación .

Estratigráficamente ubicado a 60 metros sobre el sill Aurelio. De textura porfirítica, presenta alteración argílica y propilítica y una oxidación, se observa moldes cúbicos (probablemente de pirita) rellenos por limonitas terrosas color ocre (Foto N°7)

Bajo el microscopio se estudiaron varias secciones delgadas, tanto de superficie como de interior mina, observándose:

Plagioclasas: forman los fenos más abundantes, menor cantidad en la matriz. Generalmente se hallan macladas. De formas subhedrales encontrándose a veces sólo sus moldes; se hallan alteradas a sericita, arcillas y carbonatos.

Cuarzo: De forma anhedral conformando algunos fenos; presenta bordes de resorción y también se presenta en esferolitos (PAREDES 1980).

Feldespatos: constituyendo también la matriz, de formas subhedrales Alterados a sericita. Como opacos: pirita, calcopirita y ferromagnesianos de anfíboles. Los minerales secundarios: limonitas a partir de los opacos y sericita de los feldespatos y plagioclasas y las cloritas a partir de la epidota. Clasificada como pórfido cuarzo-latita (CANCHAYA et al. 1990). En la zona de oxidación presenta valores de oro de 0.02 ppm.

SILL CENTINELA.- Situado en la formación Chulec. Estratigráficamente ubicado a 100m sobre el sill Mercedes. De textura porfirítica, con alteración argílica y propilítica (Foto N°8). Bajo el microscopio se observa:

Plagioclasas: al igual que el cuarzo en la matriz, de formas subhedrales y alterándose a arcillas.

Cuarzo: conformando la matriz y en algunos fenos. De formas anhedrales.

Feldespatos: de formas subhedrales como fenos. Alterados a sericita.

Como accesorios: opacos (pirita), biotita, epidota en abundantes agregados granulares y anfíboles.

Minerales secundarios: limonitas a expensas de la pirita, cloritas por la alteración de la biotita y anfíboles. Clasificada como: Pórfico cuarzo-latita (CANCHAYA et al. 1990). Con valores de oro de 0.04 ppm en la zona oxidada.

SILL CALIFORNIA.-Estratigráficamente más alto de los cuatro sills. Ubicado al tope de la fm. Chulec y a 50 metros encima del sill Centinela. De potencia variable. Presenta alteración argílica y oxidación, apreciándose moldes cúbicos de pirita rellenos por limonitas terrosas y venillas de cuarzo crustificado.

Una muestra del techo del sill presenta color verdoso con impregnaciones de limonitas y venillas de pirita.

Bajo el microscopio se observa:

Plagioclasas: constituyendo los fenos más abundantes y algo en la matriz. De formas subhedrales y euhedrales. Alterados a carbonatos y sericita.

Feldespatos: fenos de formas subhedrales, alterándose a sericita.

Cuarzo: en matriz y fenos en forma anhedral.

Como minerales secundarios: limonitas a expensas de la pirita. Minerales accesorios: anfíboles alterándose a cloritas y hematita.

Clasificada como: Pórfido cuarzo-latita a cuarzo-latiandesita.

A los sills Centinela y California se les ubica en la parte alta de la mina conformando un solo cuerpo (Nv. 468.cort.37-mina" El Dorado")(Gráficos N°10 y N°11). A la altura del Co. José estos sills se digitan hacia el lado este con potencias que van desde los 25 hasta los 70 metros. El contacto superior del sill Centinela cerca al nivel Nva.California presenta remanentes de roca calcárea no digeridas (ERICKSEN et al. 1956).

## ROCAS VOLCANICAS

Las rocas volcánicas que se presentan en la zona son de edad Terciaria, así tenemos:

**COLADAS DE LAVA:** que afloran al lado este de la mina, en un área de 100m<sup>2</sup>, ubicadas estratigráficamente en los calcáreos de la formación Chulec, sobre el sill Centinela (ASTORGA 1987).

Al otro lado del cañón del río Hualgayoc, en la mina Santa Martha, afloran coladas de 50 metros de potencia y 75 metros de extensión, cuyo contacto con el sill Intermedio o Centinela es una falla normal (VALDIVIA 1987). También se observa este tipo de roca en la mina Mansita, en una extensión de 200m<sup>2</sup>, ubicados estratigráficamente sobre el sill Mercedes.

Hacia el lado este de la mina "El Dorado" se encuentra el afloramiento de una roca de color gris verdoso y de textura porfirítica; dispuesta a manera de lava, presentando una zona de alteración de color amarillo; BORREDON (1982) la clasificó como: Riodacita fluidal; análoga a la del Domo Hualgayoc.

### 2.3.3.3 OTROS TIPOS DE ROCA

Los metasedimentos son locales en la mina.

Existe una zona de metasomatismo a 150 metros del contacto con el intrusivo del Co. José (Gráfico N°16). Está representada por una aureola de 100 a 200 metros de largo en las rocas calcáreas de la formación Chulec. La silicatación de los paquetes laminares calcáreos se pueden reconocer claramente en el socavón California-mina El Dorado (ROSE & CUBA 1979):

La aureola de metasomatismo presenta dos áreas: una de color claro con calcita recristalizada y otra de color verde por la presencia de epidota (hasta de 2 cm de arista), piritita y granates (grosularia) (BORREDON 1982)

Según DUNIN (1974) la aureola de metasomatismo es anterior a la intrusión de los sills y fue engendrada por el emplazamiento del stock del C° José con máxima alteración hidrotermal de cuarzo-sericita-piritita y disseminaciones de galena; mientras que PAREDES

(1980) sostiene que el metasomatismo asociado al C° José fue posterior al emplazamiento de los sills. Este mismo autor da cuenta de algunos indicios de skarnización en la mina.

La zona propilitizada cerca a los sills, se reconoce por la presencia de minerales como : grosularia, idocrasa, epidota, calcita, prehnita y pirita (BORREDON 1982); donde la alteración a cloritas a expensas de los anfíboles, es común cuando afecta a los mantos con magnetita (conseción Imán); aquí la hematita se forma a expensas de magnetita o mushketovita contorneando a la calcopirita, con esfalerita y pirita (PAREDES 1980)

Una muestra del manto Fátima de ésta zona presenta color verde olivo, con franjas verde oscuro; de textura bandeada y con agregados de pirita euhedral y cristales de calcita (hasta de 0.5 cm )(Foto N°9)

Bajo el microscopio, en sección delgada, se observa granos de carbonatos anhedrales y maclados en textura en mosaico (Foto N°9a).

El cuarzo ocurre en menor cantidad, anhedral a subhedral y alineados con los carbonatos.

La epidota en agregados acompaña a los carbonatos; los opacos (probablemente pirita) se hallan alterados a limonitas; también hay presencia de circón.

Como minerales secundarios: limonitas a expensas de los opacos y cloritas a partir de la epidota.

Estas rocas se pueden clasificar como: metasomatita de epidota-clorita-pirita-calcita.

Hacia el piso se muestra disseminaciones de pirita, la que se halla también en venillas con silicificación.

Presenta microestalactitas de limonitas, las que predominan en los niveles inferiores de la mina.

Bajo el microscopio, en sección delgada, se observa agregados granulares de epidota y relictos de opacos de secciones cúbicas (probablemente pirita y/o galena)

La zona sericítica se reconoce por la alteración que presenta el dique El Dorado, donde la sericita se forma a expensas de los feldespatos. Su aspecto es terroso y de color blanquecino-rosáceo por la oxidación.

Otras unidades petrológicas afectadas por esta alteración son los sills; en especial el Aurelio, aflorante en la pared del río Hualgayoc, intensamente argilizado y de apariencia terrosa; donde se aprecian los moldes de los feldespatos rellenos por sericita e impregnaciones de limonitas. Debido a su fuerte alteración no se hizo el estudio microscópico. En los sills Mercedes y Centinela (lado oeste del socavón Fátima) también se encuentra esta alteración pero en menor intensidad.

## 2.3.4 GEOLOGIA ECONOMICA

### 2.3.4.1 ASPECTOS GENERALES

La mineralización en el distrito minero de Hualgayoc está representada por diferentes tipos de yacimientos, encontrándose en algunos de ellos sobreimposición de eventos de mineralización, CANCHAYA et al.(1990) en base a estudios descriptivos y de campo clasifica a los yacimientos de Hualgayoc en :

A) Discordantes (Cuadro N°1) .- Aquellos cuerpos mineralizados que cortan a la secuencia sedimentaria y son de tres tipos:

a) Vetas de Cu-Pb-Zn-Ag: de mineralogía compleja y con presencia de alteración hidrotermal en la roca encajonante.

b) Cuerpos irregulares de Fe-Cu-As-Ag: ubicados en la zona de contacto entre las calizas y los intrusivos, con fuerte alteración hidrotermal.

c) Cuerpos intracársticos de Pb-Zn-(Ag): ubicados en las calizas y margas del cretáceo, de mineralogía simple. Asociado espacialmente a la superficie de erosión Puna.

B) Concordantes (Cuadro N°2) .- Aquellos cuerpos mineralizados (mantos) que se emplazan concordantemente a los estratos sedimentarios; clasificados en tres tipos:

PRINCIPALES TIPOS DE YACIMIENTOS DISCORDANTES EN HUALGAYOC.

TIPO	ROCA ENCAJONANTE	CARACTERISTICAS PRINCIPALES	MINERALES		EJEMPLOS
			PRINCIPALES	ACCESORIOS	
VEZAS Cu-Pb-Zn-Ag	Rocas intrusivas terciarias.  Sedimentos cretácicos: calcáreos pelíticos y psamíticos.	- 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	Calcopirita pirita galena esfalerita cuarzo berilita calcita cobregrisesa	Sulfosalina de Ag, Pb, Cu, As, y Sb carbonatos covellita limonita Sulfatos de Cu - Fe	San Agustín Murciélego Provedore "A" y "Z" (Bella Unión) Sint velas, Cerro Jesús y San Lorenzo.
CUERPOS IRREGULARES Fe-Cu-As-Ag	Calizas cretácicas Intrusivos terciarios Intrusivo Tante Huatay	- 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.	pirita cuarzo energita	Calcopirita cobregrisesa silvita arcillas sericita	Cleopatra Tree Mosquetero Tree Amigos
CUERPOS INTRA - CARSTICOS Pb-Zn-(Ag)	Calizas y Margas Cretácicas	- Cuerpos tabulares e irregulares - Mineralogía simple - No se observa alteración de la roca de caja - Principales texturas: botroidal, bondada, masiva, dendrítica, terrona, gráfica, brechosa, relleno intersticial e intergranular, etc.	Esfalerita galena carbonatos pirita mercasita	Chert berilita limonita arcillas óxidos de Mn	Cañón Mario Porcía Pozos Ricos

TIPO	ROCA ENCAJONANTE	CARACTERISTICAS PRINCIPALES	MINERALES		EJEMPLOS
			PRINCIPALES	ACCESORIOS	
MANTOS DE ef - gn	Calizas Margas y Lodolitas	- 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 greenopirita mercasita hematita pirrotita calcopirita (rara)	La Argolla Manto 8-W (Bella Unión) Firenze (Pillancones)
MANTOS DE cz -py	Calizas y Margas con Intersecciones de tufos pelíticos y psamíticos.	- Horizontales 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 cobregrisesa calcita energita ceolinita	Manto 10 -W (Bella Unión) Mercedes Morocha Manto 1 (Mansilla)
MANTOS COMPLEJOS	Psamitas, pelitas y margas con tufos interstratificados	- 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: cócratico, hidrotermal.	Alternativamente: pirita cuarzo (incluyendo chert) carbonatos otros sulfuros. Cloritas o sericita	Caolinita calcopirita esfalerita pirrotita greenopirita Sulfosalina de Cu, Ag, Pb, As, y Sb hematita magnetita mercasita berilita	Manto Lourdes Manto Fátima Manto Loja Manto Aradón

PRINCIPALES TIPOS DE MANTOS EN HUALGAYOC

a) Mantos de esfalerita-galena: de mineralogía simple, con presencia de materia orgánica y chert.

b) Mantos de cuarzo-pirita: de mineralogía simple y frecuentemente asociados a capas tufáceas.

c) Mantos complejos: de mineralogía compleja y frecuentemente con signos de remobilización y metamorfismo.

En la mina "El Dorado", ubicada en la zona sur del distrito, la mineralización se manifiesta como:

1) Vetas de zinc-plomo-plata-cobre: controladas estructuralmente por fallas de rumbo N80-90°E (Gráfico N°12). Presentan texturas de crustificación, brechoide y de relleno. De mineralogía: galena, calcopirita, esfalerita color carne, bornita, covelita, pirita, baritina, carbonatos (calcita, rodocrosita) y cuarzo. Las leyes son: zinc (9%), plomo (3.8%), plata (2.5oz/TC) y cobre (1%) (Cuadro N°3)

2) Mantos: son cuerpos mineralizados de formas lenticulares a escala decamétrica y tabulares concordantes a la roca de caja, a escala métrica. La forma lenticular se aprecian en las labores subterráneas, con cambios bruscos de facies laterales, de zonas mineralizadas a estériles (Nv. 468 California -mina "El Dorado") Cuando los mantos son concordantes presentan rumbo N80°E y buzamiento 12-15°SE

La mineralización de los mantos es de tipo polimetálica, con valores de oro y plata, la cual no es constante en todos los cuerpos (Cuadro N°3).

#### 2.3.4.2 ALTERACION SUPERGENA

La posición y variación del nivel freático definen dos zonas: una superior, con CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> libre (zona de Aereación o de las aguas

MANTO	MINERALOGIA			L E Y E S						
	PRIMARIOS	SECUNDARIOS	GANGAS	ZONA PRIMARIA					Z. OXIDACION	
				XZn	XPb	%Cu	Au(oz/TC)	Ag(oz/TC)	Au(oz/TC)	Ag(oz/TC)
AURELIO	ef, gn, cp	LIMs		8.2	2.5	0.9	-	6.07	0.11	0.84
SOCORRO		LIMs		-	-	-	-	-	0.06	0.32
STA. ROSA	ef, cp, py, mc	cc, bar, cal, LIMs	jar	3.8	0.17	1.34	-	-	0.14	1.06
CHABUCA	py	LIMs		-	-	-	-	-	0.175	0.77
STA. BERNARDITA	ef, gn, cp, py, hm	LIMs	cz, rdc, cac	10.7	2.5	0.35	-	0.9	0.08	0.74
LOURDES	ef, gn, cp, CGRs, mg, py, mc	LIMs, hm	CBs	5.5	1.7	1.25	0.08	3.1	0.06	0.16
GUIA	ef, gn, py		CBs	6	1.5	-	-	-	-	-
FATIMA	ef, gn, py	LIMs(goe)	CBs, cz, bar	8.5	5.87	0.59	0.9	-	0.13	1.25
IMAN	gn, ef, py	LIMs	cz	-	-	-	-	-	0.05	0.38
EBE SUPER	mg	LIMs, hm	cz, bar	-	-	0.27	0.18	1.14	0.7	1.5

datos de ASTORGA (1987)  
DESCRIPCION Y DISTRIBUCION DE LEYES EN LOS MANTOS -MINA "EL DORADO"  
(CUADRO No3)

Z	SUB ZONA	TEXTURA	MINERALOGIA			LEYES		
			PRINCIPALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS	Au(ppm)	%As	%Sb
Lixiviada		Cavernosa microestac. (M-7)	cz, py, cp, hm	-	LIMs ocre, marrón, rojizo	0.53	0.0012	0.0005
		Cavernosa, microbotroidal (Mt-56)	cz, py	-	LIMs ocre, marrón, rojizo	1.09	0.0015	0.0025
OXIDACION EXTERNA	De oxidación externa	Cavernosa, Botroidal (Mt-5)	cz, py, ef, hm	ARCs	LIMs ocres,	2	0.028	0.001
		Botroidal (Mt-57)	cz, py, ef	ARCs	LIMs ocres, marrones	2.69	0.105	0.25
OXIDACION INTERNA	De oxidación interna	Intermedia Terrosa, microbotroidal (M-5)	cz, py, cp	ARCs, SETs-Fe	LIMs marrones, ocres	0.67	0.034	0.0006
		Terrosa (Mt-58)	cz, py	jar, hm(esp?)	LIMs ocres, naranja, rojizo	5.67	0.035	0.0015
De transición	De oxidación interna	Botroidal, cavernosa (Mt-55)	cz, py	HOXs-Mn, ARCs	LIMs parduzca	5.12	0.11	0.0095
		Botroidal, coliforme (M-3)	cz, py, mc, cp, hm	ARCs,	LIMs ocres, rojizas, marrón	6.17	0.005	0.0005
De transición	De oxidación interna	Cavernosa, esponjosa microestac. (M-4)	cz, py, cp, gn	HOXs-Mn, ARCs	LIMs ocres, marrón	2.13	0.009	0.0015
		Cavernosa, microbotroidal (Mt-52)	cz, py	-	LIMs ocres	2.07	0.035	0.0008
De enriquecimiento secund.	De enriquecimiento secund.	Bandeada, ritmitica (M-1)	cz, py, ef, cp, gn	ARCs	cv, bn, cc	3.14	0.004	0.0005
Sulfuros primarios	Sulfuros primarios	Bandeada (Mt-53)	cz, py, ef, cp, hm, mc, CGRs, gn	ARCs	-	1.28	0.063	0.0005

NOTA: Los valores de oro fueron obtenidos por Absorción Atómica.  
Los de Arsénico; y Antimonio fueron determinados por espectrografía de emisión, con lectura semicuantitativa.

DESCRIPCION Y DISTRIBUCION DE LEYES (Au-As-Sb) EN EL ZONAMIENTO LATERAL DEL MANTO  
SANTA ROSA-MINA "EL DORADO" (CUADRO N°4)

vadosas) y la inferior saturada con agua (zona de captación de las aguas subterráneas) (Gráfico N°17a).

En la zona de aereación se reconoce una franja exterior (a) o de lixiviación (con raicillas de plantas) y una franja intermedia (c) de variación del nivel freático)(Gráfico N°17a).

Entre la zona de aereación y saturación se halla una franja donde el agua llega por ascensión capilar, denominada franja capilar .

La alteración supérgena en los cuerpos mineralizados, debido a los efectos producidos por las aguas subterráneas descendentes genera: oxidación y enriquecimiento secundario de sulfuros.

La alteración está dada en función de varios factores: clima, variación del nivel freático, erosión, pendiente del terreno, tipo de roca y fracturamiento, entre otros (Ver anexo)

La zona de oxidación de los mantos está representada por una franja de aproximadamente 60m de profundidad, paralela al perfil topográfico, con un zonamiento igualmente paralelo a dicho perfil, en franjas de pendiente contraria al buzamiento de los cuerpos mineralizados (Gráfico N°17b).

Los mantos emplazados en las areniscas y lutitas de la formación Inca en la mina "El Dorado", presentan un notorio desarrollo de este tipo de alteración (caso del manto Santa Rosa), donde la zona de oxidación se halla enriquecida en oro.

El zonamiento lateral que presenta el manto Santa Rosa (de superficie a profundidad) (gráfico N°17a).

En la mina "El Dorado" entre las qdas. Fátima y Dorado, la franja de oxidación disminuye a 15m. para los mantos Santa Rosa, Santa Bernardita y Lourdes; se supo que esta continúa al este (ASTORGA 1987) .

Los mantos emplazados en los calcáreos de las formaciones Chulec y Pariatambo presentan una franja de oxidación más angosta (30m), dado que los calcáreos son menos porosos.

La franja de oxidación sometida a procesos de lixiviación y oxidación, presenta muchas cavidades y texturas como : botroidal, esponjosa, estalactítica y reticular.

Según el modo de depositación de los minerales alterados se tiene:

a) Texturas de disolución: cuando el mineral original se transforma en otro in situ, dejando vacios los espacios ocupados por el mineral original. Ej. cavernosa, porosa, reticular. Típica de limonitas indígenas. (BLANCHARD 1968)

b) Texturas de redeposición: cuando el mineral original al transformarse en uno secundario sufre algún transporte y origina una nueva textura. Ej. botroidal, microestatalítica, de relleno. Típica en las limonitas exóticas. (BLANCHARD 1968)

En general los mantos oxidados presentan una mineralogía de: predominancia de limonitas, sericita, arcillas, sulfatos y carbonatos de fierro, pirita, marcasita y en cantidades menores: hematita, jarosita, óxidos de manganeso y delafosita.

Los mantos oxidados de la mina "El Dorado" no poseen capas de chert como los mantos ubicados en la zona de Las Coloradas y Consulada (zona central del distrito de Hualgayoc).

En el sill Mercedes se diferencia una zona lixiviada con venillas e impregnaciones de limonitas color ocre, de una zona de sulfuros secundarios: calcosita y covelita (ASTORGA 1987) y de la zona de sulfuros primarios: pirita, calcopirita, hematita y esfalerita. ASTORGA(1987) subdivide la zona de alteración en tres franjas: De oxidación, de Transición y de Enriquecimiento Secundario. En el manto Santa Rosa subdivide la franja de oxidación en cuatro subzonas: de lixiviación, de mena oxidada, de mena oxidada-lixiviada y de mena rica en óxidos.

En el presente trabajo se ha modificado la subdivisión de ASTORGA (op. cit) considerando las siguientes zonas y subzonas (Cuadro N°4):

- (1).-de lixiviación
- (2).-de oxidación
  - (a).subzona externa
  - (b).subzona intermedia
  - (c).subzona interna

(3).-de transición

(4).-de enriquecimiento secundario

donde las subzonas externas, intermedia e interna corresponden a las subzonas de ASTORGA (op. cit) de mena oxidada, oxidada-lixi-  
viada y rica en óxidos respectivamente.

Las típicas zonas de lixiviación y transición presentan texturas de disolución, a diferencia de las texturas de redeposición de las subzonas de oxidación interna (Cuadro N°4)(con mayores valores de oro) y la zona de enriquecimiento secundario de textura ritmítica.

#### 2.3.4.3 DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES MANTOS

En la mina "El Dorado" se han reconocido 19 mantos, con valores de Zn-Pb-Ag-(Cu) y enriquecimiento de oro en la zona de oxidación, los cuales se encuentran concordantemente en determinados horizontes dentro del paquete sedimentario de calizas y rocas clásticas que ocurren en la mina asociados a niveles pelíticos que los engloba (BORREDON 1982) . Los mantos son de potencia variable y presentan cambios de facie lateral, pasando a horizontes piritosos de algunos centímetros y con acuñamientos en la roca de caja.

En el Cuadro N°5 se resume las principales características de los mantos oxidados y el Cuadro N°6 las de los mantos primarios (interior mina), teniendo de la base al techo:

1. MANTO AURELIO.-De 2 a 3 m. de potencia. Con mineral oxidado, en matriz arenácea de aspecto sacaroides (ASTORGA 1987)

En los afloramientos se observa que la base del manto está formada por una roca silíceas limonitizada, de textura botroidal, de color amarillo, marrón y presencia de óxidos de manganeso (Foto N°10), en su parte media por limonitas terrosas intercaladas con minerales arcillosos. Hacia el tope la roca presenta textura cavernosa y laminaciones de opacos, mostrando bandeamiento y relleno de cavidades (Foto N°11). Bajo el microscopio, en sección

FM	MANTO	POT (ml)	TEXTURA	M I N E R A L O G I A			L E Y E S			
				PRINCIPALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS	GANGAS	Au(oz/TC)	As	Sb
I N C A	AURELIO Mt-2	2 a 3	Botroidal, cavernosa bandeada	py	Delafosita, HOXs-Mn	LIMs ocre, marrones y violetas.	cz, ARC	0.009	0.038	0.0006
	SOCORRO Mt-3	3	Terrosa, cavernosa	py, hm		LIMs ocre, rojizas y marrones	cz, ARCs	0.013	0.023	0.0007
	ORION Mt-4	1.2	Microestac. cavernosa seudobandeada	py		LIMs guindas y marrones	cz, ARCs			
	STA. ROSA Mt-5	1.3	Botroidal cavernosa	py, hm	HOXs-Mn	LIMs de tonalidades diversas, jar	cz, ARCs	0.058	0.028	0.001
	CHABUCA Mt-7		Cavernosa terrosa	py	HOXs-Mn	LIMs ocre, marrones	cz, ARCs	0.013	0.61	0.0007
	SANTA BERNARDITA Mt-11	2	Cavernosa, seudobandeada	py, hm	HOXs-Mn	LIMs ocre	cz, ARCs	0.009	0.08	0.003
	LOURDES Mt-10	2	Cavernosa, seudobandeada	py	CBs, ep	mc, hm, LIMs rojizas y marrones.	cz, ser ARCs, CLOs	0.019	0.058	0.0007
C A U L E C	INTERMEDIO Mt-58	1.2	Seudobandeada	py, hm	Min. acicular no identif.	CLOs LIMs ocre	cz, ARCs	0.009	0.02	0.0012
	GUIA Mt-12	1.2	Cavernosa	py, hm	HOXs-Mn	LIMs ocre, rojizas y marrones	CBs, cz ARCs	0.009		
	FATIMA Mt-14	10	Botroidal	py, hm, mal	ep MCs, HOXs-Mn	LIMs, SFTs-Fe, CLOs, mal	CBs, cz ser	0.035	0.006	0.0006
	IMAN Mt-44		Cavernosa, botroidal	py, hm	Malaquita	LIMs rojizas y marrones	CBs, cz	0.067	0.0015	0.0009
	KEE Mt-30	10-22	Botroidal cavernosa	py, hm	HOXs-Mn	LIMs ocre y rojizas	CBs, cz	0.08	0.061	0.0015
P A R I Á T A M B	CALIFORNIA Mt-22	1	Cavernosa	py	ep	LIMs rojizas, ocre y marrón	CBs, cz ARCs	0.045	0.0055	0.0009
	DORADO Mt-25	1	Microbotroidal	py, hm	HOXs-Mn	LIMs ocre y marrones	CBs, cz ARCs	0.013	0.059	0.0011
	COLAQUIRUMI Mt-26	1.2	Cavernosa, coloforme	py, hm	Delafosita	LIMs ocre, marrones	CBs, cz ARCs	0.022	0.0048	0.0006
	VOLARE Mt-27	2	Porosa, compacta, terrosa	SULs de ton. azulados py, hm	HOXs-Mn	LIMs marrones, rojizas	CBs, cz ARCs	0.037	0.09	0.0016

DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LEYES (Au-As-Sb) DE LOS MANTOS OXIDADOS MINA "EL DORADO"

NOTA: Los valores de oro fueron obtenidos por Absorción Atómica.

Los de Arsénico y Antimonio fueron determinados por espectrografía de emisión, con lectura semicuantitativa.

(CUADRO No5)

pulida, limonitas en textura coloforme en bandas concéntricas, entre limonitas pulverulentas, amorfas y cristalinas hacia el borde externo del botroide.

Estas bandas de tonalidades verdosas; con el borde exterior de óxido de manganeso (psilomelano?), diseminaciones de hematita fina y pirita subhedral en las limonitas terrosas. Las limonitas se encuentran formando los núcleos de los botroides y la ganga silícea que las bordea está pigmentada por la oxidación de los sulfuros (Gráfico N°18)

Como mineral accesorio: delafosita alterándose a limonitas y presencia de otros óxidos de manganeso de formas lamelares.

Con contenido de oro de 0.32 ppm. en la zona oxidada.

2.MANTO SOCORRO.- De 3 metros de potencia.

Presenta variaciones laterales, lo que hace preveer cambios en la mineralización (ASTORGA 1987).

La base está compuesta de una roca silícea limonitizada de textura cavernosa, de color gris a negro y baja porosidad. Mineralogía: cuarzo, limonitas coloreadas, hematita y minerales arcillosos.

Hacia el tope presenta textura terrosa con limonitas de color ocre a marrón y rojizas.

3.MANTO ORION.- De 1.2 a 2 metros de potencia.

La base del manto es una roca silícea porosa, rellena por limonitas de color guinda y marrón. Presenta textura de redepositación.

En la parte media la textura es menos compacta, con limonitas en microestalactitas (Gráfico N°19a), hacia el tope presenta unseudobandeamiento.

Se reconoce también algunas microestalactitas donde se observan moldes cúbicos de pirita pseudomorfizados por limonitas color ocre (Gráfico N°19b)

Contiene 0.43 ppm de oro en la zona oxidada.

4.MANTO SANTA ROSA.- De 1.3 a 1.5 metros de potencia.

Se le reconoce hasta por una longitud de 1 km, encontrándose intruído por el sill Mercedes suprayacente, que ha digerido parte de la secuencia sedimentaria (ASTORGA 1987)

El estudio mineragráfico nos indica la presencia de calcopirita, bornita, digenita, idaíta (SOTO 1979), y pirita, galena, esfalerita, covelita (ASTORGA 1987)

El contenido promedio de oro en la zona oxidada de este manto es de 0.058 oz/TC (Cuadro N°4).

En este manto se ha estudiado con más detalle el zonamiento dentro de la franja de oxidación la que profundiza 60 metros desde la superficie actual.(Gráfico N°17a)

El zonamiento en el manto Santa Rosa se da en:

a) Zona de Lixiviación: de color gris, preferencialmente texturas porosas y ocasionalmente botroidal; donde las cavidades se hallan rellenas por limonitas terrosas ocre y marrones (Gráfico N°20). En otros casos se observa una roca silicificada de textura cavernosa con buena porosidad y cuarzo masivo con impregnaciones de limonitas terrosas color ocre y marrón y hematita Se observa moldes cúbicos de pirita rellenos por limonitas de color ocre; las rojizas se circunscriben al centro, probablemente a expensas de la calcopirita. Los botroides de limonitas llegan hasta los 5 cm de diámetro. Con valores en promedio de 0.8ppm

b) Zona de Oxidación

. Subzona externa: con limonitas marrones de textura botroidal acompañadas con limonitas terrosa de color ocre. Contiene cuarzo, hematita y minerales arcillosos. Con valores de oro en promedio de 2.34 ppm.

. Subzona intermedia: con limonitas marrones, terrosas, microbotroidales, embebidas por limonitas de color ocre, granos de cuarzo anhedral, cubos de pirita, minerales arcillosos y minerales tabulares (probablemente sulfatos) dentro de algunas cavidades. Con valores en promedio de 0.67ppm.

. Subzona interna: predominan los botroides de limonitas de color rojizo-marrón, con sus núcleos rellenos por limonitas de color marrón a ocre. Otros minerales observados : cuarzo, minerales arcillosos e hidróxidos de manganeso.

Hacia el piso las venillas de mineral oxidado de fierro se alteran a limonitas y se impregnan en la armazón silícea originando texturas coloformes, donde las limonitas terrosas rellenan las cavidades. Mineralogía: cuarzo, limonitas rojizas y marrones, pirita y minerales arcillosos (Gráfico N°21 y Foto N°12).

Otra muestra de esta zona, con limonitas de color ocre a marrón, presentan aspecto terroso en matriz silícea con porosidad muy baja, donde algunos poros contienen limonitas de color naranja; las de color ocre se hallan en venillas (Gráfico N°22) y presencia de un mineral gris tabular (probablemente specularita). Con valores de oro en promedio de 5.67ppm.

c) Zona de Transición.- Las muestras de esta zona son de color amarillo oscuro a ocre, predomina la textura cavernosa y esponjosa con algunos microbotroides. Mineralogía: armazón silícea de cuarzo con hidróxidos de manganeso y limonitas terrosas ocre que rellenan los botroides de limonitas marrones masivas (Foto N°13). Con valores de oro en promedio de 2.1ppm.

d) Zona de Enriquecimiento Secundario: las muestras aquí son algo deleznales, de color gris-verdoso, de textura bandeada y rítmica, con sulfuros de grano fino (calcosita, covelita, bornita) dispuestos paralelamente con minerales arcillosos (Foto N°4). Se observan pequeños granos de cuarzo que rellenan los poros y moldes cúbicos de pirita. Con valores de oro en promedio de 3.14ppm.

e) Zona de Sulfuros Primarios: de color gris, donde los sulfuros y a veces la magnetita en agregados subparalelos, se encuentran intercrecidos con cuarzo y hematita terrosa. En otras áreas la zona de sulfuros primarios es de color gris verdoso de textura bandeada y áreas blanquecinas a grisáceas; de grano fino y compacta, con cavidades donde pequeños cristales de cuarzo

acompañan a hematita. Entre los sulfuros se reconoce a la pirita y calcopirita. Con valores de oro en promedio de 1.28ppm.

Este manto presenta dos cuerpos irregulares de forma elipsoidal (Nv.331-mina El Dorado), denominado por ASTORGA (1987) Núcleo Residual Acumulado (NRA)

Estos cuerpos aproximadamente de 8 a 12 metros de longitud, presentan una matriz cuarzo pelítica, con minerales arcillosos y sulfuros, donde horizontes lutáceos oscuros envuelven al cuerpo; que se presenta en forma discordante a la estratificación del mismo manto. La zona de contacto entre el cuerpo irregular y el manto es de textura deleznable con minerales arcillosos de tonos crema-amarillento a grisáceo.

En general, en el manto Santa Rosa, la ley más alta de oro se ubica en la subzona oxidada interior. Las reservas de este manto (el más bondadoso económicamente, según ASTORGA 1987) están en 100,000TM (hasta 1988), con un potencial de 4'300,000 TM y con una ley promedio de oro de 4.7 gr/TC.

**5.MANTO CHABUCA:** De 2 metros de potencia. Es un horizonte piritizado sobre el sill Mercedes y a veces separado de este por una capa arenácea de 1m; al techo contiene lutitas (ASTORGA 1987).

Una muestra de superficie de color amarillo-marrón presenta textura esponjosa, porosa; donde la armazón es silícea y las cavidades están rellenas por limonitas terrosas color ocre. Mineralogía: cuarzo, pirita, limonitas, hidróxidos de manganeso, con valores de oro de 0.43 ppm. Entre los mantos Chabuca y Sta. Bernardita hay 4 mantos piritizados no aflorantes sin importancia económica.

**6.MANTO SANTA BERNARDITA:** De 2 metros de potencia. Explotado por sulfuros primarios. Se extiende hasta por 300 metros.

En superficie es de color amarillo oscuro a naranja, presenta armazón silícea, porosa con un pseudobandeamiento por la disposición subparalela de cavidades, probablemente moldes cúbicos de pirita rellenas con limonitas terrosas color ocre. Mineralogía: cuarzo, pirita, limonitas, arcillas. Con valores de oro de 0.3 ppm.

Una muestra obtenida en la mina Morocha presenta figuras de tixotropía con venillas de pirita y galena y de textura bandeada y compacta.

7.MANTO LOURDES: De 2.5 metros de potencia.

Constituye el paso de la formación Inca a la calcárea Chulec.

En superficie, este manto presenta buena porosidad con textura microbotroidal donde la armazón es hematita tapizada con otra terrosa, que envuelve a las limonitas de color ocre. Algunos poros contienen minerales arcillosos de color crema; se describe el manto del techo al piso:

El techo del manto está formado por un horizonte lutáceo el cual cambia de facie hacia el este (Gráfico N°23).

El cambio lateral lo constituyen horizontes con nódulos de sedimentos pelíticos con presencia de cuarzo, arcillas, carbonatos, sulfuros (pirita y esfalerita rubia dispuesta en espiral por reemplazamiento de fósiles); estos espirales, llegan hasta los 20 cm de diámetro (ERICKSEN et al.1956)

Bajo el microscopio, en sección delgada, se observan moldes de fósiles equinodermos o gasterópodos (Gráfico N°24) de esfalerita rubia a marrón y carbonatos, otro fósil cefalópodo o bivalvo (Foto N°16) con sulfuros (marcasita, pirita y esfalerita); la matriz consiste de cuarzo-sericita, con arcillas nodulares, carbonatos, circón y apatito. Los opacos bordean a los carbonatos (Gráfico N°26a,b), diseminaciones de pirita en esfalerita, galena (probablemente argentífera) intersticial en pirita, calcopirita intercrecida con cobregrises (Gráfico N°25).

Entre los nódulos hay un horizonte arcilloso con sulfuros (esfalerita, pirita) y carbonatos; la esfalerita marrón ocurre en forma de bandas con minerales arcillosos. Bajo el microscopio, en sección pulida, se observa la pirita bordeada por circón a manera de rosario, esfalerita marrón intercrecida, calcopirita como exsolución en esfalerita, (formada entre 350-400°C, BUERGER 1934)(Gráfico N°27), cobregrises intercrecidos con calcopirita, y diseminados en galena, también marcasita.

Siguiendo hacia abajo el perfil del manto (Gráfico N°23) se halla nódulos botroidales de limonitas, pirita. En una muestra se ob-

G24: Muestra Mt-37  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado".  
Nódulo al techo del manto.  
Secc. delg. 6.3Xs.  
Carbonatos y esfalerita reemplazando  
fósiles en matriz cuarzo-sericítica.

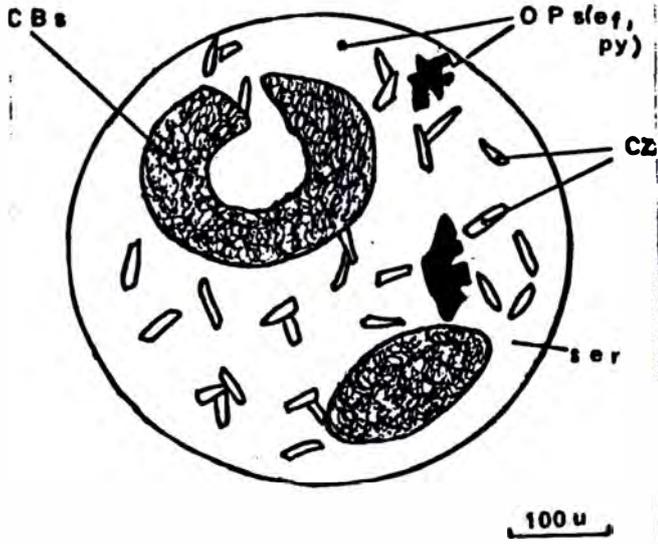
G25: Muestra Mt-87  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado".  
Nódulo al techo del manto.  
Secc. pulida 50//s.  
Calcopirita y cobregrises (a veces en  
intercrecimiento simple:la).

G26a: Muestra Mt-39  
Manto Lourdes-Mina "El Dorado".  
Secc. delg. 6.3//s.  
Esfalerita rubia en matriz cuarzo-  
carbonática con arcillas nodulares.

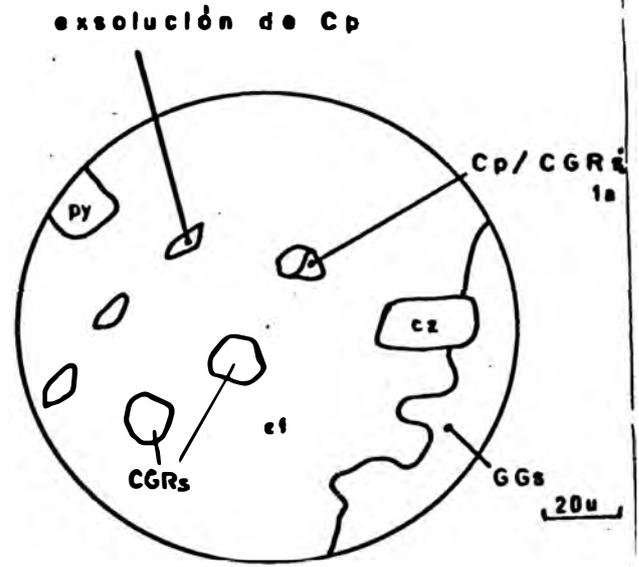
G26b: Muestra M-9  
Manto Lourdes. Mina "El Dorado".  
Secc. delg. 6.3Xs.  
Nódulo de pirita y marcasita con arcillas  
nodulares en matriz cuarzo-carbonática.

G27: Muestra Mt-36  
Manto Lourdes. Mina "El Dorado".  
Secc. pulida 25//s (a) y 50//s (b).  
Intercrecimiento de sulfuros y gangas  
(agrupamiento de granos de circón  
bordeando a la pirita).

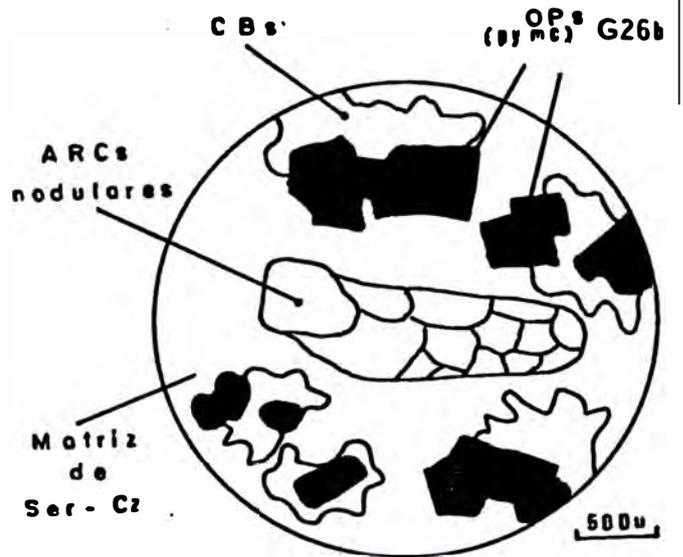
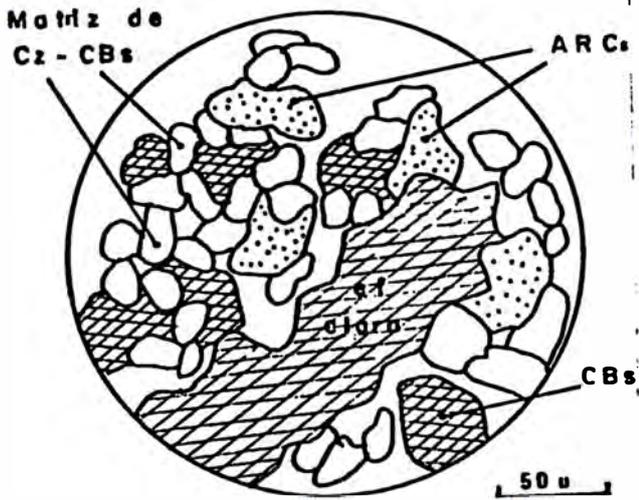
G24



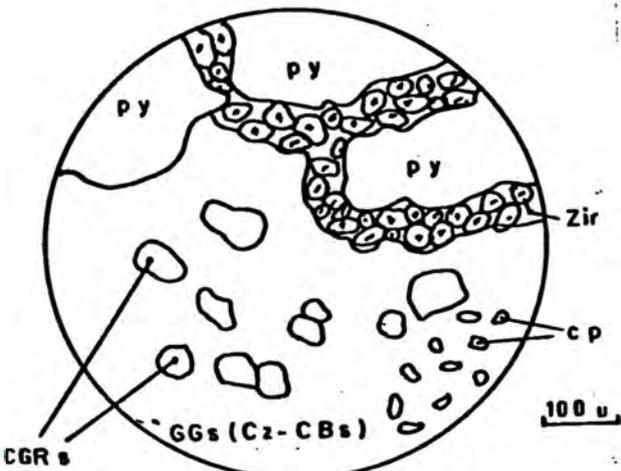
G25



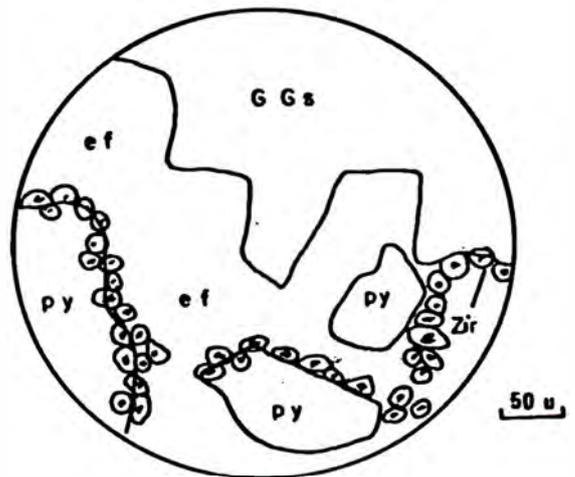
G26a



G27b



G27a



serva textura en escarapela que compromete principalmente a los sulfuros.

Bajo el microscopio, en sección pulida, se observa un agregado de cuarzo con diseminaciones de pirita fina e intersticial marcasita y calcopirita; estas últimas con macla "hoja de laurel". Se observa cierto alineamiento entre las gangas y la calcopirita; también calcopirita en venillas dentro de la esfalerita, estrellas de exsolución de esfalerita en calcopirita (formadas a 550°C, BORCHERT 1934) (Foto N°17); con valores de oro de 0.65 ppm .

Le sigue un horizonte piritoso con calcopirita euhedral en pirita, marcasita euhedral y cobregrises en calcopirita. Otro horizonte cuarzo-sericita-pirita con esfalerita y galena bandeadas en matriz pelítica, presentando rasgos de tixotropía (Foto N°18), con carbonatos y arcillas aglomeradas intercrecidas con esfalerita rubia (Foto N°19)

Un horizonte de la zona de sulfuros (muestra Mt-48) con bandas de color guinda; con cuarzo, hematita, arcillas y hacia el piso alteración propilítica con algunos granos subhedrales de carbonatos.

Bajo el microscopio, en sección delgada, la matriz de cuarzo con agregados granulares de epidota, alterándose a cloritas (probablemente chamoisita) (Foto N°21). Otro accesorio son: hematita radiada alterándose a limonitas, pirita y carbonatos intersticiales en cuarzo. Como minerales secundarios: cloritas, limonitas y sericita.

En una muestra de este manto DE MONTREUIL (1986) observó inclusiones de oro en calcopirita (en tamaños entre 0.5-50u) y pirita (entre 0.5-15u). Una muestra de este manto presenta color amarillo latón por la abundancia de pirita cúbica diseminada. También se observa minerales arcillosos en microvenillas.

Presenta una zona central con hematita masiva. Mineralogía: cuarzo, limonitas, arcillas y hematita. Contiene valores de oro de 0.3 ppm en la zona oxidada.

9.MANTO GUIA: De 1.2 metros de potencia. Es una caliza limonitizada algo oxidada. Con esfalerita, galena y diseminaciones de pirita (ASTORGA 1987).Una muestra de superficie

de grano fino y color rosáceo con textura bandeada consiste de limonitas y arcillas; otras muestras presentan textura cavernosa. Mineralogía: cuarzo, limonitas color ocre, rojizas, marrones, arcillas y hematita; con valores de oro de 0.32 ppm. en la zona oxidada. En un corte estratigráfico realizado en una trinchera (Gráfico N°28) se tiene:

Techo: botroides de limonitas con hidróxidos de manganeso, en matriz terrosa que va gradando a otra roca de textura coloriforme rellena con limonitas terrosas color ocre.

Parte media: horizonte terroso, compuesto de limonitas ocre y marrones.

Piso: horizonte limonitizado con cuarzo anhedral y pirita alterándose a limonitas ocre y rojiza.

10.MANTO FATIMA: De aproximadamente 10 metros de potencia.

Este manto se acuña hacia los niveles inferiores, controlado por el anticlinal Los Negros o Molinopampa .Se ubica a partir del contacto con el stock de qda. Honda, pasando luego a una caliza fresca.

Tiene esfalerita, galena, cuarzo, pirita y baritina, en una matriz de caliza caolinizada y limonitas (goethita)(ASTORGA 1987).

Una muestra de la zona de oxidación presenta color negruzco con limonitas rojizas, ocre y pardo. Mineralogía: hematita, carbonatos, magnetita, pirita euhedral a subhedral, concentrada en bandas y limonitas, arcillas y cuarzo. En superficie se observa texturas de redeposición y con botroides marrones de hematita. Presenta silicificación , por la cercanía a un cuerpo ígneo; con valores de oro de 1.2 ppm en la zona oxidada..

Este manto presenta un núcleo de forma elipsoidal, similar a los que presenta el manto Santa Rosa; estos cuerpos de dimensiones de 2 a 8 metros presenta color amarillento con tonos verdosos es de grano fino, presentan textura terrosa y fisible; sus valores de oro alcanzan 2.3 ppm.

Estudios de difracción de rayos-X del núcleo elipsoidal (Gráfico N°29) mostró: melanterita, hidróxidos de fierro, Reconocido en el nivel Carmen. Controlado por la veta Paccha. En superficie es un horizonte de calizas limonitizado (ASTORGA 1987)

12. MANTO SUPERIOR :Reconocido en el nivel Carmen.

Contiene esfalerita, galena masiva con pirita, cuarzo y carbonatos (ASTORGA 1987)

13. MANTO IMAN: De 1.35 metros de potencia.

Ubicado sobre el sill Centinela o sobre un paquete de lutitas. No se aprecia en interior mina.

Su oxidación es de 4 metros de espesor. Contiene galena, esfalerita, pirita diseminada y cuarzo. La zona oxidada presenta caliza limonitizada (ASTORGA 1987)

Debajo de un paquete de lutita de 30 cm de espesor el manto presenta color amarillo ocre, de textura terrosa y cavernosa, en armazón silícea.

Mineralogía: limonitas, cuarzo, hematita, arcillas y jarosita? Clasificada como: roca silicificada limonitizada.

14. MANTO EBE : De 10 a 22 metros de potencia.

Este manto subyace al sill California.

Cerca al stock de Qda.Honda se halla sobre el sill Centinela contiene limonitas, cuarzo, baritina (parece ser un remanente sedimentario posteriormente mineralizado, ASTORGA 1987). Se halla cortado por la veta Martha.En superficie este manto oxidado presenta textura coloforme, la armazón silícea está compuesta de cuarzo y hematita con limonitas rojizas e impregnadas con las de color ocre, también contiene arcillas. Con valores de oro de 2.8 ppm de oro.

En una trinchera se levantó una sección de dicho manto (Gráfico N°30):

Tope:horizonte de limonitas terrosas, las que ocurren rellenando poros en limonitas compactas, donde los moldes cúbicos

45  
40  
35  
30  
25  
20  
15  
10  
20

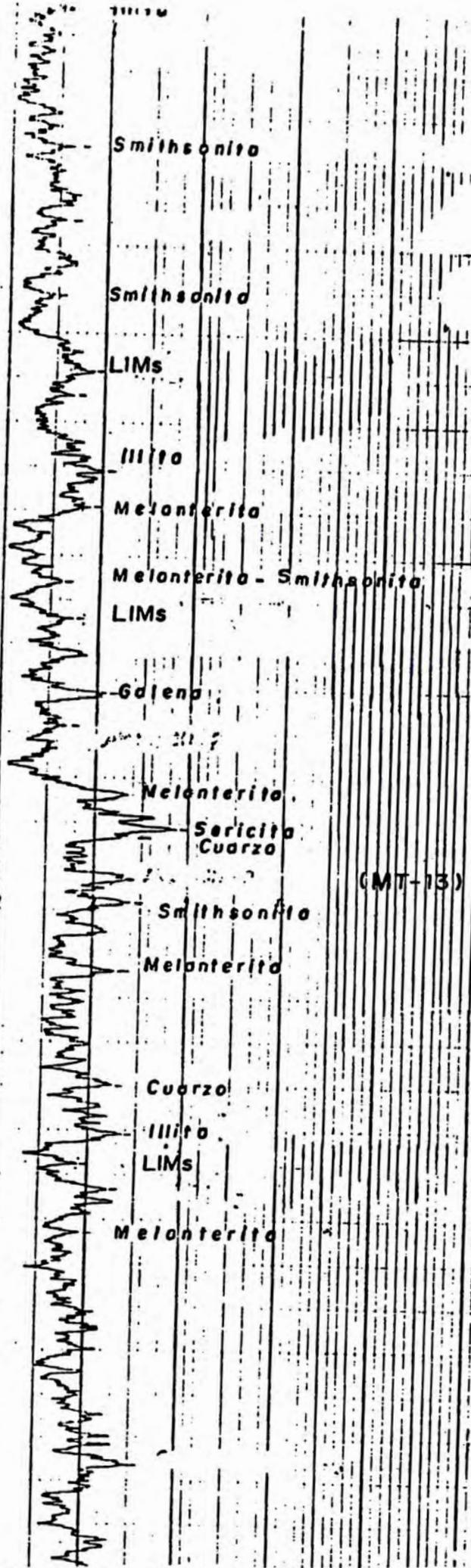
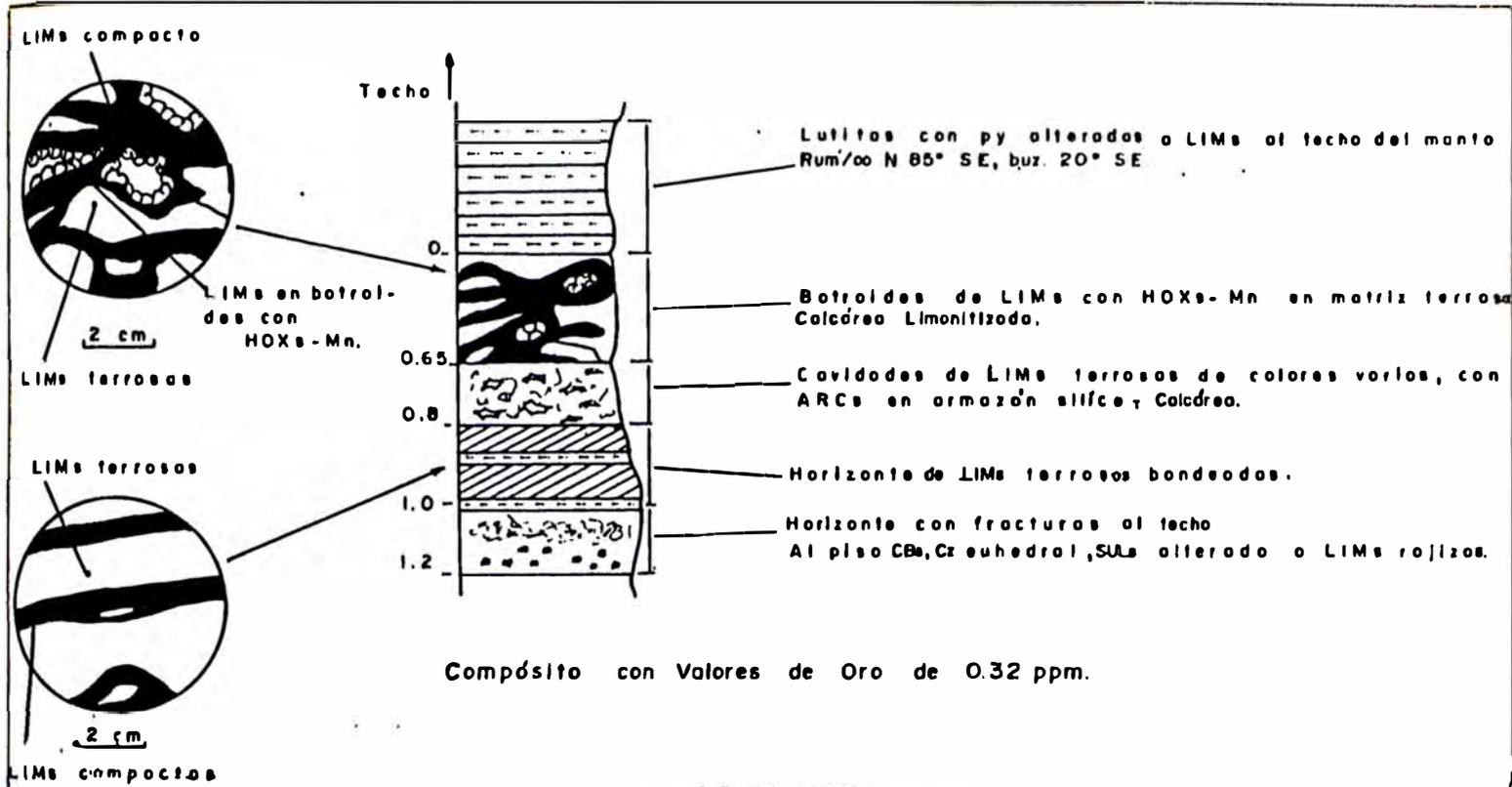


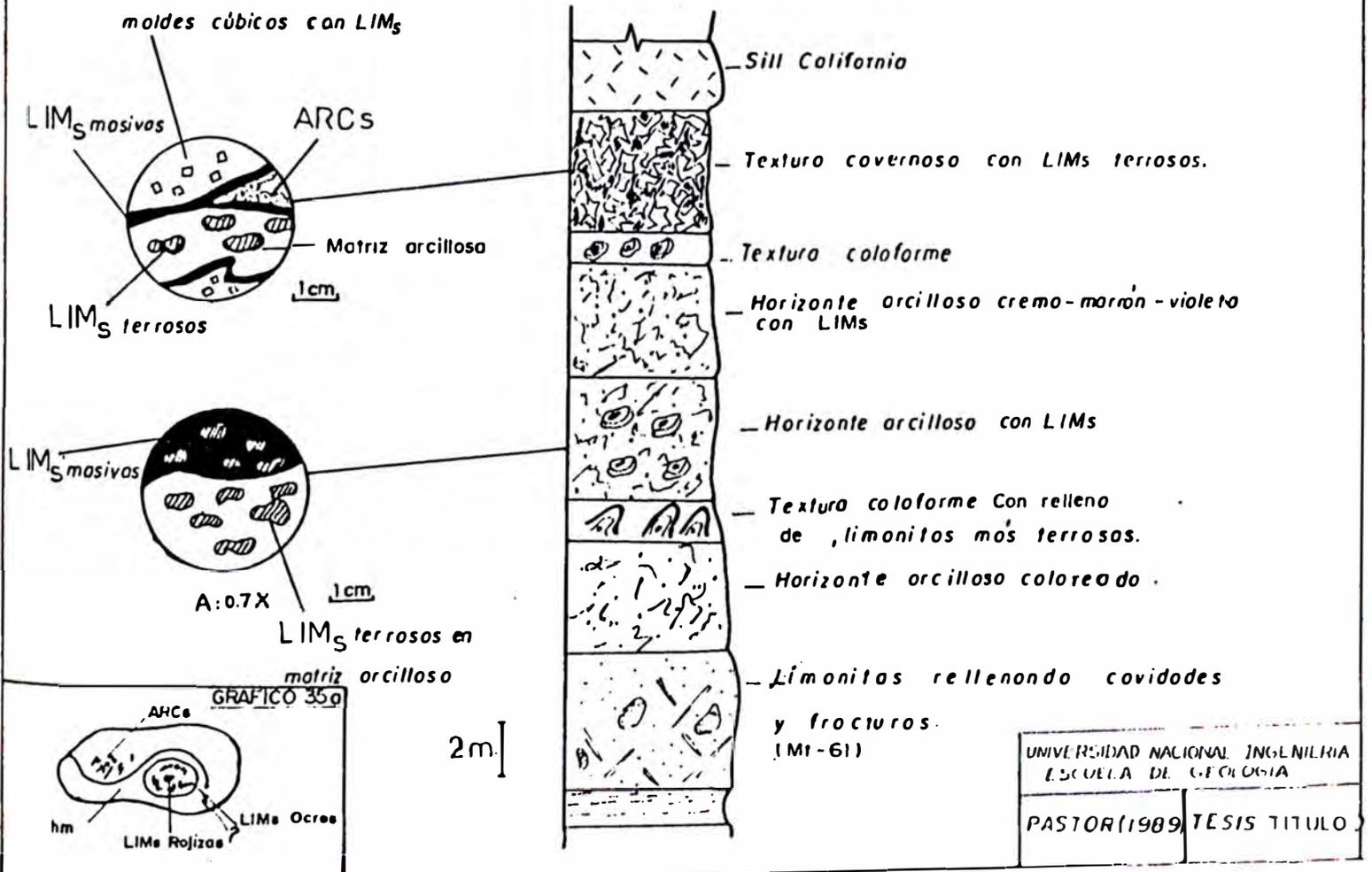
GRAFICO N° 29

MUESTRA MT-13 DIFRACTOGRAMA DEL NUCLEO ELIPSOIDAL DEL MANTO FATIMA MINA "EL DORADO"

MANTO GUIA  
(CORTE ESTRATIGRAFICO LEVANTADO EN TRINCHERA)



GRAF. N° 28  
**MANTO EBE (SECC. A PARTIR DE TRINCHERA)**



UNIVERSIDAD NACIONAL INGENIERIA ESUELA DE GEOLOGIA	
PASTOR (1989)	TESIS TITULO

GRAFICO N° 30

(probablemente de pirita) se hallan a su vez rellenos con limonitas terrosas rojizas y arcillas.

Le sigue un paquete de limonitas compactas color marrón rojizo de textura botroidal con alto peso específico (probablemente relictos de magnetita).

Parte central: paquete arcilloso coloreado con la presencia de limonitas en textura coloforme de armazón silícea y limonitas terrosas.

Piso: compuesto de cavidades y fracturas rellenas con limonitas terrosas con un mineral de brillo graso en forma de hojuelas (probablemente hematita)

15. MANTO CALIFORNIA: De 1 metro de potencia.

Es un horizonte ferruginoso. Al tope sobreyace a lutitas y areniscas (ASTORGA 1987) Al piso del manto hay epidota y magnetita (comm pers. ASTORGA 1987). Una muestra de superficie color amarillento presenta limonitas terrosas color ocre a marrón, con presencia de hidróxidos de manganeso (Foto N°22). Con valores de oro de 1.54 ppm. en la zona oxidada.

De textura cavernosa. Mineralogía: cuarzo, limonita ocre, marrón, rojizas e hidróxidos de manganeso. Clasificada como: roca silicificada porosa limonitizada.

16. MANTO CALIFORNIA-SUPERIOR: De 1.5 metros de potencia. Ocurre a manera de lente ubicado en las calizas al techo sill California. En su parte superior presenta lutitas de 8 cm de espesor.

Se observa que el manto se acuña en la caliza limonitizada. Presenta color verde olivo (probablemente epidota) con zonas blancuecinas de arcillas y pirita diseminada; la caliza epidotizada presenta: pirita, calcopirita y carbonatos. Este manto no es considerado en la mina por ser estéril.

17. MANTO DORADO: De 1 metro de potencia y 30 metros de extensión. Ubicado en horizontes calcáreos. Presenta limonitas y hematita (ASTORGA 1987)

Una muestra de superficie de color gris-negrusco presenta limonitas de color amarillo ocre, con textura afanítica compacta y algo porosa.

Mineralogía: cuarzo, hematita, limonitas, hidróxidos de manganeso, arcillas y microbotroides de hematita. Con valores de 0.43 ppm de oro en la zona oxidada.

18. MANTO COLQUIRRUMI: De 1 metro de potencia.

Una muestra de superficie presenta limonitas color ocre, rodeadas de otras marrón oscuro y presencia de hidróxidos de manganeso (Foto N°23). De textura cavernosa y coloforme. Mineralogía: cuarzo, limonitas ocre y marrones, hematita e hidróxidos de manganeso.

En las cavidades se aprecian microbotroides de limonitas con minerales arcillosos. Con valores de oro de 0.76 ppm

Bajo el microscopio, en sección pulida, las limonitas de textura coloforme están dispuestas en bandas de color gris verdoso, intercrecidas con hidróxidos de manganeso. Los núcleos de los botroides son limonitas pulverulentas, rodeadas de cristales tabulares dispuestos en forma radial, los que a su vez son bordeados por una delgada capa de óxido de manganeso, especialmente asociados a las limonitas masivas. También se observan otros óxidos de manganeso en forma de abanico intercrecidos con limonitas masivas.

Se observa presencia de delafosita alterándose a limonitas (Foto N°24)

19. MANTO VOLARE: De 2 metros de potencia, con 40 metros de extensión (ASTORGA 1987). Tiene limonitas y hematita. En superficie es de color negro grisáceo y de textura compacta y terrosa. Mineralogía: cuarzo, limonitas de color ocre a marrones, hidróxidos de manganeso, sulfuros de tonos azulados no identificados y arcillas. Con valores de oro de 1.27 ppm de oro.

#### 2.3.4.4 MANTOS DE MINAS ALEDAÑAS

En el Cuadro N°7 se resume las principales características de algunos mantos similares de zonas aledañas a la mina "El Dorado"; entre ellos se tiene:

**MANTO M1:** Ubicado en el nivel 36-subnivel 477 de la mina Mansita (margen izquierda del cañón del río Hualgayoc) Mineralogía: pirita, calcopirita, esfalerita, galena, venillas de cobre grises y trazas de oro (6 micrones) dentro de magnetita (BORREDON 1982)

Al tope del manto pirita masiva, al centro cuarzo-pirita con lentes de calcopirita y al piso pirita granular con lechos de caolinita, con textura bandeada la cual es menos notoria hacia el piso (CANCHAYA et al. 1990)

Una muestra del manto mostró un bandeamiento milimétrico de sulfuros en matriz arenácea con arcillas (Foto N°25), en sección delgada se aprecia carbonatos bordeando existe un horizonte calcáreo con presencia de fósiles (Foto N°26)

Análisis químicos arrojaron: (0.054 oz/TC) Au, 0.44% As y 0.009% Sb en promedio, con 1 a 10% de Cu y Ag en trazas.

**MANTO LOLA:** Ubicado en el nivel 29-Atahualpa de la mina Lola (margen derecha del río Hualgayoc)

De mineralogía compleja: marcasita con núcleo de magnetita, esfalerita con arcillas, pirita granular (CANCHAYA et al.1990), cobre grises, colusita y bismuto nativo (BORREDON 1982)

Una muestra del manto presenta bandeamiento milimétrico con venillas de sulfuros: pirita, galena y calcopirita; materia orgánica con sedimentos psamíticos en rasgos de tixotropía (Foto N°27)

Los análisis químicos arrojaron: 0.039oz/TC Au, 3300 ppm As, 200 ppm Sb, 1-10% Mn y Ag en trazas.

**MANTOS DE LA MINA MOROCHA:** Ubicado en el Nv.3325 de la mina Morocha (margen derecha del río Hualgayoc). Los mantos son de cuarzo-pirita, con textura bandeada; de mineralogía simple: cuarzo, pi-

MANTO	POT	TEXTURA	M I N E R A L O G I A				L E Y E S			
			PRINCIPALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS	GANGAS	Au(oz/TC)	%As	%Sb	
L O U R D E S		Botroidal	py, cp		melanterita	cz	0.0009	0.325	0.002	
		Botroidal, microbandeada	ef, py, gn cp, mc, CGRs	CBs, zir		ARCAs	0.026	0.67	0.021	
		Botroidal	gn, py, ef, cp	CBs, zir, ap	LIMs, mc	cz, ARCAs	0.017	0.335	0.015	
		2 Bandeada	py, ef, gn			cz, ARCAs	0.107	0.108	0.007	
		M-9	Microbotroidal, brechosa	py, gn, mc	CBs, ap	ser, SFTs	cz, ARCAs, LIMs	0.009	0.33	0.0012
		Mt-35 Mt-89	Botroidal Bandeada	py py, hm, gn cp	CBs, MO CBs, ep	LIMs	cz, ARCAs cz, ARCAs, LIMs	0.016 0.016	0.001 0.0012	0.0018 0.0025
INTERMEDIO Mt-50	3	ritmítica Bandeada, cavernosa	py, hm			CLOs, ser ARCAs	0.008	0.02	0.0012	
FATIMA cuerpo elip- soidal (Mt-13)	10	Bandeada, fisible	py, ARCAs	CBs	LIMs	cz	0.009	0.108		

NOTA: Los valores de oro fueron obtenidos por Absorción Atómica.

Los de Arsénico y Antimonio fueron determinados por espectrografía de emisión, con lectura semicuantitativa.

DESCRIPCION Y DISTRIBUCION DE LEYES (Au-As-Sb) DE LOS MANTOS (INTERIOR MINA) MINA "EL DORADO"  
(CUADRO No6)

MINA	MANTO	TEXTURA	M I N E R A L O G I A				L E Y E S		
			PRINCIPALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS	GANGAS	Au(oz/TC)	%As	%Sb
MANSITA	[muestra]								
	Mt-71c	Bandeada	ef negra, ru- bia, py, cp, gn	ARCAs, CBs		cz	0.159	0.32	0.011
	Mt-71Ta	Bandeada, coloforme	gn, ef rubia, marrón, py			cz	0.0007	0.0008	0.015
	Mt-71a	Botroidal	py		LIMs color	cz	0.001	0.108	0.001
LOLA	LOLA Mt-81	Bandeada	ef, cp, gn, py			cz, CBs	0.039	0.33	0.02
LAS COLO- RADAS	LC	Botroidal, coloforme		ARCAs	LIMs ocre, marrones	cz, chert	0.02	0.69	0.08
MOROCHA	I-3	Bandeada	ef, cp, py, gn	ARCAs, MO	LIMs	cz, chert	0.007	0.054	0.0026
	I-5	Terrosa	cp, py	ARCAs, MO		cz	0.009	0.04	0.0025
	I-8	Bandeada	po, py, cp, gn			cz	0.013	0.036	0.0007
	I-8'	Coloforme bandeada	ef, cp, py, gn	ARCAs		cz	0.007	0.06	0.0026
	I-10 PACCHA Im-2	Masiva Terrosa	py hm		ARCAs	LIMs LIMs color	cz	0.005 0.01	0.032 0.068

NOTA: Los valores de oro fueron obtenidos por Absorción Atómica.

Los de Arsénico y Antimonio fueron determinados por espectrografía de emisión, con lectura semicuantitativa.

DESCRIPCION Y DISTRIBUCION DE LEYES (Au-As-Sb) DE OTROS MANTOS ALEDAÑOS A LA MINA "EL DORADO".

(CUADRO No7)

rita, calcopirita, chert? venillas de material orgánico. Presenta pseudobandeamiento milimétrico (Foto N°28).

Los mantos de galena-esfalerita muestran textura coloforme, donde la esfalerita bordea a la calcopirita y esta a su vez a la piritita; también presenta galena y minerales arcillosos (Foto N°29). Contiene valores de oro de 0.009 oz/TC; otros de textura masiva (tipo piritosos) con valores de oro de 0.005 oz/TC)

**MINA LAS COLORADAS :** El mineral de la mina Las Coloradas consiste de fragmentos terrosos de limonitas que en superficie fresca muestran piritita, con tetraedrita argentífera, arcillas y baritina, aunque algunos autores señalan ausencia de minerales de plata; por lo que suponemos que ellos se hallan absorvidos en las limonitas y arcillas (ANCHAPURI 1983).

En parte la mena es muy porosa con abundante cuarzo afanítico o chert, pigmentados a pardo por limonitas, las que a veces presentan textura coloforme. Contenido de oro de 0.02 oz/TC en la zona oxidada.

### 3. MUESTREO GEOQUIMICO

El muestreo es la base fundamental para una buena interpretación de los resultados dados por los métodos de análisis seleccionados; por lo que se tuvo especial cuidado en su realización.

El muestreo se hizo con el debido cuidado para evitar la contaminación entre muestra y muestra, dado que ellas serán tratadas por métodos químicos precisos.

Las muestras colectadas se tomaron en un radio de acción de 50cm y a una profundidad entre 5-15 cm, tratando siempre de no coger restos de vegetación o estar cerca a algún foco mineralizante.

El muestreo se realizó en las diferentes unidades litológicas de la mina "El Dorado". En los afloramientos las muestras se obtuvieron siguiendo un Perfil Transversal Estratigráfico (Gráfico N°30) los cuerpos estratoligados (mantos) con un espaciamiento irregular entre muestra y muestra, el cual está dado por la ubicación estratigráfica de los cuerpos en la columna

El muestreo en subterráneo se efectuó en forma selectiva, tratando de obtener muestras representativas de la unidad a muestrear; en algunos casos se utilizó el muestreo lineal (caso de los sills).

Las unidades muestreadas se obtuvieron generalmente de la mina El Dorado (n=70) y adicionalmente 12 de minas aledañas: Morocha, Lola y Mansita, totalizando un número de 82 muestras.

Así tenemos;

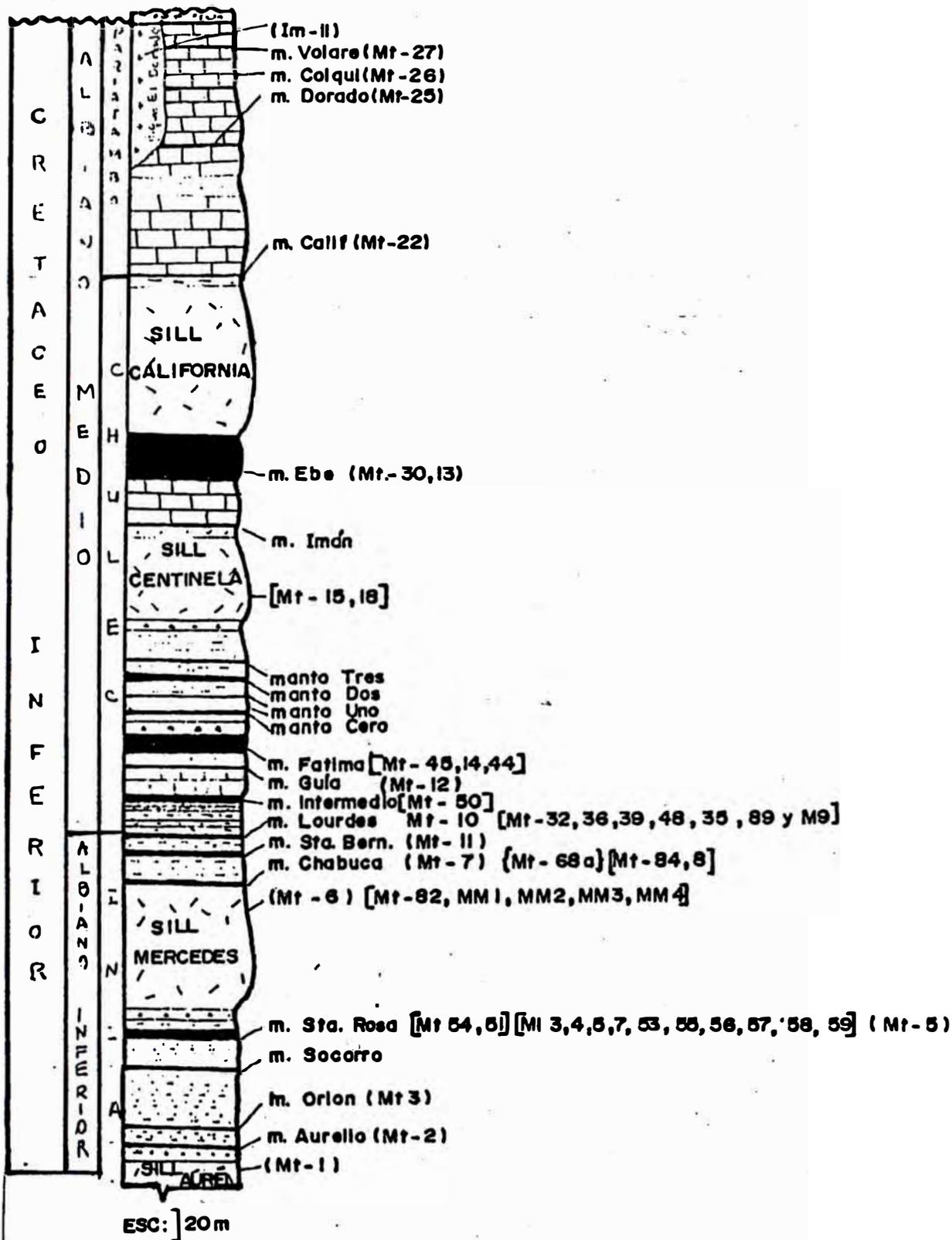
(A) MANTOS: muestreados en superficie e interior mina.

En superficie mediante el Perfil Transversal de todos los mantos; en interior mina se tomaron de manera selectiva en los mantos: Lourdes (Nv.368) y en las diferentes subzonas de oxidación del manto Santa Rosa (Nv.331. Mina El Dorado).

(B) SILLS y DIQUE: muestreados en superficie y adicionalmente los sills en interior mina.

MUESTREO GEOQUIMICO PERFIL TRANSVERSAL ESTRATIGRAFICO

MINA "EL DORADO"



LEYENDA:

- ( ) = Muestras de Superficie
- [ ] = Muestras de Interior de Mina
- { } = Muestras de Interior de Mina Aledaña

Número de Muestras=50

El muestreo en superficie basado en el Perfil Transversal y en interior mina con el método lineal (Gráfico N°36).

(C) HORIZONTES ARCILLOSOS: Ubicados al techo y a veces al piso de los mantos. El muestreo en interior mina también se hizo de forma selectiva en algunos horizontes al techo de los mantos: Santa Rosa, Lourdes, Chabuca y Fátima (Nv. 368, Nv.331, Nv.3329. Mina El Dorado)

#### 4. ANALISIS GEOQUIMICOS

Dada la heterogeneidad de las muestras y los fines del presente trabajo fue necesario realizar una selección de las 70 muestras obtenidas en la mina El Dorado, dado que algunas de ellas presentaban características mineralógicas e igual posición estratigráfica; las muestras obtenidas al final de la selección fueron 50 las cuales pasaron por la preparación mecánica: Chancado-Secado-Cuarteado-Pulverizado(Malla -200), para ser pasadas luego por los análisis geoquímicos seleccionados.

Los análisis geoquímicos empleados en este trabajo son de tres tipos: Análisis de Distribución de elementos en 44 muestras, Análisis Cuantitativo (Au-As-Sb) con 39 muestras y difracción de rayos-X con 5 muestras analizadas; las cuales fueron pasadas en ese orden. Así se tiene:

(1) ANALISIS DE DISTRIBUCION DE ELEMENTOS.- a fin de establecer asociaciones del oro, utilizando el método de Espectrografía de emisión (ESPINOZA 1976) el cual tiene una precisión de 0.1ppm

Este primer análisis fué efectuado a todos los mantos oxidados y a los de interior mina, cuerpos ígneos (sills y dique) y particularmente a horizontes arcillosos y lutáceos.

El horizonte lutáceo al techo del manto Santa Rosa presenta un espectro como:

**ANALISIS ESPECTROGRAFICO:lutita techo del manto Sta.ROSA**

MUESTRA	E. MAYORES	E, MENORES	TRAZAS			VESTIGIOS
Mt-54	Fe	Si	Mg	Al Mn Cu	Pb Ca Ti V Ge Zn	Au Ag As Ni

En el caso de los mantos, se debe recordar que ellos se clasifican en tres tipos (Ver párrafo 2.3.4.1), lo que hace preveer una interpretación diferente en cada grupo; adicionalmente tanto los mantos como las unidades restantes presentan una zona de oxidación originada por la alteración supérgena (Ver párrafo 2.3.4.2)

**CUADRO RESUMEN DE LOS ANALISIS QUIMICOS EFECTUADOS**

**A. ESPECTROGRAFICO**

Tipo de muestra	ZONA OXIDADA	INTERIOR MINA	No MUESTRA
MANTOS	26	9	35
SILLS	2	7	9
		<b>Total:</b>	<b>44</b>

**B. ABSORCION ATOMICA: Au-As-Sb**

Tipo de muestra	ZONA OXIDADA	INTERIOR MINA	No MUESTRA
MANTOS	26	8	34
SILLS	2	3	5
Total:			39

**C. DIFRACTOMETRIA DE RAYOS -X**

Tipo de muestra	INTERIOR MINA	No MUESTRA
LUTITA	1	1
HOR. ARCILLOSOS	3	3
CUERPOS IRREG.	1	1
Total:		5

Las asociaciones geoquímicas obtenidas de los espectros para el oro son:

**ANALISIS ESPECTROGRAFICO Y ESTUDIO MINERALOGICO**

**ZONA DE OXIDACION DE LOS MANTOS - MINA "EL DORADO"**

FM	MANTO	MUESTRA	E. MAYORES	E. MENORES	TRAZAS	VESTIGIOS	Mineralogía Global
P A R I A T A M B O	MOLANE (roca Limonitizada)	Mt-27	Fe Mn	Al Si	PbAsAg ZnCaCu Mg Ni Sn Ti V	Au Ua Os	LIMs, ARCs, CZ, HOX-Mn
	COLMATORUN (roca Limonitizada)	Mt-24	Fe	Si Zn	MgPbAs Pb Cu	Au Ag Ca Sb Zr	LIMs, ARCs, CBs, Fe, py, hm, dal
	DORADO (roca Limonitizada)	Mt-25	Fe Si	Mn	AlAsAg ZnMgCa PbCu TiSb	Au Na V Zr	LIMs, ARCs, CBs, Fe, CZ, hm, HOX-Mn.
	CALIFORNIA R. SILICEA LIMONITIZADA	Mt-22	Fe Si	Al	PbCuAg MgAs MnCa Ti	Au Na Sb V Zn Zr	LIMs, CBs, Fe, CZ, py
C U L E C	EBE (roca Limonitizada Calc.)	Mt-30	Fe Si	--	AlAsAg ZnCuSb MgSn MnZr Pb Ti	Au Ca V	LIMs, ARCs, CZ, py, hm, mg, HOX-Mn
	FARIMA (roca Limonitizada Calcarea)	Mt-44	Fe Si	Al Zn	MgOsAg MnCuPb Ti V	Au As Ua Os Ni Sn	LIMs, ARCs, CBs, Fe, CZ, py, hm, mg
		Mt-14	Fe	Si	AlCaAg CuAs MgK Mn Na Pb Sn Ti	Au Sb V Zn Zr	LIMs, ARCs, Ser, CBs, Fe, SFTs, CZ, py, ep, hm, mg
	GUIA NOR. Limonit.	Mt-12	Fe Si	Al	MnCuAg MgAs PbCa ZnTi Zr	Au Sb Sn V	LIMs, ARCs, CZ, hm, jar, HOX-Mn
	INTERMEDIO (LUTITA Limonitizada)	Mt-30	Fe Si	Cu	AlCaAg MnMgCa Pb Ni As Ti V Zn	Au Os Sb Sn	LIMs, py, ARCs
I N O A	LOUDES R. SILICEA LIMONITIZADA	Mt-10	Fe Si	Al	MnAsAg PbCaSn ZnCuV Mg Ti	Au Sb Zr	LIMs, CZ, ARCs, CBs-Fe, py, me, af, gn hm ep ep mg ep CGRs
	Sta. PERNARDIT- r. Silicea	Mt-11	Si >>	Fe	--AlAg CuPb MgMn AsSb Ti Zn	Au Ca Os Ni Sn V	LIMs, CZ, ARCs, py, gn, HOX-Mn
	CHAPUCA r. Silicea Limonitizada	Mt-7	Fe Si	--	AlAsAg TiCuV MgZn MnZr Pb	Au Sb	LIMs CZ py ARCs, HOX-Mn,
	SANTA ROSA R. SILICEA LIMONITIZADA	Mt-5	Fe	Si	AlAsAg TiCuMn MgPb ZnSn V Zr	Au Sb	LIMs, CZ, ARCs, py, hm, jar, HOX- Mn
	SOCORRO R. SILICEA LIMONITIZADA	Mt-3	Fe	Si	AlAsCa CuMgNa MnFe TiSn Zr	Au Ag Sb V Zn	LIMs, CZ, ARCs, hm, jar?
AURELIO R. SILICEA LIMONITIZADA	Mt-2	Fe	Si	AlAsCa CuMn MgNa TiPb Zn Zr	Au Ag Sb V	LIMs, CZ, ARCs, py, HOX-Mn, dal	

(CUADRO N° 8.)

E. Mayores > 10 %  
 E. Menores (10 - 1) %  
 Trazos Mayores (TM) (1 - 0.1) %  
 Trazos Intermedia (TI) (0.1 - 0.01) %  
 Trazos Menores (Tm) (0.01 - 0.001) %  
 Vestigios (V) < 0.001 %

A) ASOCIACIONES GEOQUIMICAS DEL ORO EN MANTOS OXIDADOS DE LA MINA "EL DORADO"

FM	MANTO	E.OXIFILOS	E. LITOFILOS	E.CALCOFILOS
P A R I A T A M B O	VOLARE	Fe, Mn	Mn, Si, Al, Ca, Mg, Ti V	Fe, Pb, Zn, As, Ag Cu, Ni, Sn
	COLQUIR	Fe, Mn, Cu	Si, Mg, Mn, Ti, Ca	Fe, Zn, As, Cu, Ag Sb, Zr
	DORADO	Fe, Mn	Si, Mn, Al, Mg, Ti, Ca Na, V	Fe, Zn, As, Pb, Ag Cu, Sb, Zr
	CALIFORA	Fe	Si, Al, Mg, Mn, Ti, Ca Na, V	Fe, Pb, Cu, Ag, As Sb, Zn, Zr
C H U L E	EBE	Fe, Mn	Si, Al, Mg, Mn, Ti, Ca V	Fe, Zn, As, Cu, Pb Ag, Sb, Sn, Zr
	FATIMA	Fe	Si, Al, Mg, Mn, Ca, Ti K, V	Fe, Zn, Cu, Ag, Pb As, Ni, Sn
	GUIA	Fe, Mn	Si, Al, Mn, Mg, Ca, Ti V	Fe, Cu, Pb, Zn, Ag As, Zr, Sb, Sn
	INTERMIO	Fe	Si, Al, Mn, Ca, Mg, Ti V	Fe, Cu, Pb, As, Ag Ni, Zn, Sb, Sn
I N C A	LOURDES	Fe, Ti	Si, Al, Mn, Ca, Mg, Ti	Fe, Pb, Zn, As, Cu Ag, Sb, Zr
	STA. BNAR	Fe, Mn	Si, Al, Mg, Mn, Ti, Ca V	Fe, Cu, As, Ag, Pb Sb, Zn, Ni, Sn
	CHABUCA	Fe	Si, Al, Ti, Mg, Mn, V	Fe, As, Cu, Pb, Ag Zn, Zr, Sn
	STA. ROSA	Fe, Mn	Si, Al, Ti, Mg, Mn, V	Fe, As, Cu, Zn, Ag Pb, Sn, Zr, Sb
	SOCORRO	Fe	Si, Al, Mg, Mn, Ti, Ca Na, V	Fe, Cu, As, Pb, Sn Zr, Ag, Sb, Zn
	AURELIO	Fe, Cu, Mn	Si, Al, Mg, Ti, Ca, Mn Na, V	Fe, As, Cu, Pb, Zn Zr, Ag, Sb

**ANALISIS ESPECTROGRAFICO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DEL MANTO**  
**SANTA ROSA - MINA "EL DORADO" (CUADRO No. 9.)**

Z O N A			MUESTRA	E. MAYORES >10%	E. MENORES (10-1)%	TRAZAS (1-0.001)%	VESTIGIOS <0.001%				
D E R E C I O N	S U B Z O N A	L I X I V I A C I O N	M-7	Fe	Si	Cu Zn Ti Pb Mg As Mn	Ca Ag Zr Au Sb				
			Mt-56	Fe	Si	K Al Ti Mg Pb Mn Zn Cu Sb As	Ca V Au Ge Ni Ag Na Ca				
	D R O X I D A C I O N	E X T E R N A	Mt-5	Fe	Si	Ti Cu V Al Zn Ag Mg Zr As Mn Sn Pb Sb	Au				
			Mt-57	Fe	Si Al	As Ca K Sb Ga Ag Ni Mn Zn Ti V Cu Pb	Au Ge				
	D E R E C I O N	I N T E R M		M-5	Fe Si	Al	Cu Ca Ti Ag Mg Zn As Zr Pb Mn	Au Sb			
				D E R E C I O N	I N T E R N A	M-3	Fe	Si	Ti Cu V Al Mg Ag Zn Zr Sn Pb Mn As	Au Sb	
						Mt-55	Fe		Al Ca Mn Si Mg V As Ti Cu Sn Sb Pb Zn	Au Ge Ni Ag Ga	
						Mt-59	Fe	Si Al	Ca Mg Mn Cu Ti Sb V Ge Ag Zn As	K Au Ga Pb	
				D E R E C I O N	T R A N S I C I O N		M-4	Fe	Si	Al Cu V Ti Ag Pb Zn Mg As Sn Mn Sb	Au Zr
							Mt-58	Fe	Mn	Al Ca Cu Si Mg Pb Ti V Sn Ag As Zn	Au Ge Ni Ga Sb
D E R E C I O N				E N R I Q U E	S E C U N D A	M-1	Fe Si	Cu Zn	Al Ti As Mn Mg V Ag Zr Ni Sn Pb	Au Sb	
						D E R E C I O N	S U L F U R O	P R I M A	Mt-53	Fe Si	Cu Zn

ELEMENTOS OXIFILOS; formadores de los óxidos e hidróxidos.

ELEMENTOS LITOFILOS: formadores de la roca.

ELEMENTOS CALCOFILOS: asociados con el azufre y oxígeno ,  
formando sulfuros, sulfosales y sulfatos.

ASOCIACIONES GEOQUIMICAS DEL ORO: ZONAMIENTO LATERAL DEL MANTO  
SANTA ROSA (CUADRO N°9)

E.OXIFI	E. LITOFILOS	E. CALCOFILOS	SUBZONA
Fe	Si, Ti, Mg, Mn, Ca	Fe, Cu, Zn, Pb, As, Ag, Zr, Sb	Lixiviación
Fe	Si, K, Ti, Al, Mg, Ca, V, Na	Fe, Pb, Zn, Cu, Sb, As, Ge, Ni, Ag, Ga	
Fe	Si, Ti, Al, Mg, V, Mn	Fe, Cu, Zn, As, Ag, Zr, Sn, Pb, Sn	Oxi. extern
Fe	Si, Al, Ca, K, Mn, Ti, V	Fe, As, Sb, Ga, Ni, Zn, Ag, Cu, Pb, Ge, Ag	
Fe	Si, Al, Ti, Mg, Ca, Mn	Fe, Cu, As, Ag, Zn, Zr, Pb, Sb	Intermedia
Fe	Si, Ti, Al, Mg, V, Mn	Fe, Cu, Ag, Zn, Zr, Sn, Pb, As, Sn	Oxidación  Interna
Fe, M	Al, Si, Ca, Mg, Ti, Mn, V	Fe, As, Sn, Pb, Zn, Cu, Sb, Ge, Ni, Ag, Ga	
Fe	Si, Al, Ca, Mn, Ti, V, Mg, K	Fe, Ag, Ge, Zn, As, Cu, Sb, Ga, Pb	
Fe,	Si, Al, Ti, Mg, V, Mn	Fe, Cu, Pb, Ag, Zn, As, Sn, Sb, Zr	Transición
Fe	Mn, Al, Si, Ca, Mg, Ti, V	Fe, Pb, Sn, Ag, As, Cu, Ge, Ni, Ga, Sb	
-	Si, Al, Mn, Ti, Mg, V	Fe, Cu, Zn, As, Ag, Zr, Ni, Sn, Pb, Sb	Enriquec. Secundari
-	Si, Al, Ti, V, Ca, Mg, Mn	Fe, Cu, Zn, Ni, Sn, Ag, Ga, Pb, As, Ge, Sb	Sulfuros primarios

ANÁLISIS ESPECTROGRÁFICOS Y MINERALOGÍA  
MANTOS: FATIMA, LOURDES, CHABUCA (INTERIOR MINA)

MANTO	MUESTRA	E. MAYORES (M)	E. MENORES (m)	TRAZAS tM tI tm	VESTIGIO(V)	TIPO DE MUESTRAS	MINERALOGÍA
FATIMA	Mt-13 (CUERPO IRREGULAR)	Si	Al Fe K Mg Mn Na Zn	Cu Ca Ag Ti Ni Pb V Zr	Au Sn As	Núcleo en Trinchera	ARCs, CBs, LIMs, py
L O U R D E S  (ARENISCA RITMICA)	Mt-35	Fe Si		Al Mg Cu Mn Ti Pb V Zn	Au Ag Ge Ge In Ni Sn	Nódulos de py al techo del manto	py, CZ, Ser LIMs, ARCs CBs
	M-9	Fe Mn Si		Al Ag Ca As Mg Cu Pb Ni Sn	Au Ga Ge	Nódulos de py al techo del manto	py, CZ, Ser, mc, gn, LIMs CBs, SFTs, Ser, ap
	Mt-36	Fe Si Zn	Mn Pb	Al Cu Ag As Mg Cd In Sb Sn Ti	Au Ga Ge Ni V	Nódulos de py al techo del manto	py, CZ, Ser, ef, gn, CBs, ARCs, Cp, mc, Zirc, CGAs
	Mt-39	Fe Si	Al Mn Pb Zn	Mg Ti Ag As Cu Ga In Ni Sn V	Au Cd Ge Sb	Cambio lateral del nódulo	CZ, Ser, ARCs, CBs, ef, gn, py, mc, Zir, cp, ap, LIMs
	Mt-89	Fe Si	Al Ca Mg	Mn Cu Ga Zn Ni Pb Ti V	Ag Au Sn Sb Ge Sn As	Zona de sulfuroe	CZ, Ser, py, hm CLORs, ep, gn, cp, CBs
	Mt-48	Fe Si	Al	Cu As Ag Ca Ga Mg Ni Mn Ti Pb V Zn	Au Ge Sb Sn	Zona de sulfuros	CZ, Ser, py, gn, cp, LIMs
	Mt-32	Fe Si	Cu Zn	Al Ag As Mn Ca Ga Pb Mg K Ni Ti V	Au Cd Ge In Sb	Nódulo	py, cp SFTs - Fe
CHABUCA (HOR. PIRITIZADO)	Mt-68a	Fe Si	Al Mg	Ca Cu Ag Mn Pb Ga Ti V Zn	Au As Ge Sb Ni Sn		py, cz

( CUADRO N° 10 )

ASOCIACIONES GEOQUIMICAS DEL ORO EN LOS MANTOS (INTERIOR MINA)

E.OXIFI	E.LITOFILOS	E.CALCOFILOS	MANTO
Fe	Si, Al, K, Mg, Mn, Na Ti, Ca, Ni, V	Fe, Zn, Cu, Ag, Pb, Zr, Sn, As	FATIMA (cuerp. irr)
Fe	Si, Al, Mg, Mn, Ti, V	Fe, Pb, Cu, Zn, Ag, Ni, Sn, Ga Ge	L O U R D E S
Fe	Si, Mn, Al, Ca, Mg Ti, V	Fe, Pb, Ag, As, Cu, Ni, Sn, Ga Ge	
	Si, Mn, Al, Mg, Ti V	Fe, Zn, Pb, As, Cu, Ag, Cd, In Sb, Sn, Ga, Ge, Ni	
Fe	Si, Al, Mn, Mg, Ti, V	Fe, Pb, Zn, Ag, As, Cu, Ga, In Ni, Sn, Cd, Ge, Sb	
Fe	Si, Al, Ca, Mg, Mn, Ti V	Fe, Zn, Cu, Ga, Ni, Pb, Ag, Ge Sn, Sn, As, Sb	
Fe	Si, Al, Ca, Mg, Mn, V Ti	Fe, Cu, As, Pb, Zn, Ga, Ni, Ge, Sb, Sn	
-	Si, Al, Mn, Ca, Mg, K Ti, V	Fe, Cu, Zn, Pb, Ag, As, Ga, Ni Cd, Ge, In, Sb	
-	Si, Al, Mg, Ca, Mn, Ti V	Fe, Cu, Pb, Ag, Ga, Zn, Ge, Ni Sn, As, Sb	

**ANALISIS ESPECTROMETRICO-SILL MERCEDES**

( Nv. 298 Mercedes )

**Petrologia: PORFIDO CUARZO LATITA**

MUESTRA	E. MAYORES (M)	E. MENORES (m)	TRAZAS			VESTIGIO (v)	DISTANCIA SOBRE GALERIA (m)
			tM	tI	tM		
Mt-6	Si	Al Ca Fe K Mg	Mn Na Ti	--	As Cu Pb V Zn	Ag Au Sb Zr	0
MM1	Si	Al Fe K	Mg Na Ti	Ca Mn V	As Cu Pb Zn	Ag Au Ni Sb Sn	10
Mt-82	Fe Si	Al	Pb	Cu Mg Mn Ti V	As Ga	Ag Au Ca Ge Ni Sn Zn	30
MM2	Si	Al Ca Fe K Mg Na	Mn	Ti V	As Cu Ni Pb Zn	Ag Au Co Sb Sn	120
MM3	Si	Al Ca Fe K Mg Na	Mn Ti	Cu	As Pb V Zn	Ag Au Sb Sn Zr	140
MM4	Si	Al Ca Fe K Mg Na	Mn	Cu Ti V	As Co Ni Pb Zn	Ag Au Sb Sn	240

**ANALISIS ESPECTROGRAFICO-SILL CENTINELA**

( De superficie )

**Petrologia: PORFIDO CUARZO - LATITA**

MUESTRA	E. MAYORES (M)	E. MENORES (m)	TRAZAS			VESTIGIO (v)
			tM	tI	tM	
Mt-15	Si	Al Fe K Mg Na	Ca Mn	Pb V	As Cu Ti Zn	Au Ag Sb
Mt-18	Fe Si	Al	K	Cu Mn Na Ti	Ag As Ca Pb V Zn	Au Sb Sn Zr

( CUADRO N° 11 )

ASOCIACIONES GEOQUIMICAS DEL ORO EN LOS SILLS

SILL MERCEDES

E.OXIFILOS	E. LITOFILOS	E. CALCOFILOS
Fe	Si, Al, Ca, Fe, K Mg, Mn, Na, Ti, V	As, Cu, Pb, Zn, Ag, Sb Zr
-	Si, Al, Fe, K, Mg Na, Ti, Ca, Mn, V	As, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni Sb, Sn
Fe	Si, Fe, Al, Mg, Mn Ti, V, Ca	Pb, Cu, As, Ga, Ag, Ge Ni, Sn, Zn
-	Si, Al, Ca, Fe, K Mg, Na, Mn, Ti, V	As, Cu, Ni, Pb, Zn, Ag Co, Sb, Sn
-	Si, Al, Ca, Fe, K, Mg Na, Mn, Ti, V	Cu, As, Pb, Zn, Ag, Sb Sn, Zr
-	Si, Al, Ca, Fe, K, Mg Na, Mn, Ti, V	Cu, As, Co, Ni, Pb, Zn, Ag, Sb, Sn

SILL CENTINELA

E.OXIFILOS	E. LITOFILOS	E. CALCOFILOS
Fe	Si, Al, Fe, K, Mg, Na Ca, Mn, V, Ti	Pb, As, Cu, Zn, Ag, Sb
Fe	Si, Fe, Al, K, Mn, Na Ti, Ca, V	Cu, Ag, As, Pb, Zn, Sb Sn, Zr

(2) ANALISIS CUANTITATIVO (Au-As-Sb): efectuado para los mantos y ocasionalmente para algunas muestras de sills, estos cuerpos aportarían mineralización a los mantos (ASTORGA 1987-Cia. Minera Los Mantos).

En base a los resultados obtenidos en el análisis de Distribución de elementos, se tuvo a bien disponer del análisis cuantitativo, dado que el elemento en estudio (oro) se hallaba como vestigio, en los mantos y sills.

En los espectros se observó una posible asociación entre el oro y los elementos de arsénico y antimonio, adicionalmente a la

asociación teórica conocida; por ésta razón se realizó el análisis cuantitativo por el método de absorción atómica de los tres elementos en mención (Au-As-Sb), CON UN LÍMITE DE DETECCIÓN DE 0.01PPM.

La absorción atómica (ESPINOZA 1976) se utiliza con la extracción del MIBK y el de As-Sb por métodos espectrográfico semicuantitativo.

También se logró disponer de datos de leyes de Au-Ag para el manto Santa Rosa y de Au-Ag-Cu para el sill Mercedes (datos de ASTORGA 1987); los valores de Au-Ag efectuados por vía seca y los de Cu por volumetría.

ANALISIS DE ABSORCION ATOMICA DE MANTOS OXIDADOS POR:  
AU-AS-SB

Fm	Litologia	Manto	Muestra	Au(ppm)	As(ppm)	Sb(ppm)
P A R I	caliza bituminos.	Volare	Mt-27	1.27	900	18
		Colqui.	Mt-26	0.76	48	6
		Dorado	Mt-25	0.43	590	11
		Califor.	Mt-22	1.54	55	9
C H U L E	caliza margosa	Ebe	Mt-30	2.80	610	15
		Fátima	Mt-14	1.20	60	6
		Fátima	Mt-44	2.30	15	9
		Guia	Mt-12	0.32	-	-
I N C A	arenisca	Lourdes	Mt-10	0.65	580	7
		Sta.Ber.	Mt-11	0.30	800	30
		Chabuca	Mt-7	0.43	610	7
		Sta.Ros.	Mt-5	2.00	280	10
		Socorro	Mt-3	0.43	230	7
		Aurelio	Mt-2	0.32	380	6

(CUADRO N°12)

ANALISIS CUANTITATIVO DE ABSORCION ATOMICA; Au-As-Sb DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DEL MANTO SANTA ROSA (MINA EL DORADO) (N=12)

ZONA	MUESTRA	ELEMENTO		
		Au (ppm)	As (ppm)	Sb (ppm)
Lixiviada	M-7	0.53	12	5
	Mt-56	1.09	15	25
De oxidac. externa	Mt-5	2.00	280	10
	Mt-57	2.69	1050	2500
Intermedia	M-5	0.67	345	6
De oxidac. interna	Mt-55	5.12	1100	9
	Mt-58	5.67	350	15
	M-3	6.17	52	5
De transic.	M-4	2.13	90	15
	Mt-52	2.07	350	8
Enriquecim. Secundario	M-1	3.14	45	5
Sulfuros Primarios	Mt-53	1.28	63	5

(CUADRO N° 13)

MANTOS : LOURDES , INTERMEDIO Y FATIMA

Manto	Ubicación	Muestra	Au (ppm)	As (ppm)	Sb (ppm)
L	Nódulo	Mt-32	0.03	3250	20
O	Cambio	Mt-36	0.91	6700	210
U	lateral	Mt-39	0.60	3350	150
R	Zona SULF	Mt-48	3.68	1080	70
D	Nódulo	M -9	0.32	3300	12
E	Nódulo	Mt-35	0.56	10	18
S	Zona pro-pilitizad	Mt-89	0.57	12	25
Interme		Mt-50	0.30	200	12
Fátima	Cuer. irreg	Mt-13	0.32	1080	70

(CUADRO N° 14)

MUESTREO SUBTERRANEO-MANTO SANTA ROSA  
Nv.331-Mina "El Dorado"

1.- EN DIRECCION NE (n=58) Rp.39 c/1.5m

Au(OZ/TC)	Ag(OZ/TC)	Au(OZ/TC)	Ag(OZ/TC)
0.029	2.917	0.029	0.70
0.058	2.158	0.117	2.474
0.058	1.196	0.058	1.225
0.029	0.35	0.029	0.962
0.058	0.146	0.263	13.768
0.058	0.583	0.088	1.837
0.029	0.379	0.233	9.711
0.088	1.633	0.817	5.887
0.088	1.4	0.058	0.466
0.058	1.342	0.058	0.817
0.088	0.992	0.188	1.257
0.058	0.758	0.01	0.058
0.058	0.70	0.058	0.496
0.088	1.138	0.01	0.117
0.058	1.05	0.263	0.379
0.01	0.35	0.01	0.050
0.01	0.262	0.058	0.759
0.01	0.029	0.058	0.554
0.01	0.058	0.292	0.641
0.058	0.525	0.35	0.817
0.029	0.437	0.117	0.583
0.029	0.761	0.01	0.058
0.058	0.641	0.01	0.058
0.058	0.67	0.058	0.292
0.01	0.029	0.058	0.350
0.01	0.058		
0.029	0.408		
0.01	0.087		
0.029	0.583		
0.029	0.292		
0.029	0.379		
0.029	0.262		
0.058	1.313		

2.- EN DIRECCION SE (n=107) Rp 33, Rp 33.1, Rp 33.5

Au(OZ/TC)	Ag(OZ/TC)	Au(OZ/TC)	Ag(OZ/TC)
0.2	0.9	0.2	1.7
0.2	2.0	0.12	0.4
0.18	0.3	0.18	2.2
0.1	0.4	0.3	0.4
0.12	0.1	0.14	0.9
0.18	0.1	0.58	0.6
0.1	0.7	0.24	1.2
0.08	0.9	0.1	0.7
0.1	0.1	0.34	1.0
0.02	0.1	0.029	0.525
0.04	0.3	0.029	0.758
0.01	2.6	0.088	0.7
0.06	0.1	0.058	0.788
0.06	1.4	0.01	0.292
0.06	0.3	0.263	1.05
0.12	0.3	0.029	0.525
0.06	0.4	0.01	0.35
0.06	0.4	0.029	0.488
0.06	1.3	0.117	1.312
0.02	2.2	0.058	0.992
0.04	1.7	0.117	0.962
0.2	2.2	0.029	0.321
0.1	0.3	0.262	2.917
0.06	0.6	0.233	2.538
0.04	1.0	0.088	1.458
0.1	0.4	0.01	0.088
0.06	0.4	0.146	1.225
0.08	0.3	0.058	0.817
0.12	18.8	0.058	1.283
0.08	1.0	0.029	0.875
0.12	0.4	0.058	1.117
0.04	0.4	0.01	0.01
0.06	1.0	0.058	1.254
0.06	1.6	0.117	1.313
0.12	9.8	0.029	0.0583
0.4	3.2	0.01	0.292

Au(OZ/TC)	Ag(OZ/TC)
0.088	0.642
0.058	1.371
0.029	0.7
0.04	2.9
0.06	1.3
0.02	1.5
0.175	1.02
0.058	0.758
0.204	0.788
0.029	0.408
0.058	0.7
0.029	0.466
0.088	0.7
0.058	0.583
0.175	0.875
0.088	0.729
0.029	0.7
0.029	0.558
0.058	0.558
0.029	0.554
0.029	0.67
0.088	1.312
0.029	0.408
0.01	0.233
0.029	0.758
0.01	0.466
0.029	0.7
0.01	0.01
0.01	0.262
0.01	0.117
0.01	0.175
0.01	0.204
0.01	0.532
0.01	0.204
0.029	0.583

Fuente: ASTORGA(1987)

MUESTREO SUBTERRANEO "SILL MERCEDES" (N20°W)  
(Nv.298-Mina "El Dorado") n=14

Pto	Au(OZ/TC)	Ag(OZ/TC)	Cu (%)	Cu(OZ/TC)
A1	0.292	0.816	0.2	58.33
A2	0.010	0.233	0.1	29.16
A3	0.058	0.1	0.15	43.75
A4	0.010	0.117	0.1	29.16
A5	0.058	0.115	0.15	43.75
A6	0.01	0.204	0.29	84.58
A7	0.010	0.263	0.15	43.75
A8	0.010	0.233	0.34	99.16
A9	0.117	0.233	0.2	58.33
A10	0.010	0.058	0.29	84.58
A11	0.010	0.292	0.1	29.16
A12	0.010	0.263	0.1	29.16
A13	0.010	0.058	0.2	58.33
A14	0.058	0.204	0.15	43.75

MUESTREO SUPERFICIAL "SILL MERCEDES" (N40°E)

PTO	Au(OZ/TC)	Ag(OZ/TC)	Cu (%)	Cu(OZ/TC)
C6	0.44	0.102	-	
C7	0.088	0.032	0.24	69.99
C8	0.010	0.262	-	-
C9	0.010	0.146	0.05	14.58
C10	0.010	0.058	0.1	29.16
C11	0.010	0.058	0.05	14.58
C12	0.010	0.029	0.05	14.58
C13	0.010	0.058	0.05	14.58
C14	0.010	0.088	0.15	43.75
C15	0.029	0.117	0.10	29.16
C16	0.010	0.010	-	-
C17	0.029	0.204	-	-
C18	0.010	0.029	-	-
C19	0.058	0.205	-	-

(Tomados de ASTORGA 1987)

MUESTRAS DE SILLS

Sill	Muestra	Au(ppm)	As(ppm)	Sb(ppm)	Ubicación
Mercedes	Mt-6	0.02	70	6	De super
	Mt-82	0.02	110	-	Inter.mi.
Centinel	Mt-15	0.21	60	6	Inter.mi
	Mt-18	0.04	45	6	De super
Aurelio	Mt-1	0.02	-	-	De super

(CUADRO N°15)

(3) ANALISIS DE FASES MINERALES: efectuados a los horizontes arcillosos de facie fina. Se realizó por el método de difracción de rayos-X. (CEDILLO & WOLF 1975), con un límite de detección de (2-3)%

Estos horizontes arcillosos ubicados al techo y/o al piso de los mantos se han denominado horizontes tufáceo, caracterizados en:

FM	MUESTRA	Características y abundancia mineralógica(de mayor a menor)
I	LUTITA techo del manto Sta.Rosa (Mt-54)	cao, ser, cz, LIMs.
N	HOR.ARCILLOSO (debajo de luti- ta techo del m. Sta. Rosa) (Mt-51)	ser, cz, py, LIMs, ye, heulandita?
C		
A	TECHO DEL Mto. Chabuca (Mt-84)	ser,cac, cz, py, ye.
CHULEC	TECHO DEL Mto. FATIMA (Mt-45)	cz, cao, anortoclasa, ye, py, LIMs.
	CUERPO ELIPS. mto. FATIMA (Mt-13)	mel, smith, ill, gn, cz, ser, LIMs

(CUADRO N°16)

## 5. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS GEOQUIMICOS

Con los valores de Au-As-Sb de absorción atómica y los de Au-Ag-Cu de ASTORGA (1987) se procedió al estudio estadístico de los parámetros - media aritmética, mediana, desviación standard y valores máximos y mínimos, obteniéndose histogramas lineales y frecuencias acumulativas.

En el caso de los parámetros geoquímicos : abundancia promedio o "back-ground" y el umbral o "threshold", se les determinó en unidades de litología homogénea y de las gráficas de frecuencia acumulativa.

Threshold : Valor que indica el contenido anómalo de un elemento con alto grado de probabilidad (superior al 95%) frecuencial.

Adicionalmente se obtuvo los coeficientes de correlación respectivos con las gráficas de las nubes de correlación

El rango de "r" es de +1 a -1., si el valor es mayor que cero indica que ambos elementos tienen relación directa, si es menor entonces la relación es inversa.

Se puede considerar los siguientes rangos de cuantificación para "r" :

- Si  $r > 0.7$  : Correlación fuerte.
- Si  $0.5 < r < 0.7$  : Correlación moderada.
- Si  $0.3 < r < 0.5$  : Correlación regular.
- Si  $0 < r < 0.3$  : Correlación mala

Los valores óptimos de "r" son los cercanos a la unidad .

El estudio estadístico se divide en 7 poblaciones: Mantos oxidados de la fm. Inca (Au-As-Sb), mantos oxidados de las fms. Chulec y Pariatambo (Au-As-Sb), manto Lourdes (Au-As-Sb), sill Mercedes en superficie (Au-Ag-Cu), sill Mercedes (Au-Ag-Cu) en interior mina, manto oxidado Santa Rosa (Au-As-Sb) y adicionalmente con Au y Ag en interior mina (datos de Astorga, 1987)

Las poblaciones referidas son:

1. MANTOS OXIDADOS DE LA FM. INCA (n=6) :Au-As-Sb

Elemento	P A R A M E T R O				
	MAX	MIN	x	s	m
Au(ppm)	2	0.3	0.7	0.6	0.35
As(ppm)	800	230	480	220	554
Sb(ppm)	30	7	11	9.3	5.3

El oro en los mantos oxidados de la fm. Inca presentan una distribución bimodal, con sesgo hacia la derecha, con una concentración de los datos hacia los valores menores; su dispersión es fuerte ( $s=0.6$ )(Gráfico N°31).

La primera población presenta una concentración de datos en el rango de menores valores comprendidos entre (0.24-0.72) ppm de oro. La segunda población corresponde a una muestra del manto Santa Rosa.

La curva de frecuencia acumulada del oro, correspondiente a los mantos oxidados de la fm. Inca, nos permite estimar el valor de la mediana en 0.35 y el valor del "threshold" en 1.95.

El BG de oro de los mantos oxidados de la fm. Inca, se considera igual a 0.35 ppm)

Los coeficientes de correlación están dados por:

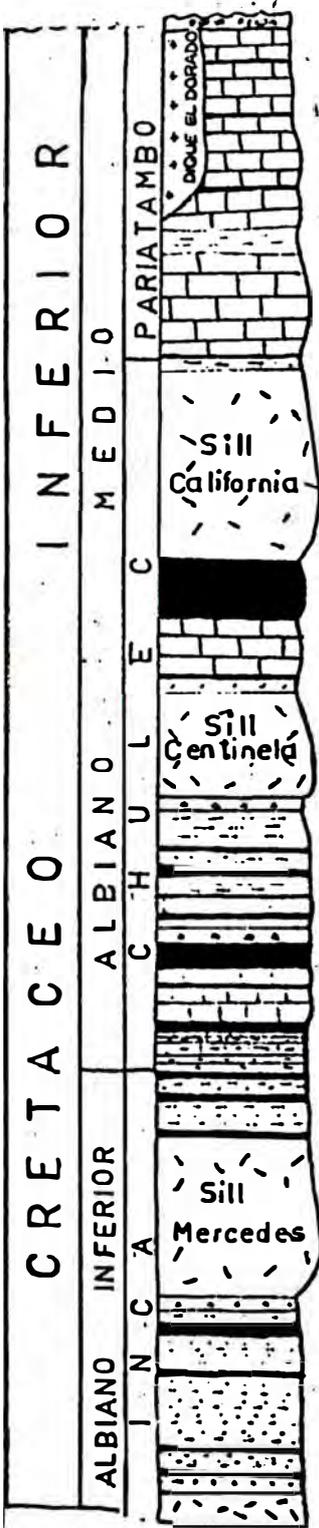
Relación	r
Au/As	-0.45
Au/Sb	-0.15
As/Sb	0.67

Las correlaciones oro-arsénico y oro-antimonio son bajas; mientras que la correlación arsénico-antimonio es fuerte positiva.

La correlación oro-arsénico es regular negativa; mientras que la de oro-antimonio es baja. El par arsénico-antimonio presenta una correlación regular positiva.

**HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA, FRECUENCIA ACUMULADA Y GRAFICAS DE CORRELACION Au - As - Sb EN EL PERFIL ESTRATIGRAFICO MANTOS OXIDADOS DE LA MINA**

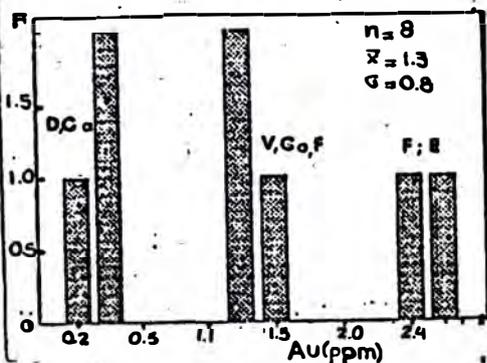
**"EL DORADO"**



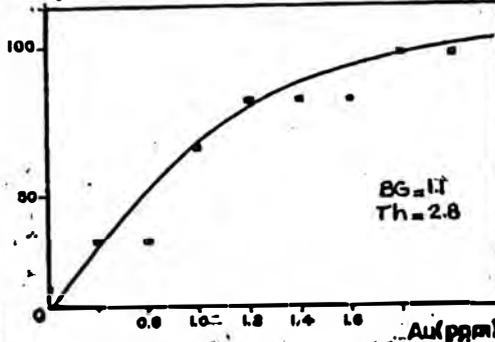
Esc: 1/20m.

**HISTOGRAMA LINEAL**

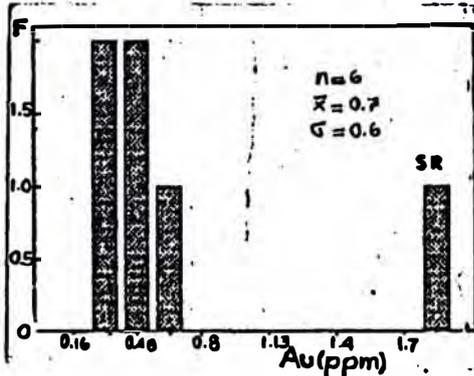
FMS. CHULEC Y PARIATAMBO



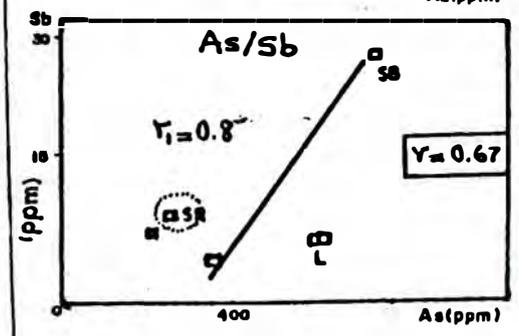
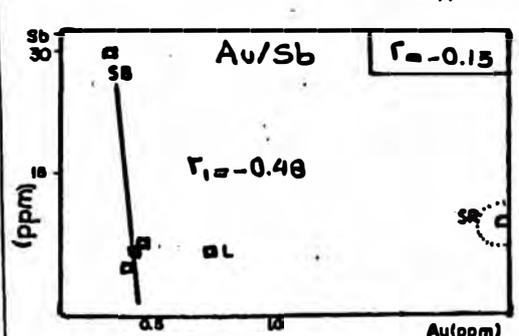
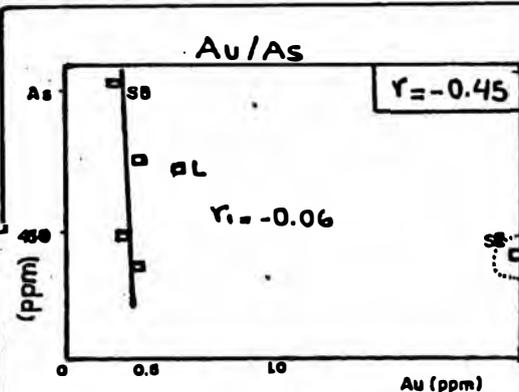
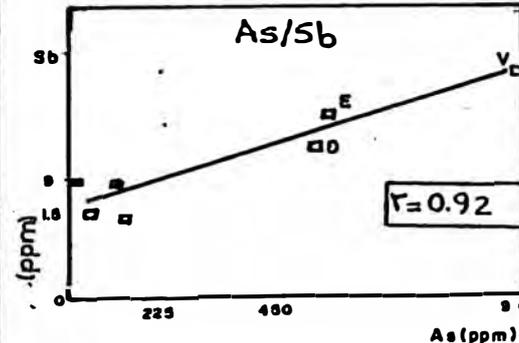
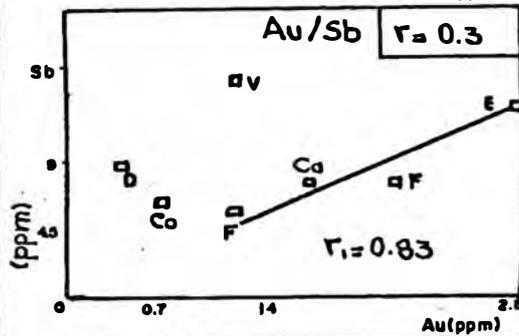
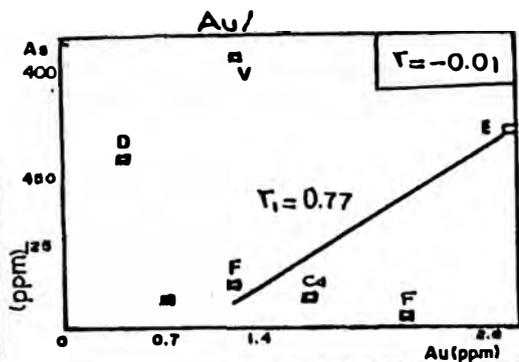
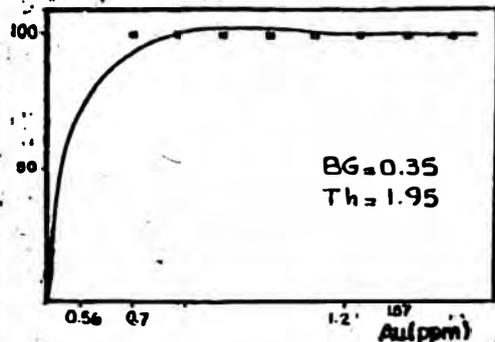
**FREC. ACUMULADA**



**HISTOGRAMA LINEAL**



**FREC. ACUMULADA**



Observando las gráficas de correlación de los mantos oxidados de la fm. Inca (Gráfico N°31), apreciamos una nube de puntos con un valor que no se integran a ella; este corresponde al manto Sta. Rosa.

El manto Sta. Rosa, con alto contenido de oro y bajo en arsénico y antimonio (Cuadro N°12)

Depurando el dato que representa a este manto, los nuevos valores de correlación resultan:

$$r(\text{Au/As}) = -0.06, \quad r(\text{Au/Sb}) = -0.48 \quad \text{y} \quad r(\text{As/Sb}) = 0.80$$

## 2.MANTOS OXIDADOS DE LAS FMS.CHULEC Y PARIATAMBO (n=8) : Au-As-Sb

Elemento	P A R A M E T R O					
	n	MAX	MIN	x	s	m
Au(ppm)	8	2.8	0.32	1.3	0.87	1.1
As(ppm)	7	900	15	325	365	103
Sb(ppm)	7	18	6	10.6	4.5	9.6

El oro en los mantos oxidados de las fms. Chulec y Pariatambo presentan una distribución trimodal, con cierta concentración de los datos hacia los valores menores, aunque en general se observa fuerte dispersión ( $s=0.87$ )(Gráfico N°31)

Las dos primeras poblaciones presentan una relativa concentración de valores menores; el primer rango está comprendido entre (0.12-0.57)ppm de oro y el segundo entre (1.2-1.65)ppm .

La primera población corresponde a muestras de los mantos oxidados Dorado y Colquirrumi y la segunda a los mantos Volare y California. Estas dos poblaciones conforman los mantos oxidados de la fm. Pariatambo.

La tercera y última población con valores mayores de oro, comprendidos entre (2.36-2.8)ppm de oro, representan a los mantos oxidados Ebe y Fátima emplazados en la fm. Chulec.

En la curva de frecuencia acumulada del oro, se obtuvo el valor de la mediana ( $m=1.1$ ) y el del "threshold" ( $th=2.8$ ppm)

El BG de oro de los mantos oxidados de las fms. Chulec y Pariatambo se consideran como 1.1 ppm.

Los coeficientes de correlación en los mantos oxidados emplazados en las fms. calcáreas Chulec y Pariatambo son:

Relación	r
Au/As	-0.01
Au/Sb	0.30
As/Sb	0.92

Las correlaciones oro-arsénico y oro-antimonio son bajas mientras que la de arsénico-antimonio se conserva fuerte y positiva.

En las gráficas de correlación de los mantos oxidados de las fms. Chulec y Pariatambo (Gráfico N°31) se aprecia una nube de puntos con tres valores disonantes. Dichos valores corresponden a los mantos: Dorado, Volare y Ebe.

El manto Volare presenta los mayores valores de arsénico y antimonio; mientras que en oro el manto Ebe ostenta los mayores valores de oro y el manto Dorado bajo en oro y antimonio.

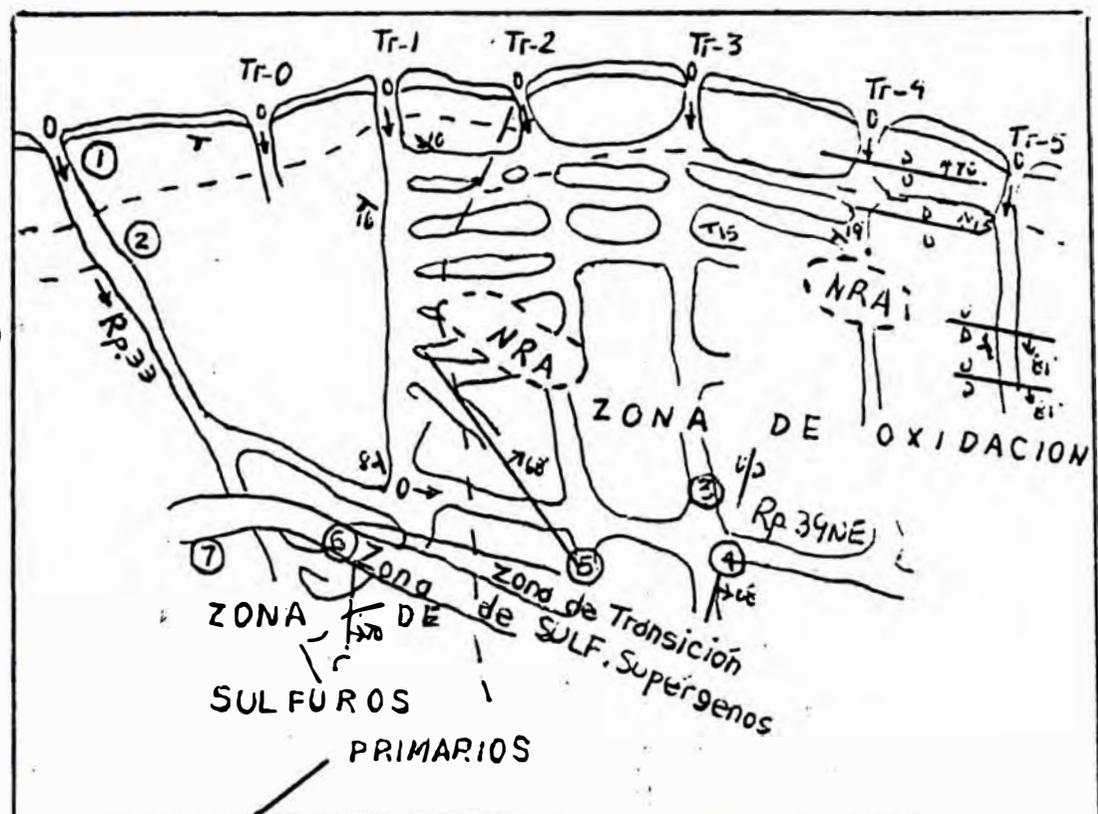
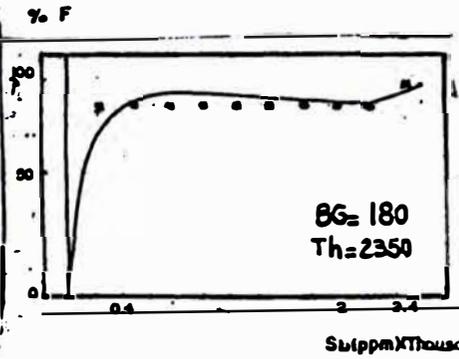
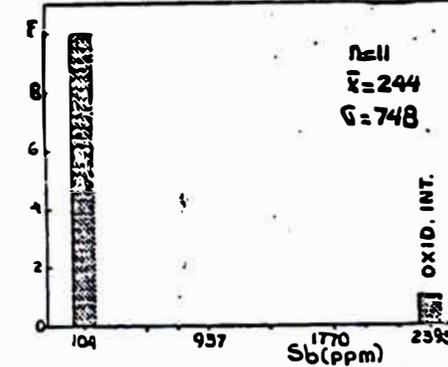
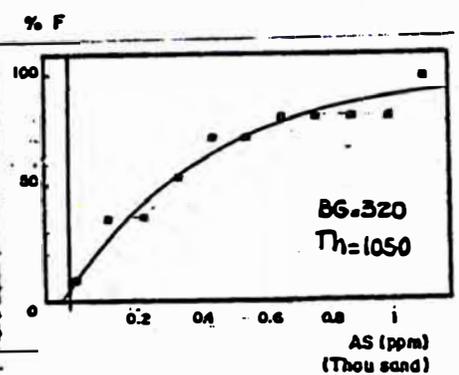
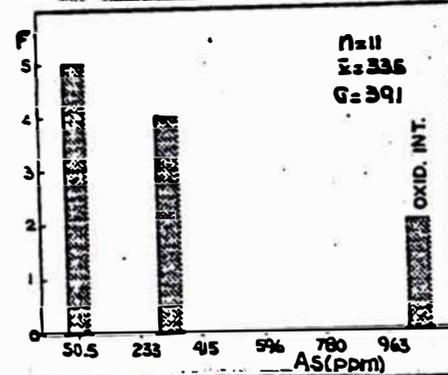
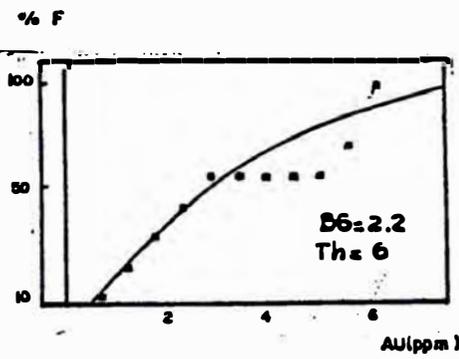
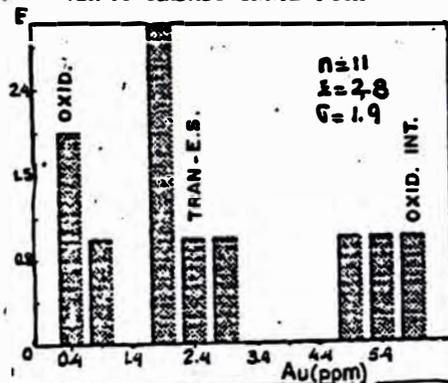
Si depuramos dichos datos las nuevas correlaciones resultan:  $r(\text{Au/As}) = -0.77$  y  $r(\text{Au/Sb}) = 0.83$ , donde la correlación oro-arsénico se convierte en fuerte :

### 3.MANTO SANTA ROSA (ZONA DE OXIDACION)(n=11) : Au-As-Sb

Elemento	P A R A M E T R O				
	MAX	MIN	x	s	m
Au(ppm)	6.2	0.5	2.8	1.9	2.2
As(ppm)	1100	12	335	391	320
Sb(ppm)	2500	5	244	748	94

El oro en el manto oxidado Santa Rosa presenta una distribución trimodal con cierta concentración de los datos hacia los valores menores, aunque se observa una dispersión fuerte ( $s=1.9$ )(Gráfico N°32)

MANTO OXIDADO SANTA ROSA



Muestras:  
 ① M7, Mc-56    ③ M5    ⑤ M4, Mc-52    ⑦ Mc-53  
 ② Mc-3, Mc-57    ④ Mc-55, M3, Mc-58    ⑥ M-1

MAPEO SUBTERRANEO - N. 331 MANTO SANTA ROSA

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA Y FRECUENCIA ACUMULADA DE Au-As-Sb EN LA ZONA OXIDADA DEL MANTO SANTA ROSA MINA "EL DORADO"

La primera población con los valores menores se hallan entre (0.19-1.19) ppm de oro, datos que corresponden a una subzona de Oxidación Externa a Intermedia.

La segunda población con valores intermedios comprendida entre (1.6-3.18) ppm de oro representan las zonas de Transición y de Enriquecimiento Secundario del manto; mientras que la tercera población con valores mayores dados entre (4.67-6.67)ppm de oro corresponden a la subzona de Oxidación Interna.

Los máximos valores están ubicados en la Rp.39NE (Gráfico N°32) En la curva de frecuencia acumulada se obtiene el valor de la mediana en 2.2 y al "threshold" en 6ppm

El background en la zona oxidada del manto Santa Rosa se considera como 2.0 ppm

El arsénico en el manto Santa Rosa presenta distribución polimodal, con cierta concentración de los datos hacia los valores menores, aunque se observa una dispersión fuerte ( $s=391$ )(Gráfico N°32)

En el gráfico de frecuencia acumulada se obtiene el valor de la mediana en 320 ppm y el "threshold" en 1050 ppm.

El antimonio en el manto oxidado Santa Rosa presenta una distribución con sesgo hacia la derecha, con una drástica concentración de los datos hacia los valores menores y dispersión fuerte ( $s=7.48$ )(Gráfico N°32)

En la gráfica de frecuencia acumulada se obtiene el valor de la mediana ( $m=94$ ) y el "threshold" en 2350 ppm

El BG del antimonio se halla en 180 ppm

Los coeficientes de correlación respectivos para la zona de oxidación del manto Santa Rosa son:

Relación	r
Au/As	0.28
Au/Sb	-0.01
As/Sb	0.63

Las correlaciones Au-As y Au-Sb son bajas mientras que las de As-Sb es moderada positiva.

En las gráficas de correlación (gráfico N°33) del manto oxidado Santa Rosa se aprecia una concentración prácticamente aleatoria de puntos, a excepción de la gráfica de correlación As-Sb, donde la nube presenta una cierta correlación. Por otro lado la subzona intermedia (zona de variación del nivel freático), destaca por sus bajos contenidos en Au-As y Sb (Cuadro N°13). Debido a esta característica en el zonamiento lateral del manto, en que se subdivide los datos en dos poblaciones, teniendo que:

a) Sobre la zona Intermedia

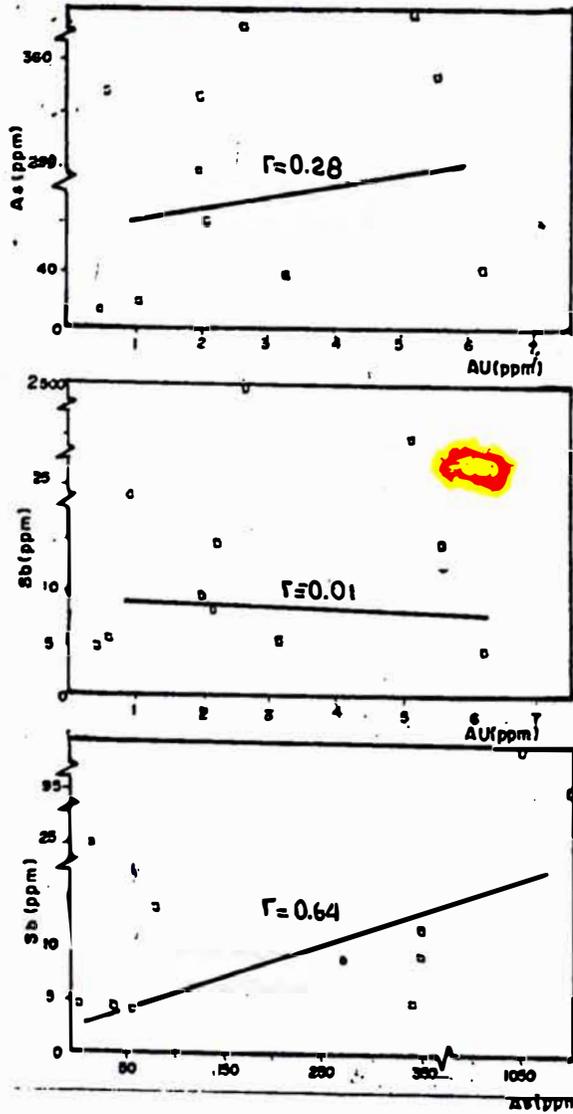
Relación	r
Au-As	0.89
Au-Sb	0.77
As-Sb	0.97

b) Debajo de la zona Intermedia

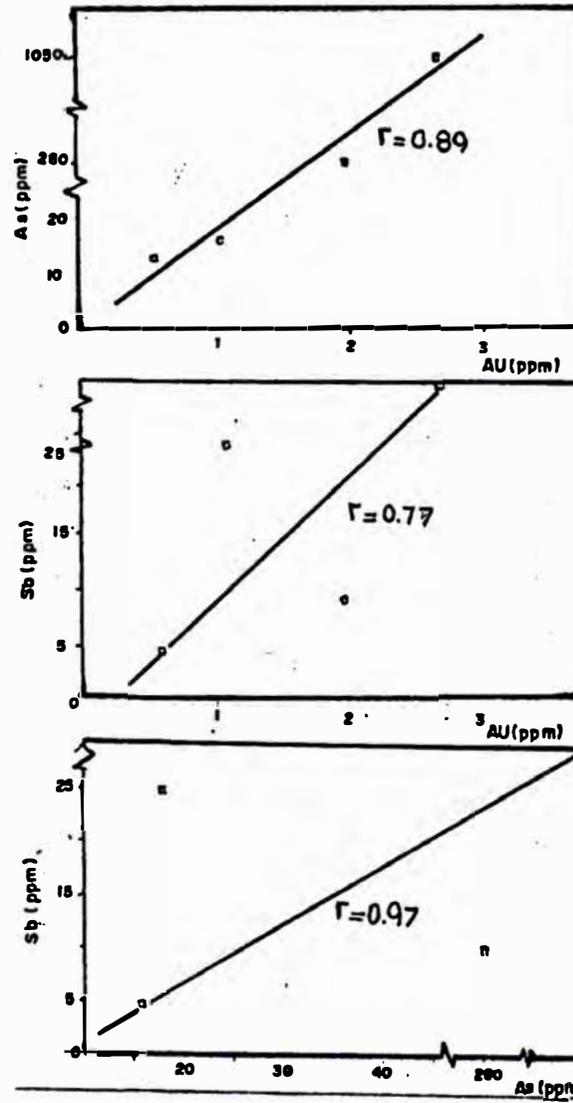
Relación	r
Au-As	0.19
Au-Sb	0.34
As-Sb	0.91

Sobre el nivel freático los nuevos coeficientes de correlación Au-As y Au-Sb aumentan notablemente haciéndose fuerte-positivo; por el contrario debajo del nivel las correlaciones se conservan bajas. La correlación As-Sb sobre y debajo del nivel freático (zonamiento lateral) del manto Santa Rosa se mantiene constante como fuerte-positiva.

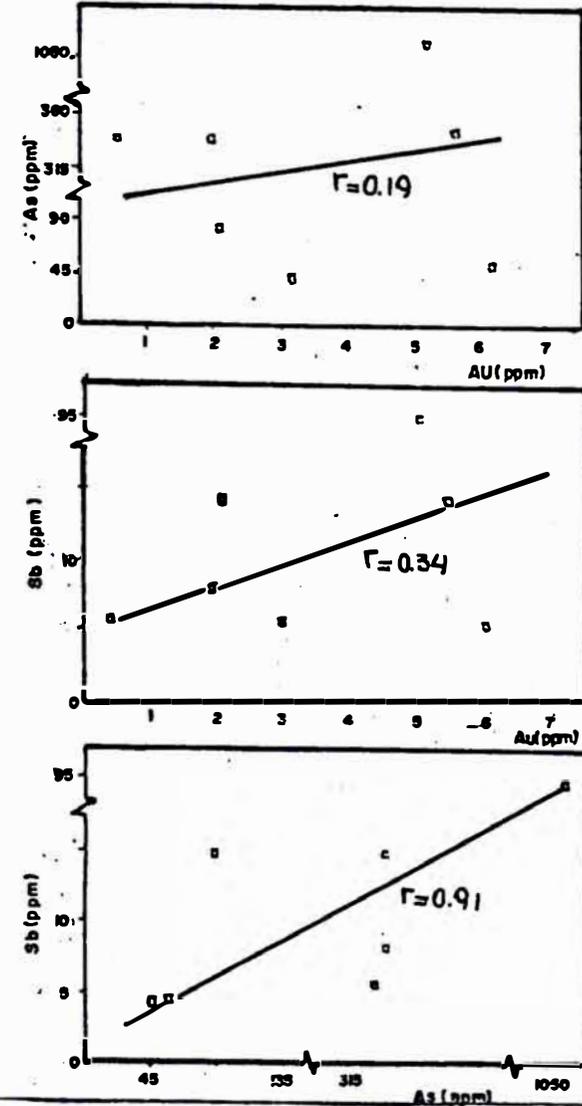
A.- Corr. Global.



B.- Sobre la zona Intermedia (Sup. al Nivel Freático)



C.- Bajo la zona Intermedia (Inferior al Nivel Freático)



GRAFICAS DE CORRELACION Au - As - Sb GLOBAL Y PARCIAL DE LA ZONA OXIDADA DEL MANTO SANTA ROSA: ZONA SUPERIOR E INFERIOR AL NIVEL FREÁTICO (Subzona Intermedia)

4. MANTO OXIDADO SANTA ROSA (datos de ASTORGA ,1987)(n=165) : Au-Ag Muestreo de tipo lineal sobre galerías y rampas, cada 1.5 m; con leyes de oro y plata en oz/Tc convertidas a ppm para fines de comparación.

Elemento	P A R A M E T R O				
	MAX	MIN	x	s	m
Au(ppm)	28	0.3	2.9	3.6	1.5
Ag(ppm)	472	0.3	38.7	72.7	20.7

El oro presenta una distribución log-normal, con sesgo hacia la derecha; con una buena concentración de datos hacia los valores menores y una dispersión de 3.6 (Gráfico N°34)

Los mayores valores de oro se ubican entre la Rp.39NE y Tr.4. En la gráfica de frecuencia acumulada se obtiene en valor de la mediana en 0.05oz/TC y el valor del "threshold" en 0.85 oz/TC.

El BG del oro en el manto oxidado Santa Rosa se considera en 0.05oz/TC.

La plata presenta una distribución log-normal, con sesgo hacia la derecha, con una buena concentración de datos hacia los valores menores, observándose una dispersión de 72.7 ppm (Gráfico N°34)

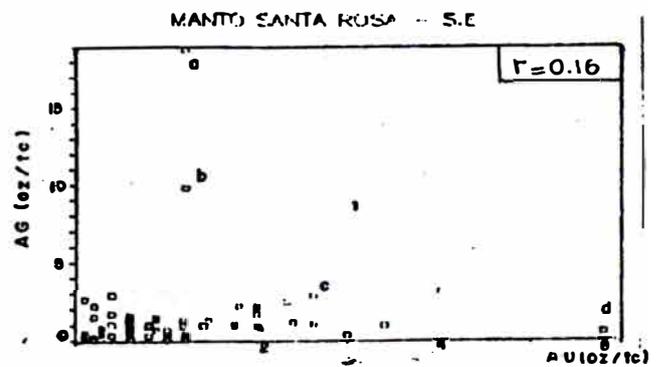
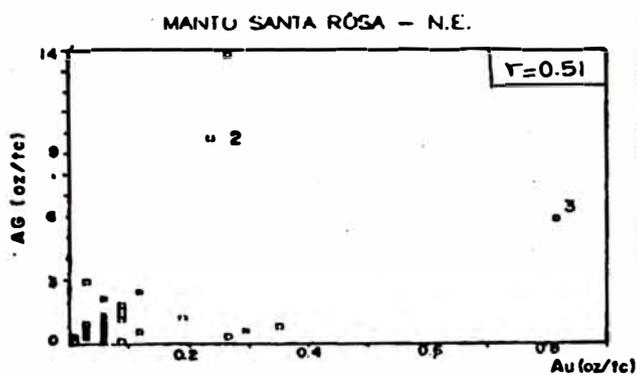
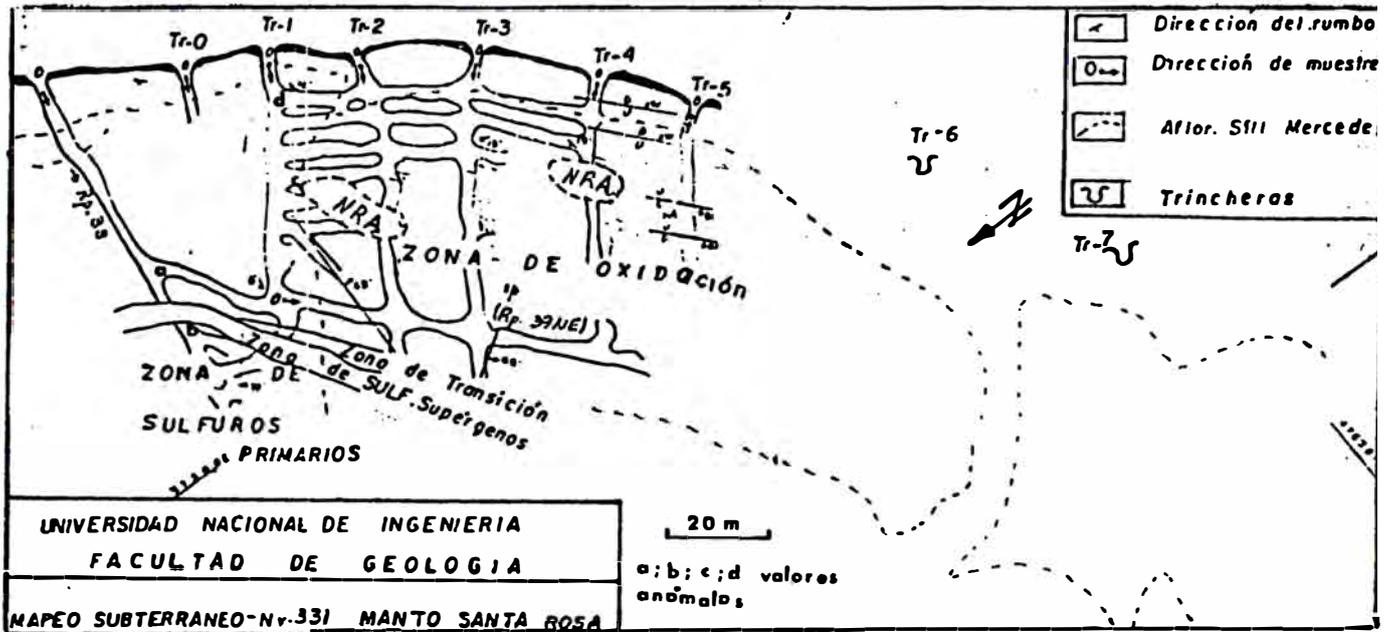
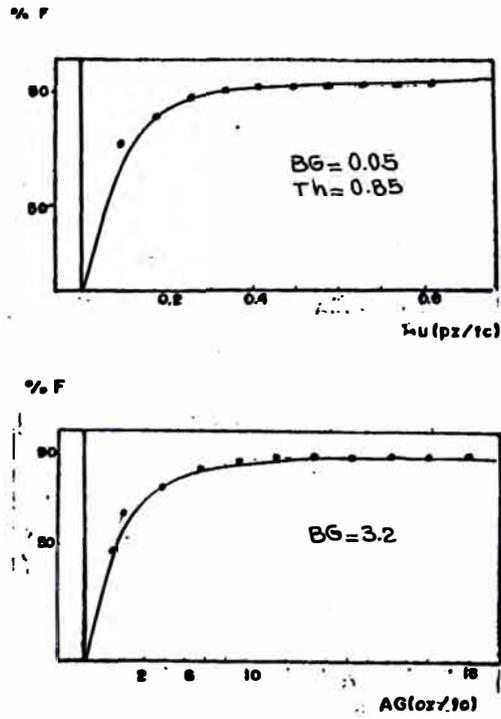
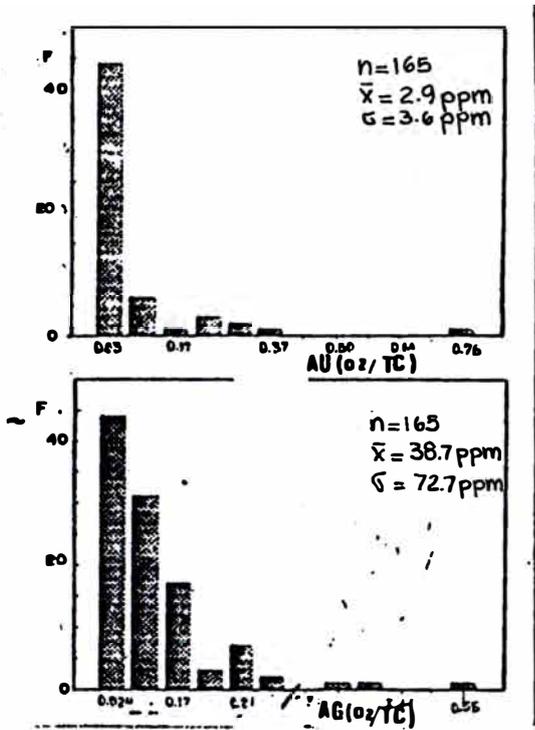
En la gráfica de frecuencia acumulada se obtiene el valor de la mediana en 3.2oz/TC.

El BG de la plata se considera en 3.2oz/TC.

Los coeficientes de correlación según dos direcciones preferenciales de muestreo : dirección NE (Rp.39) y dirección SE (rampa 33, rampa 33.1 y rampa 33.5)(Gráfico N°34)

Dirección	Relación	r
NE (n=58)	Au/Ag	0.51
SE (n=107)	Au/Ag	0.16

La correlación Au-Ag del manto oxidado Santa Rosa en dirección NE es moderada positiva disminuyendo a baja hacia el SE.



HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA FRECUENCIA ACUMULADA Au-Ag  
 CORRELACION Au - Ag ; ZONA OXIDADA DEL MANTO SANTA ROSA  
 DATOS DE ASTORGA (1987)

En las gráficas de correlación respectivas (Gráfico N°34) se muestra:

a) Dirección NE (Rp.39): con tres valores disonantes de la nube de puntos; estos datos tienen mayores valores de oro y se ubican entre la Rp.39 y la Tr-4. Haciendo una depuración de los datos mencionados, los nuevos coeficientes de correlación muestran un leve incremento.

b) Dirección SE (Rp.33.1, Rp.33 y Rp.33.5): con cuatro valores disonantes de la nube de puntos; estos datos presentan mayores de oro o de plata. Dos de los valores (a) y (b) con leyes máximas de plata, adicionalmente la muestra (b) pertenece a la zona de sulfuros primarios (Gráfico N°38)

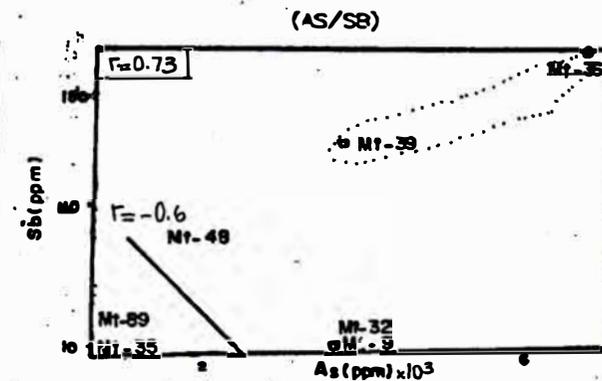
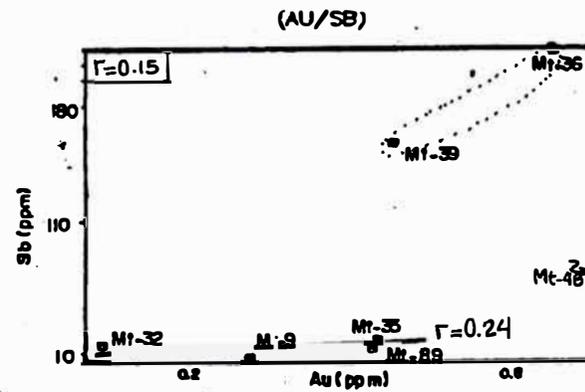
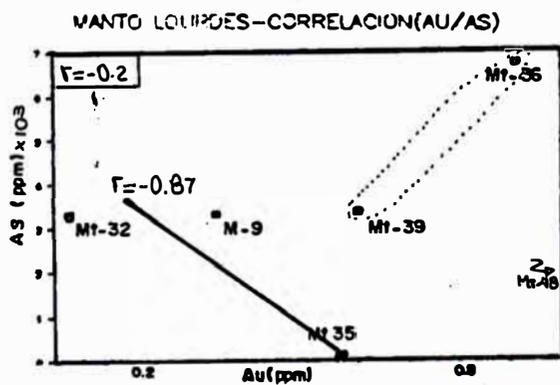
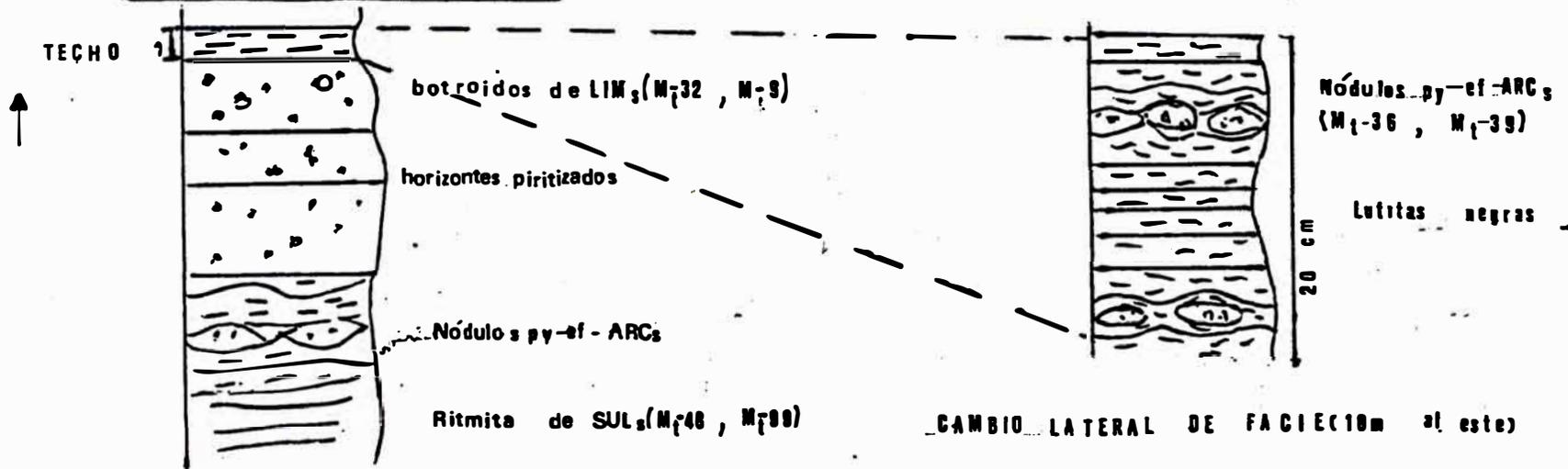
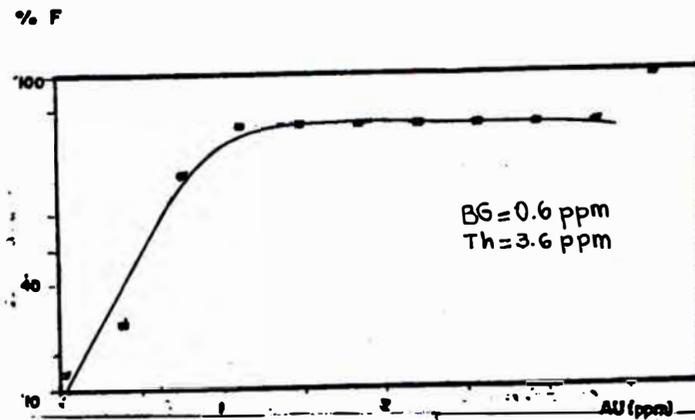
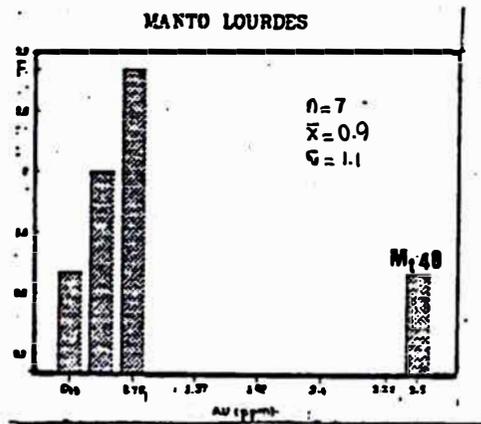
Un tercer valor (c) con alto contenido de oro y bajo en plata, se ubica en la Rp.33.1 a 3m de la quebrada y de uno de los cuerpos elipsoidales del manto. Un cuarto valor (d) con mayores valores de oro y bajo en plata se ubica a 10m de superficie en la Rp.33.1  
Depurando los valores disonantes y recalculando los coeficientes se tieneo que la correlación Au-Ag mejora a 0.27

#### 5.MANTO LOURDES (INTERIOR MINA)(n=7) : Au-As-Sb

Elemento	P A R A M E T R O				
	MAX	MIN	x	s	m
Au(ppm)	3.8	0.03	0.9	1.1	0.6
As(ppm)	6700	10	2529	2374	2920
Sb(ppm)	210	12	72	78	25.4

El oro en el manto Lourdes (interior mina) presenta una distribución bimodal, sesgada hacia la derecha, con una buena concentración de los datos hacia los valores menores, aunque en general se observa una fuerte dispersión ( $s=1.1$ )(Gráfico N°35)

La primera población que contiene los valores menores, presenta la mayor concentración de datos entre los valores (0.03-0.9)ppm de oro; estas muestras representan a la zona superior del manto,



HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA, FRECUENCIA ACUMULADA Y GRAFICAS DE CORRELACION Au-As-Sb EN EL MANTO LOURDES MINA "EL DORADO"

mientras que la segunda población consiste de un único valor (3.68 ppm Au) correspondiente a la muestra M<sub>t</sub>-48 en la zona de sulfuros primarios de dicho manto.

En la curva de frecuencia acumulada del oro se obtiene el valor de la mediana en 0.6 y el valor del "threshold" (th=3.6ppm). El BG del oro en el manto Lourdes se considera como 0.6 ppm.

Los coeficientes de correlación son:

Relación	r
Au/As	-0.2
Au/Sb	0.15
As/Sb	0.73

Las correlaciones oro-arsénico y oro-antimonio son bajas; mientras que la de arsénico-antimonio es fuerte y positiva.

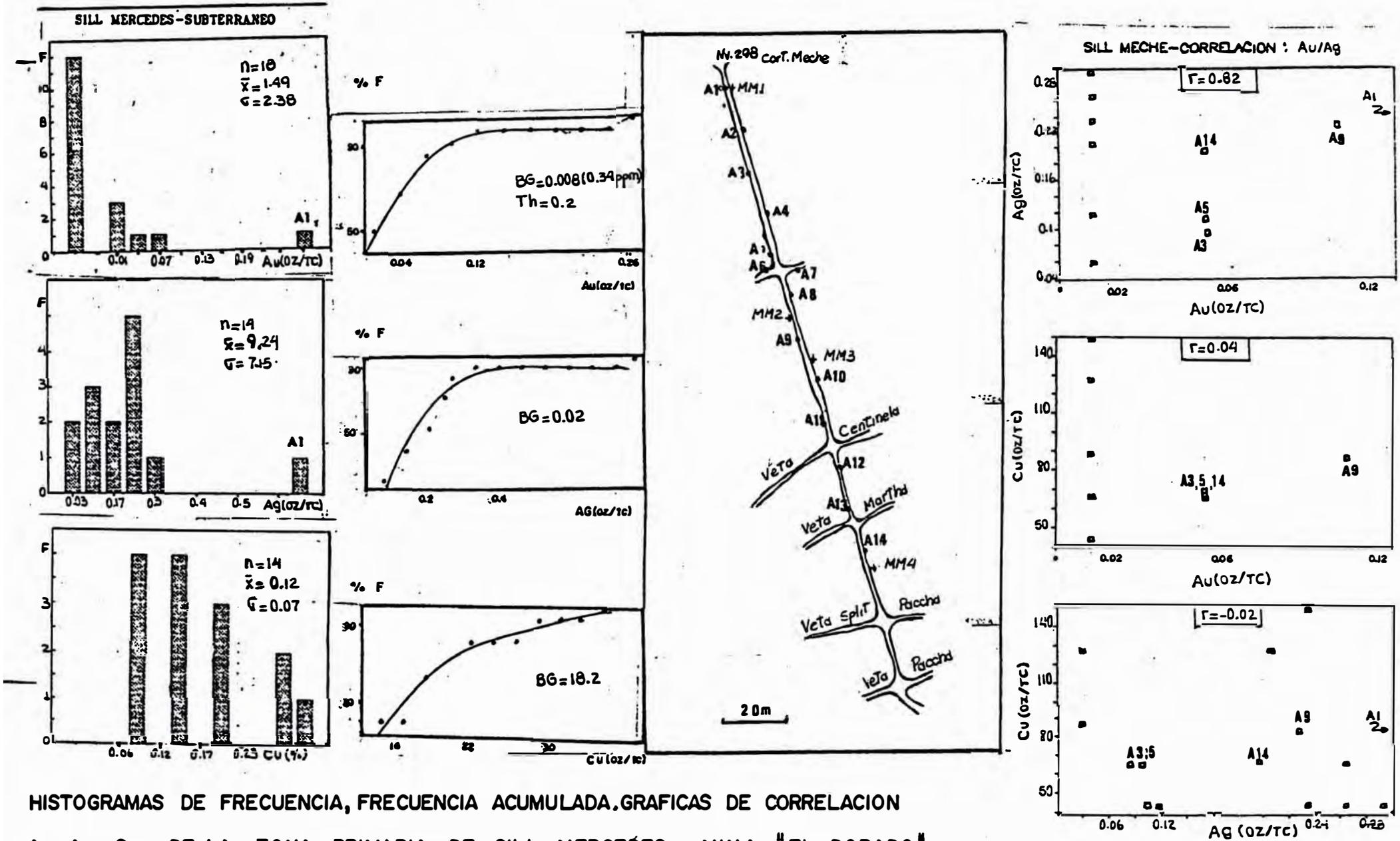
Se observa tres valores disonantes de la población total: dos de los cuales (M<sub>t</sub>-36 y M<sub>t</sub>-39) corresponden al cambio lateral del manto y el tercero (M<sub>t</sub>-48) a la zona de sulfuros primarios); depurando estos valores los nuevos coeficientes de correlación son:

$$r(\text{Au/As}) = -0.87, \quad r(\text{Au/Sb}) = 0.24 \quad \text{y} \quad r(\text{As/S/}) = -0.60$$

6. SILL MERCEDES-SUBTERRANEO (datos de ASTORGA,1987) : Au-Ag-Cu  
El muestreo subterráneo se realizó de forma lineal cada 20 metros sobre galería en dirección N20°W (Gráfico N°36)

Elemento	P A R A M E T R O					
	n	MAX	MIN	x	s	m
Au(ppm)	18	9.9	0.34	1.49	2.38	0.34
Ag(ppm)	14	28	1.99	9.24	7.15	7.27
Cu(%)	14	0.34	0.1	0.2	0.07	0.16

El oro en la zona primaria del sill presenta una distribución sesgada hacia la derecha; con una concentración de los datos hacia los valores menores, con una fuerte dispersión (s=2.3)(Gráfico N°36). La muestra A1 que corresponde a la zona oxidada del sill



HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA, FRECUENCIA ACUMULADA, GRAFICAS DE CORRELACION Au - Ag - Cu DE LA ZONA PRIMARIA DE SILL MERCEDES MINA "EL DORADO"

presenta el valor de oro más alto. Los otros datos se encuentran en el intervalo 0.002-0.112 oz/TC de oro, y corresponden a la zona primaria del sill Mercedes.

Sin considerar la muestra A1 de la zona oxidada, la distribución del oro podría ajustarse al tipo log-normal.

La curva de frecuencia acumulada del oro, muestra el valor de la mediana en 0.34 y al "threshold" en 6.9ppm.

El background del oro en la zona primaria del sill Mercedes se considera en 0.34ppm.

Los respectivos coeficientes de correlación están dados por:

Relación	r
Au/Ag	0.82
Au/Cu	0.04
Ag/Cu	-0.02

La relación oro-plata es fuerte positiva (Gráfico N°36) mientras que las de oro-cobre y plata-cobre son malas.

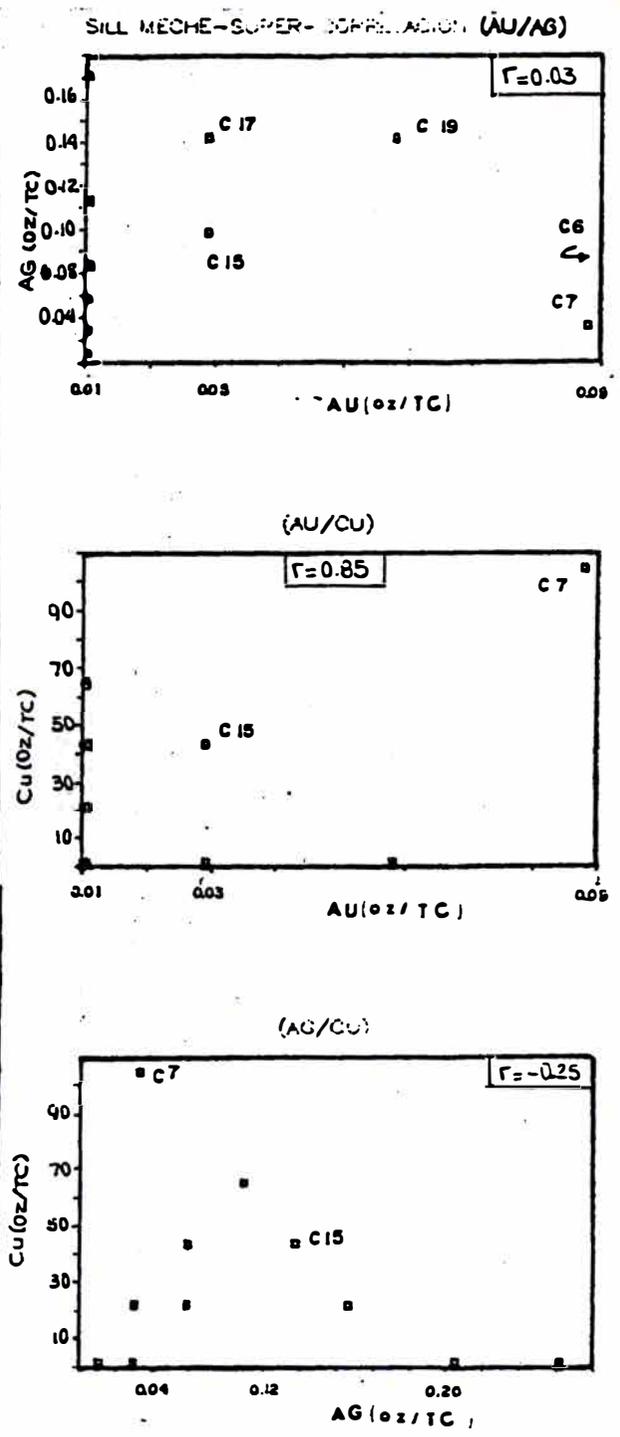
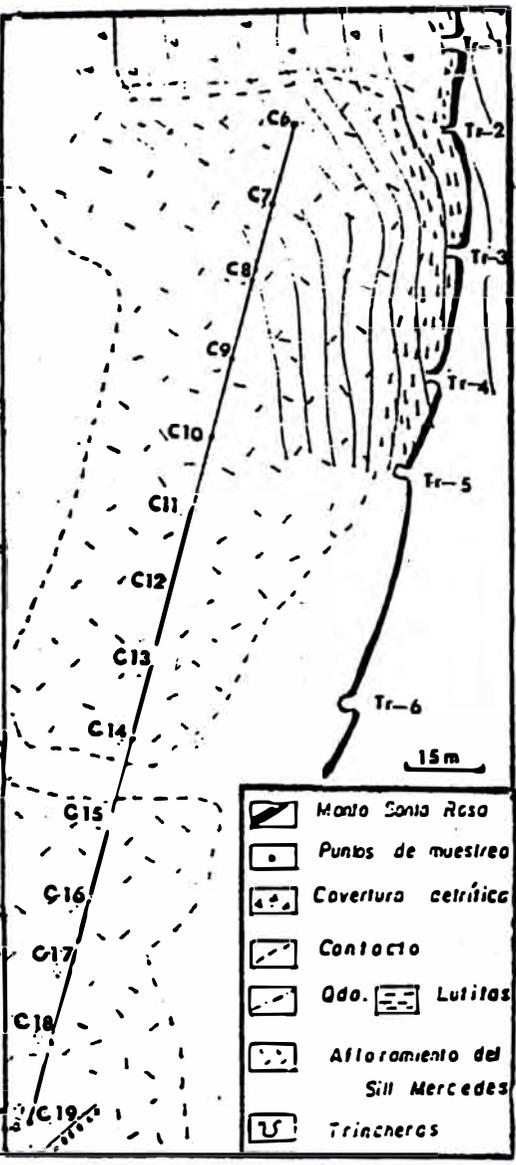
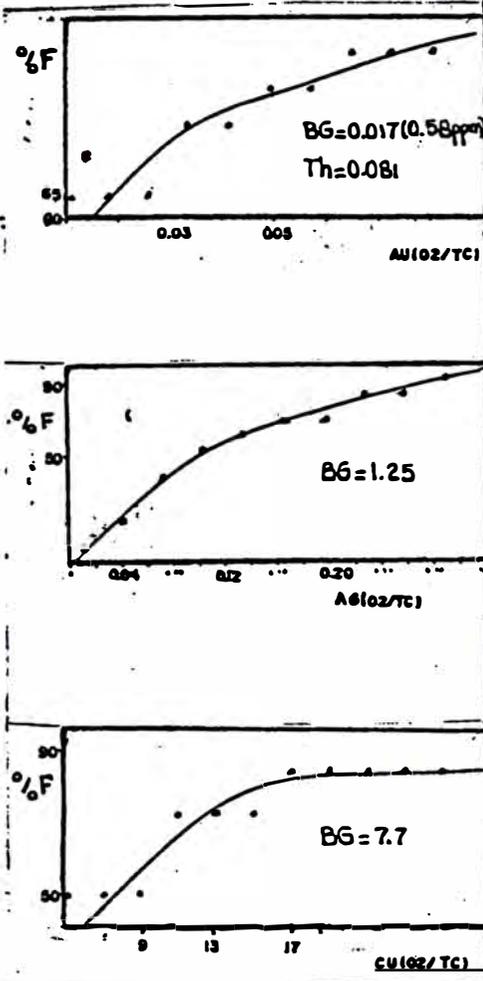
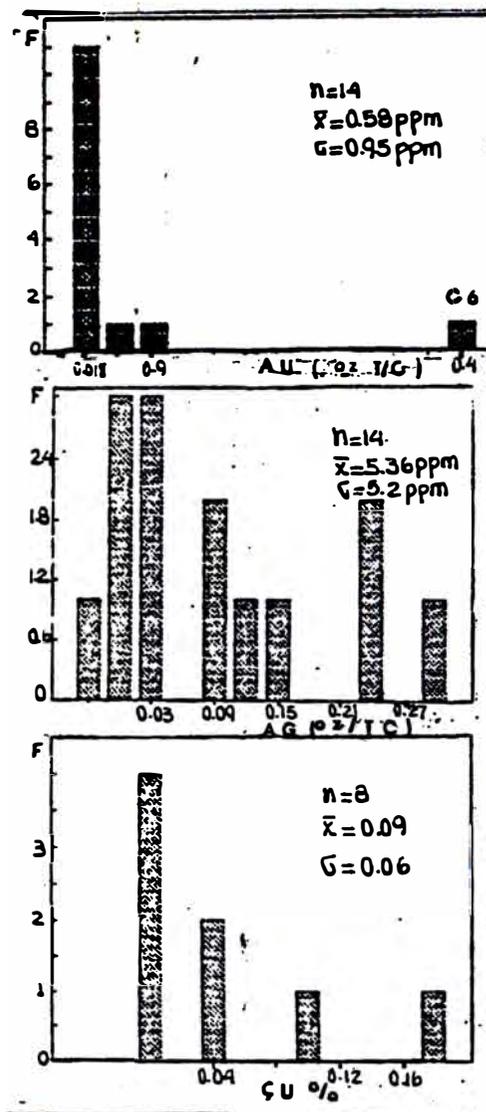
Observando las gráficas de correlación (Gráfico N°36) se aprecian tres agrupaciones de puntos de probable comportamiento diferente.

En el diagrama de leyes Au-Ag-Cu de la zona primaria del sill Mercedes, en dirección N20°W (Gráfico N°37), vemos que, a grandes rasgos el oro, la plata y el cobre siguen el mismo comportamiento.

El par oro-cobre presenta similar comportamiento excepto por la muestra A11, esta se ubica aproximadamente a 7m de la veta Centinela, de rumbo N65°E y buz. 60°NW.

#### 7. SILL MERCEDES -DE SUPERFICIE (datos de ASTORGA, 1987) : Au-Ag-Cu

El muestreo superficial basado en una malla cuadrada de 15 metros de lado en dirección N40°E (Gráfico N°38)



HISTOGRAMA DE FRECUENCIA, FRECUENCIA ACUMULADA, GRAFICAS DE CORRELACION Au - Ag - Cu DE LA ZONA OXIDADA DEL SILL MERCEDES-MINA "EL DORADO"

Elemento	P A R A M E T R O					
	n	MAX	MIN	x	s	m
Au(ppm)	14	2.98	0.34	0.58	0.95	
Ag(ppm)	14	11.3	0.89	5.36	5.21	2.9
Cu(%)	8	0.24	0.05	0.09	0.06	0.07

El oro en la zona oxidada del sill Mercedes presenta una distribución sesgada hacia la derecha; con una concentración de los datos hacia los valores menores; con una dispersión fuerte ( $s=0.95$ )(Gráfico N°38). El valor más alto corresponde a la muestra C6 ubicada cerca a un quebrada y encima de uno de los cuerpos elipsoidales del manto Sta. Rosa.

Los otros datos se concentran entre (0.01-0.113)oz/TC de oro; conformando una especie de distribución log-normal.

La curva de frecuencia acumulada presenta el valor del "threshold" en 2.83ppm

El background del oro en la zona oxidada del sill Mercedes se considera igual a 0.58 ppm.

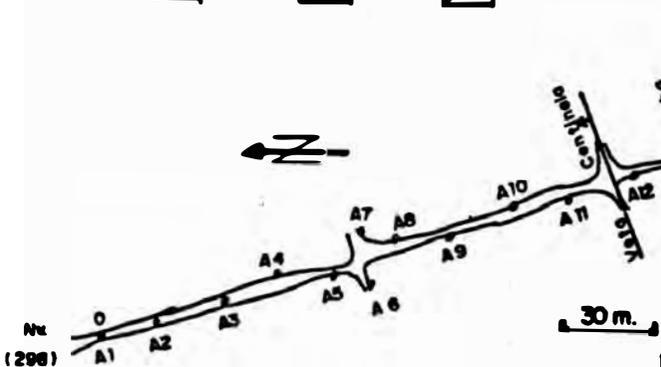
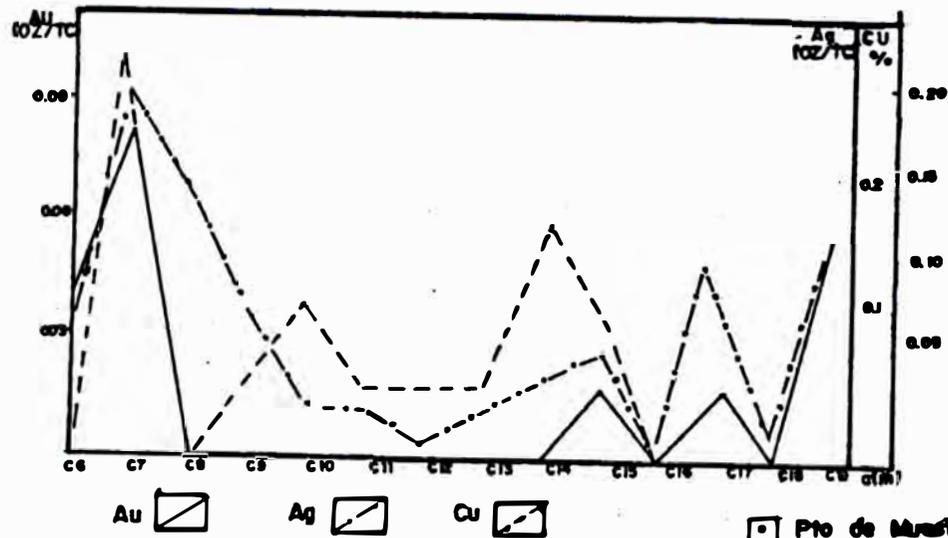
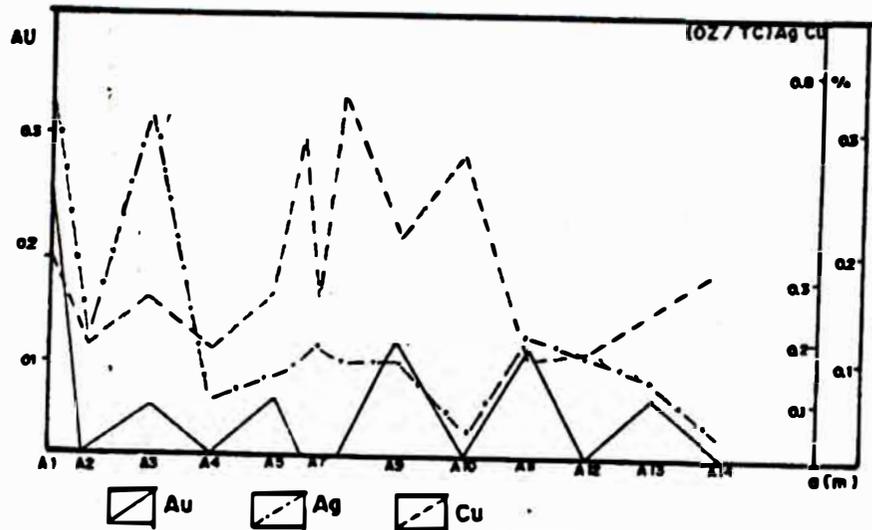
Los coeficientes de correlación Au-Ag-Cu para la zona de oxidación del sill Mercedes son:

Relación	r	n
Au/Ag	0.03	14
Au/Cu	0.85	8
Ag/Cu	-0.25	8

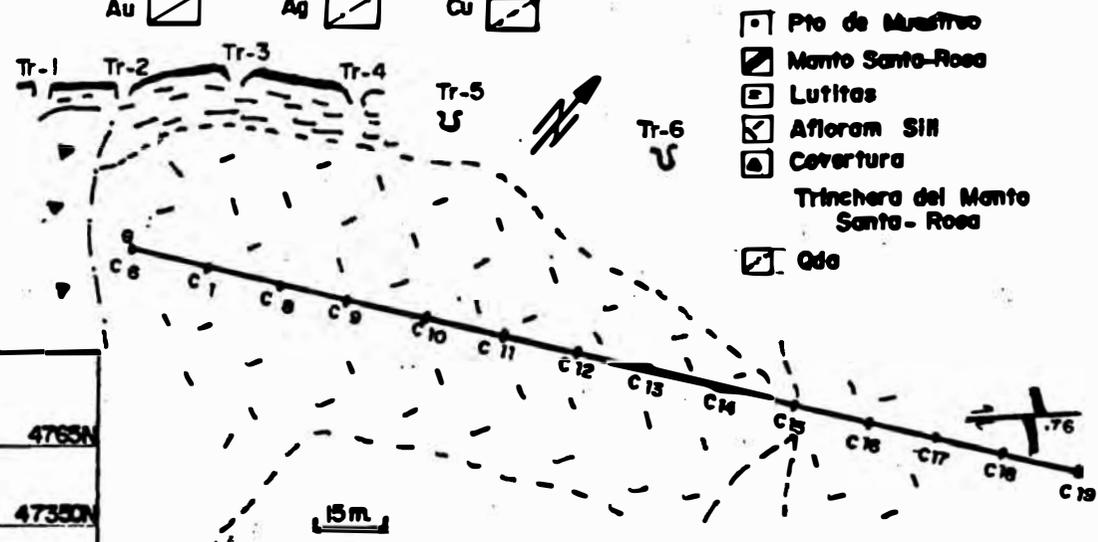
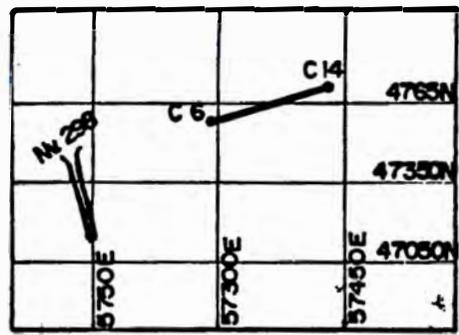
Depurando las muestras C7 y C16 disonantes de la nube de correlación (Gráfico N°36) se tiene:  $r(\text{Au/Ag}) = 0.05$ ,  $r(\text{Au/Cu}) = 0.002$  y  $r(\text{Ag/Cu}) = 0.09$

Las correlaciones oro-plata y plata-cobre son malas mientras que la de oro-cobre es fuerte positiva.

Observando las gráficas de correlación (Gráfica N°38) se aprecia una nube de puntos con dos<sup>a</sup> muestras fuera de ella. Una de las muestras presenta mayores valores de oro y cobre y bajo en plata (C7), esta muestra se ubica espacialmente sobre uno de los cuerpos



A) PLANO DE MUESTREO SUBTERRANEO (en direccion N 20w)



B) PLANO DE MUESTREO SUPERFICIAL (en direccion NE-SW)

- Pto de Muestreo
- ▣ Manto Santa-Rosa
- ▢ Lutitas
- ▧ Afloram Sil
- ▣ Cobertura
- Trinchera del Manto Santa-Rosa
- ▣ Qda

elipsoidales del manto Sta. Rosa; la otra muestra (C15) presenta valores bajos de oro, cobre y plata y se ubican en la zona de quebrada.

Observando los diagramas de leyes Au-Ag-Cu de la zona oxidada del sill Mercedes, en dirección NE-SW (Gráfico N°37), vemos que el par oro-plata muestra un comportamiento similar; el par oro-cobre también, a diferencia de la muestra C15.

El par plata-cobre tiene un comportamiento similar excepto la muestra C9.

Adicionalmente los máximos valores de cobre, los presenta la muestra C7, ubicada espacialmente sobre el cuerpo elipsoidal del manto Sta. Rosa (denominado Núcleo Residual)

6. ASOCIACIONES DEL ORO : Consideraremos las asociaciones litológicas, mineralógicas y geoquímicas:

6.1 ASOCIACION LITOLOGICA.- el oro de la mina "El Dorado" se presenta prácticamente en todos los mantos, los cuales se emplazan en las capas areno-lutíticas de la formación Inca y en las calcáreas margosas de las formaciones Chulec y Pariatambo, todas de edad albiaria (Cuadro N°5)

Dentro de la columna estratigráfica a nivel global, los mantos ubicados en la formación Pariatambo son los que presentan menores tenores de oro, siguiéndole la formación Chulec y por último los de la formación Inca. (Cuadro N°12)

Los mantos de la fm. clástica Inca muestran una buena porosidad y un marcado zonamiento lateral (caso del manto Santa Rosa), lo que explicaría la concentración apreciable de oro, en la subzona de oxidación interna, con valores de hasta 6.27 gr/TC (Cuadro N°13)

Otro marcado ejemplo es el del manto Lourdes con valores de oro de 0.65 gr/TC en la zona de oxidación (Cuadro N°14). Este manto marca el paso de la facie clástica a la calcárea-marina, mostrando rasgos sedimentarios de removilización y presencia de un horizonte lutáceo al techo del manto (trampa estratigráfica?), lo que habría permitido que la ley de oro original aumentase.

En los calcáreos de la fm. Chulec, el manto más representativo es el Fátima, con valores de oro de 1.2 gr/TC siguiéndole el Ebe con 2.8 gr/TC; este último representa el paso entre las fms. Chulec y Pariatambo. (Cuadro N°12)

La buena porosidad de las rocas areno-lutítica de la fm. Inca llega hasta el 60%, por ello estos mantos presentan una zona de oxidación bien desarrollada, con diversas texturas de disolución: cavernosa, porosa y de redeposición: botroidal y microestalactítica, pseudobandeada, bandeada y rítmica.

Respecto a los cuerpos ígneos (sills) los tenores de oro son comparativamente más bajos (Cuadro N°15).

En superficie (zona oxidada) alcanzan promedio 0.02 gr/TC; una muestra de superficie del sill Centinela mostró 0.04 gr/TC de oro

y otra de interior mina con 0.02 gr/TC de oro; estas muestras se encuentran cercanas a fracturas mineralizadas.

**6.2 ASOCIACION MINERALOGICA.**-Según DE MONTREUIL (1986) en el Perú, en la faja de rocas sedimentarias, el oro se presenta principalmente al estado nativo y como electum.

El oro también se presenta en microvenillas en sulfuros principalmente pirita y arsenopirita; con menos frecuencia como inclusión en enargita, calcopirita y tetraedrita.

En la mina " El Dorado" el oro se encuentra principalmente relacionado con las limonitas y al parecer también con la pirita (Cuadro N°5).

**ORO EN LIMONITAS.**-El oro no se logra identificar bajo el microscopio, el cual probablemente se halle incorporado en las limonitas, a partir de una exsolución en pirita y/o calcopirita, ya que el núcleo de los botroides limonitizados están formados de cuarzo-pirita-hematita.

Los mantos oxidados presentan varias tonalidades, así tenemos: limonitas amarillo ocre, pardas, guinda, marrones, oscuras, rojizas; las cuales se originan a partir de la oxidación e hidratación de los sulfuros y óxidos de hierro de la zona primaria. Respecto a su textura, las hay terrosa, coliformes compactas y cristalizadas.

Con el estudio mineralógico simple no se pueden identificar a cabalidad el tipo de limonita debido a su tamaño muy fino, estado subcristalino y a su mezcla con otros minerales (principalmente sericita y arcillas)

Aunque bajo el microscopio se pudo identificar cristales subradiales de goethita en textura botroidal, acompañados de relictos de pirita y hematita.

El oro se concentra en las limonitas de textura esponjosa con retículos de color amarillo o café con tonos rojizos-mientras que las de color chocolate a negro tienen bajo contenido en oro (ASTORGA 1987)

a) ORO EN LIMONITAS PARDO-AMARILLENTAS: el color está en función de la mineralogía, tamaño, absorción del agua, pH y clima (BLANCHARD 1968), estas limonitas son las que más abundan en los mantos; presentan textura terrosa y pulverulenta, en tonos pardo, amarillento a ocre.

En las texturas de disolución de los mantos (porosa, cavernosa, etc) dichas limonitas rellenan las oquedades y moldes cúbicos (limonitas autógenas, a partir de la pirita), se presentan como impregnaciones de la roca (limonitas alóctonas) donde bordean a las limonitas de tonos rojizos, estas derivadas probablemente a partir de la calcopirita.

En la textura de redeposición del tipo botroidal, presente en los mantos, las limonitas terrosas se encuentran rellenoando los núcleos (cavidades) y otras amorfas asociadas a delgadas capas de óxidos de manganeso (psilomelano?) en textura compacta y en microestalactitas en las zonas externas del manto, por la percolación del agua de filtración

Las limonitas pardo-amarillentas presentan menores valores de oro que las de tonos rojizos.

b) ORO EN LIMONITAS ROJIZAS: en los mantos ocurren en menor proporción, pero a su vez poseen los valores más altos en oro. Presentan texturas de redeposición: botroidal y a veces terrosa. En los botroides alterna bandas con las limonitas pardas, donde también se aprecia relictos de pirita y laminillas de hematita, cuando se presenta terrosa se halla bordeada por las limonitas color pardo-amarillento.

En algunos mantos se observa capas externas de óxidos de manganeso bordeando a los botroides limonitizados o tapizando las cavidades.

c) ORO EN SULFUROS Y SULFOSALES: la pirita se encuentra distribuída en forma continua en los mantos, muy en especial en

los de tipo cuarzo-sericíticos de la fm. Inca, donde ocurren como piritización.

También la pirita se halla diseminada en los mantos emplazados en las fms. Chulec y Pariatambo, aunque con distribución menos notoria. Además la pirita, en los mantos de la mina "El Dorado", se encuentra concentrada a manera de bandas en los mantos piritizados que contienen oro. Las texturas cavernosas y porosas muestran retículos con moldes cúbicos, probablemente de pirita. Según ASTORGA (1987) el oro ocurre como exsolución en pirita y de la misma forma también en calcopirita y petzita (DE MONTREUIL 1986).

Los sills al igual presentan moldes cúbicos rellenos con limonitas terrosas color ocre. La pirita al oxidarse produce limonitas color ocre (BLANCHARD 1968).

La calcopirita se encuentra presente diseminada en los mantos de la mina "El Dorado", muy en especial los de tipo complejo y en los de esfalerita-galena.

La calcopirita al oxidarse produce limonitas rojizas (BLANCHARD 1968); las cuales como ya mencionamos, poseen mayores valores de oro y se circunscriben como débil diseminación en las limonitas terrosas color ocre.

En el caso de los mantos complejos (ejm. manto Lourdes), la calcopirita, en la zona primaria, se encuentra como exsolución en esfalerita; también se observa estrellas de esfalerita en calcopirita (Ver párrafo 2.3.4.3)

Aunque en superficie los sills suelen presentar buena ley de oro (por efecto de cercanía de fracturas mineralizadas), los mayores tenores se hallan en interior mina (Cuadro N°15)

La mala correlación entre el Au/As en los mantos, descartan la idea de que ocurran en la pirita, asociada a bandas arsenicales (CANEPA 1980).;

Esta baja correlación Au-As se contrapone a la opinión de ERICKSEN et al. 1956, quien sostiene, que en la mina "El Dorado", el oro ocurre diseminado y en venillas en galena y tetraedrita.

En el manto oxidado Santa Rosa, la baja correlación entre Au/Ag discrepa a la opinión de DE MONTREUIL (1986), que el oro se halle como exsolución en petzita (teluro de oro y plata).

Respecto a la plata, en el manto Santa Rosa, ella podría encontrarse en la galena, (ASTORGA 1987) da cuenta de mantos oxidados con presencia de galena y con 1.2 oz/TC de Ag (Cuadro N°3). La plata también podría provenir de las sulfosales; a las que prácticamente no hemos hecho mención en el presente trabajo. En el sill Mercedes (interior mina) se observa una fuerte correlación positiva entre el oro y la plata. Probablemente ambos elementos ocurran como electrum. En la zona oxidada dicha correlación disminuye, probablemente debido a la mayor movilidad de la plata. El cobre proviene de la calcopirita y/o cobregrises, los que no deben ser argentíferos, ya que existe una correlación casi nula entre la Ag y Cu.

Pero en la zona de oxidación hay una buena correlación entre Au-Cu, probablemente debido a una asociación del oro con calcopirita, no descartando la posibilidad de que el oro también de halle en pirita.

## 7. DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS EN FUNCION DEL ZONAMIENTO LATERAL DE LA ALTERACION SUPERGENA

La alteración está muy bien representada en el manto Santa Rosa, debido a la buena porosidad de la roca (arenisca de la fm. Inca) en la cual se emplaza este manto).

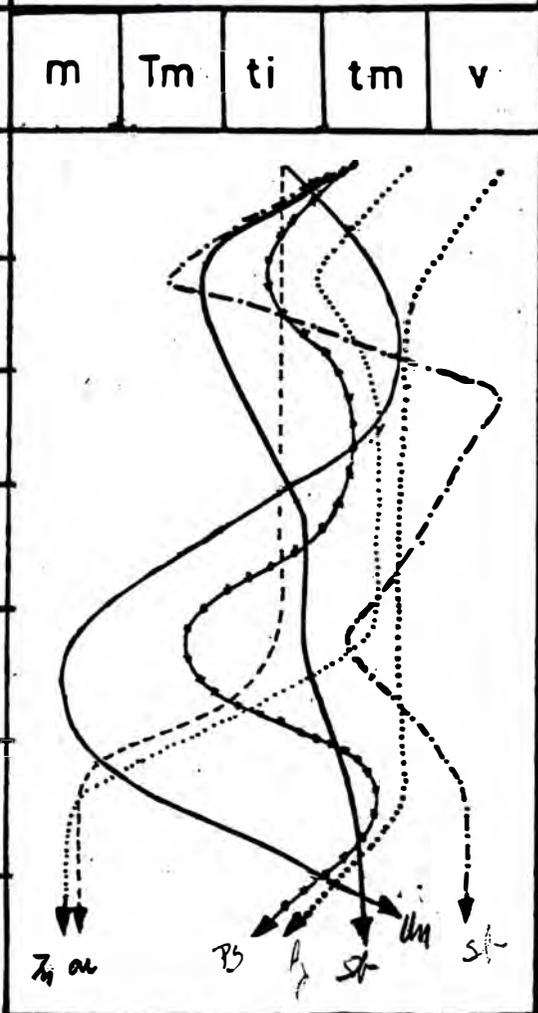
A diferencia de los mantos ubicados en la fms. calcáreas (Chulec y Pariatambo), los mantos de la fm. Inca presentan una zona oxidada hasta de 60m. de profundidad, la cual disminuye en las calcáreas a 30 metros.(Gráfico N°17 b)

La distribución geoquímica según el zonamiento lateral; del manto Santa Rosa, de los elementos: arsénico, antimonio, cobre, plata, zinc, plomo y manganeso, representada en los gráficos N°40, N°41, N°42 y N°43.

El arsénico y el antimonio se presentan con mayor concentración en la subzona de oxidación externa, ubicada debajo de la zona de lixiviación y sobre la zona de variación del nivel freático.

**DISTRIBUCION GEOQUIMICA**

ZONA	ZONAMIENTO	P(m)	TEXTURA	MINERALOGIA	Au (ppm)
AERACION	(a) LIXIVIACION	2	CAVERNOSA	Py, hm, Cp ±, LIMs Ocre, Marrón, Naranja	0.81
	(b) DE OXIDACION EXTERNA	15	CAVERNOSA, BOTROIDAL	Py, hm, ef = LIMs Ocre, Marrón, ARCs	2.34
	(c) INTERMEDIA	25	MICRO-BOTROIDAL, TERROSA	Py, Cp, jar, - LIMs Ocre, Marrón, ARCs	0.67
	(d) DE OXIDACION INTERNA	10	BOTROIDAL, COLOFORME	Py, mc, cp, hm, jar, LIMs rojiza, pardo, Hoz-Mn.	5.65
SATURACION SUPERIOR	(e) TRANSICION	2	CAVERNOSA	Py, cp, gn, LIMs Ocre Marrón, Hoz-Mn, ARCs.	2.10
	(f) ENRIQUECIMIENTO SECUNDARIO	3	BANDEADA	Py, SULs (cp, gn, cc), ARCs.	3.14
SATUR. INFERIOR	(g) SULFUROS PRIMARIOS	-	BANDEADA	Py, sf, mc, mg, cp, hm, gn, CGRs, ARCs.	1.28

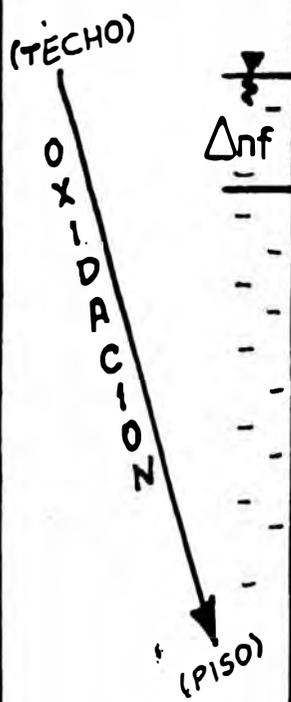
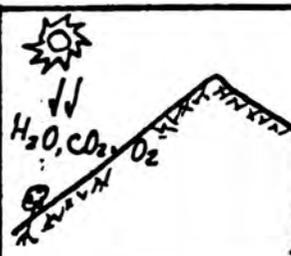


As    Sb    Ag    Cu    Zn    Pb  
 Mn  
 (Estimado por Espectrografía de Emisión)

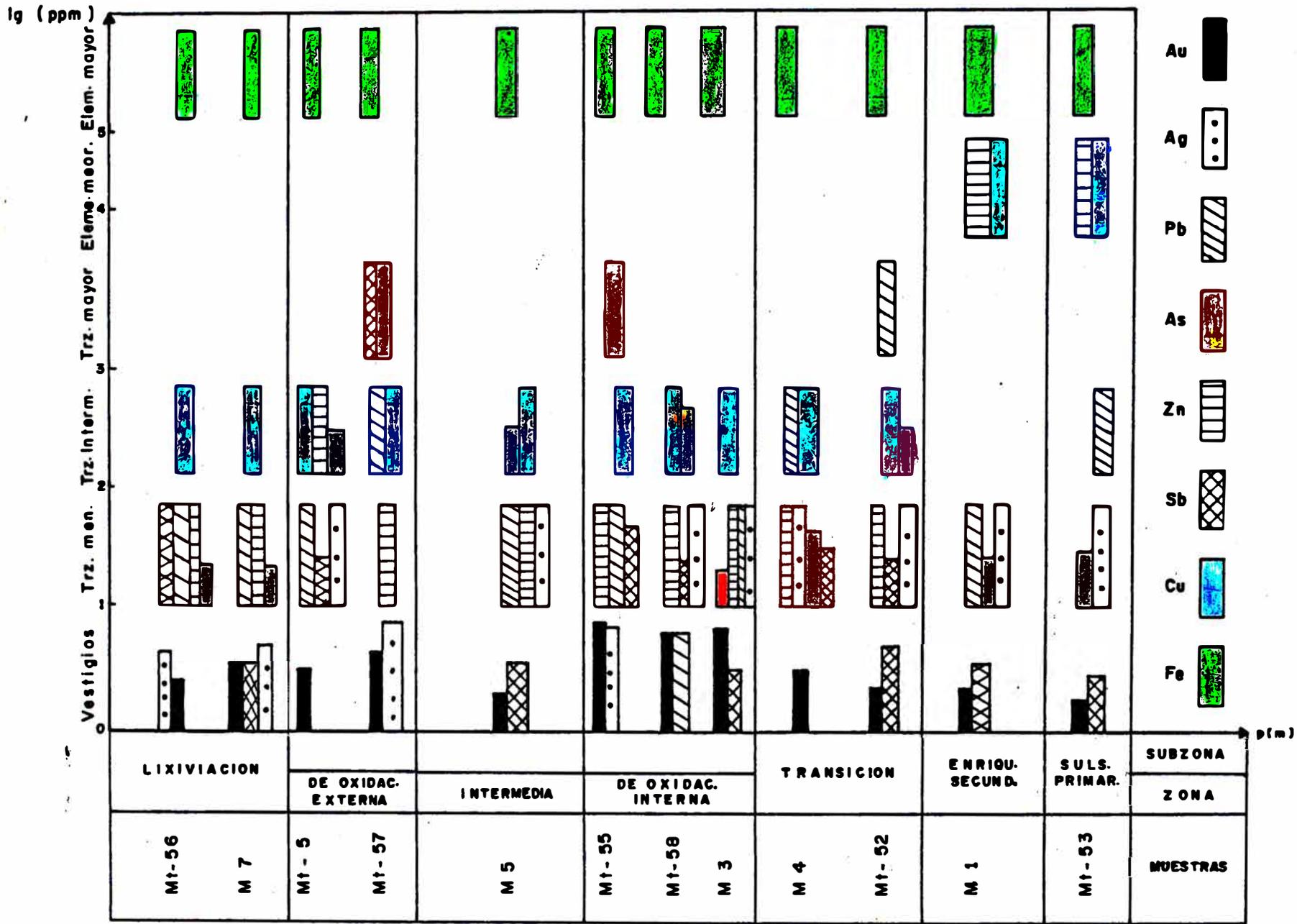
P(m) Potencia, en mts.

$\Delta n_f$  = Zona de Variacion del nivel Frático

m = elementos menores  
 Tm = traza mayor  
 Ti = traza intermedia  
 tm = traza menor  
 v = vestigio

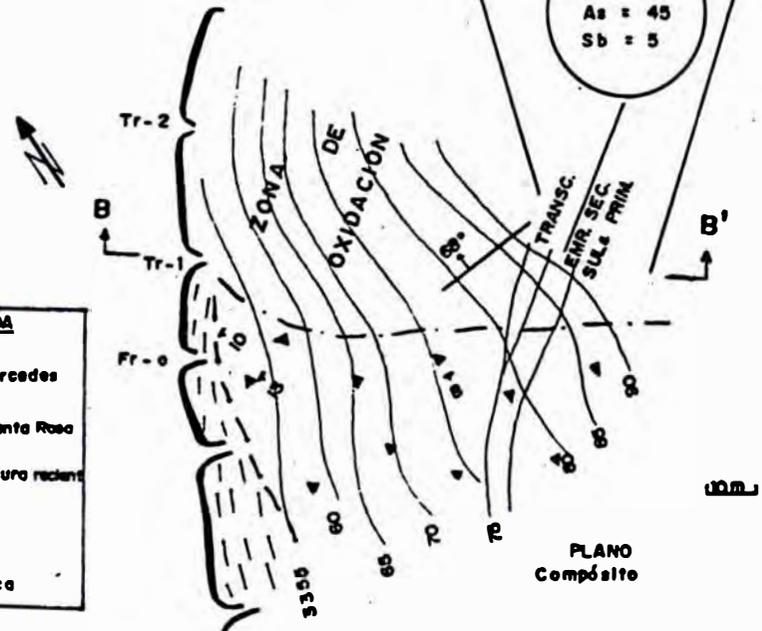
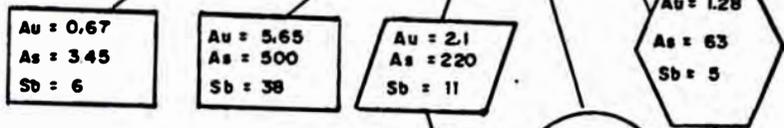
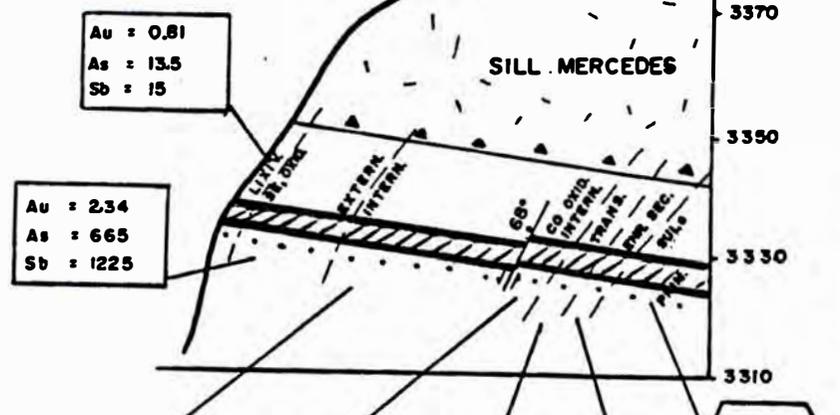


**ZONAMIENTO LATERAL DE LA ALTERACION SUPERGENA DEL MANTO SANTA ROSA (Nv. 331 - MINA "EL DORADO") GRAFICO N° 40**



DISTRIBUCION GEOQUIMICA Au-Ag-Pb-As-Zn-Sb-Cu-Fe. SEGUN ZONAMIENTO LATERAL DEL MANTO SANTA ROSA ( NV. 331 MINA EL DORADO) Gráfico Nº 41

**CORTE B-B'**  
(mirando al NE)

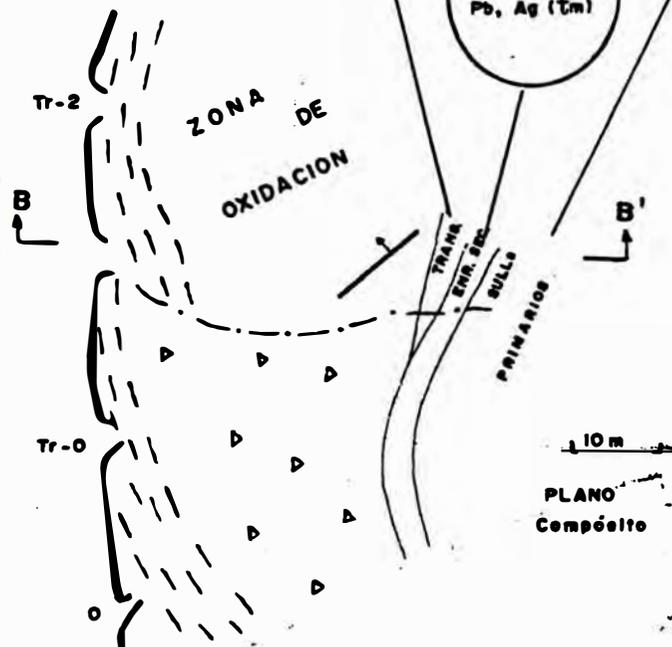
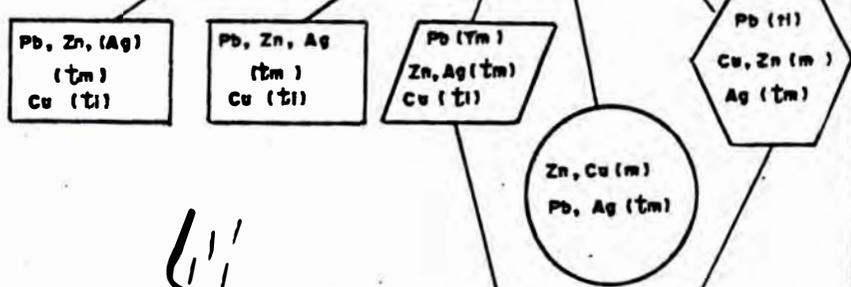
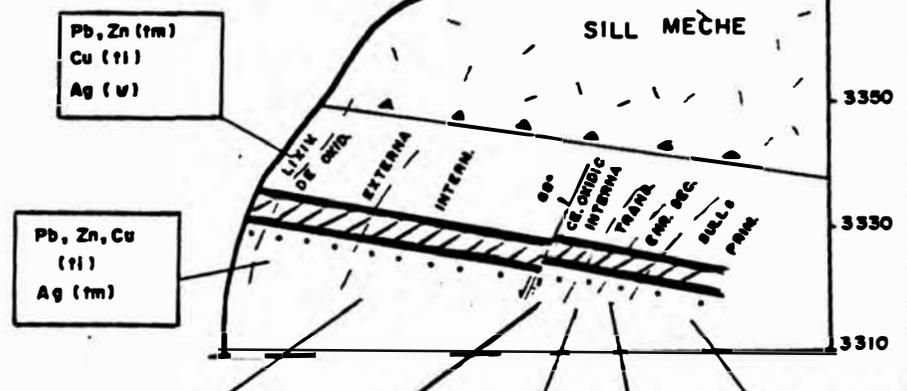


**LEYENDA**

	Sill Mercedes
	Mto. Santa Rosa
	Cobertura reciente
	Gda.
	Lutita
	Arenisco

DISTRIBUCION LATERAL DE Au-As-Sb (ppm) EN EL MANTO SANTA ROSA (Nv. 331 MINA "EL DORADO")  
GRAFICO N° 42

**CORTE B-B'**  
(Mirando al NE)



**LEYENDA**

	Sill Mercedes
	Mto. Sta. Rosa
	Cobertura Rec.
	Oda.
	Lutitas
	Arenisco

m = elemento menor  
tm = traza mayor  
ti = " interm.  
fm = " menor  
v = vestigio

DISTRIBUCION LATERAL DE METALES BASES: Pb-Zn-Cu-Ag EN EL MANTO SANTA ROSA (Nv. 331-Mina "EL DORADO")  
GRAFICO N° 43

Esta zona de oxidación externa contiene agua capilar de circulación muy lenta.

El par As-Sb disminuye notablemente en la zona de lixiviación (Gráfico N°42)

Los coeficientes de correlación Au/As y Au/Sb son buenos sobre la zona intermedia, donde el par As-Sb se concentra y el valor de oro aumenta (Gráfico N°40).

A diferencia debajo del nivel freático, los coeficientes Au-As y Au-Sb son malos cuando la ley de oro es más alta (Subzona de oxidación interna, Cuadro N°13). Mientras que el coeficiente As/Sb se mantiene como fuerte durante el zonamiento lateral del manto Santa Rosa, confirmando así la paragénesis entre esos dos elementos.

En el caso del cobre y zinc, estos elementos se encuentran concentrados a partir de la zona de enriquecimiento secundario hacia la de sulfuros primarios, asociados a la calcopirita, cobregrises y esfalerita (Gráfico N°40), el par Cu-Zn permanece constante en la zona de oxidación, donde el cobre se lixivía más rápido que el zinc.

La plata en el zonamiento lateral del manto Santa Rosa, se presenta concentrada a partir de la zona de enriquecimiento secundario y sulfuros primarios, mientras que es lixiviada en la zona de oxidación; indicando la no estabilidad de dicho metal en condiciones oxidantes.

El plomo se concentra en la zona de transición y relativamente menor en la subzona oxidada externa del manto Santa Rosa, mientras que disminuye en la zona de enriquecimiento secundario del mismo. El plomo se encuentra como galena en este manto.

El manganeso alcanza mayores valores en la zona de transición, mientras que se lixivía en la zona de oxidación (Gráfico N°40).

El manganeso está representado por óxidos e hidróxidos.

Las bajísimas concentraciones de manganeso en la subzona de oxidación interna, la cual presenta enriquecimiento de oro, podría descartar la posibilidad de una probable asociación entre ambos elementos.

## 8. INTERPRETACION Y DISCUSION

En la mina "El Dorado" el oro ocurre tanto en los mantos primarios y sills, como en la zona de oxidación de estos; sin embargo, desde el punto de vista económico solo tienen importancia las zonas de oxidación de los mantos, producto del proceso de alteración supérgena.

### 8.1 CONDICIONES DE FORMACION DE LOS MANTOS OXIDADOS

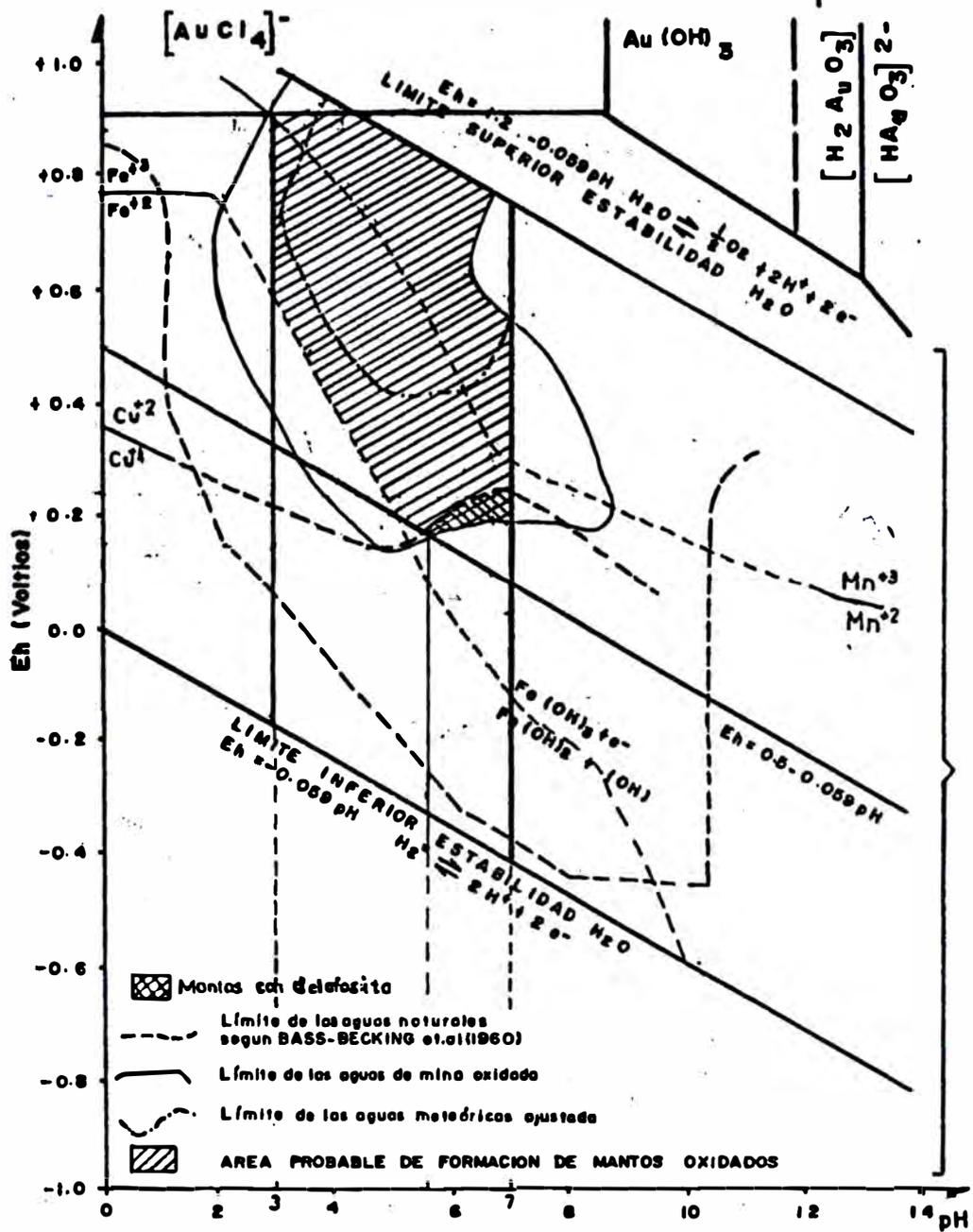
La ocurrencia del oro en la naturaleza está determinada por el ambiente geoquímico, el cual se halla controlado por parámetros como el pH, Eh, la concentración de los diferentes componentes, la temperatura y presión, entre otros.

Como los mantos oxidados se han formado en ambientes supergénicos, los dos últimos factores se pueden considerar constantes y por lo tanto no determinantes. Por ese motivo los diagramas Eh vs. pH son las mejores herramientas para el estudio de estos sistemas.

El diagrama Eh-ph (gráfico N°45) muestra el campo de estabilidad del H<sub>2</sub>O, limitado por las rectas  $Eh=1.22 - 0.059 \text{ pH}$  y  $Eh=-0.059 \text{ pH}$  dentro del cual se delimita el ambiente supérgeno, donde el límite inferior de estabilidad del agua es:  $Eh= 0.5 - 0.059\text{ph}$  (BASS BECKING et al. 1960); de igual modo se muestran los campos de estabilidad de las aguas naturales, aguas meteóricas y aguas de mina (Gráfico N°45)

Se considera que, el sistema supérgeno es de tipo hídrico natural de aguas meteóricas, pero a veces modificada por su reacción con minerales inestables, principalmente sulfuros, resultando las aguas de mina.

El agua de lluvia que se filtra a través de la zona de meteorización tiene reacción ácida ( $\text{pH}<5$ ) por efecto del CO<sub>2</sub> atmosférico, cuando se produce el lavado por precipitaciones



AREA DE ESTABILIDAD DEL AU

DIAGRAMA Eh vs. pH MOSTRANDO LA UBICACION APROXIMADA DE LAS AGUAS NATURALES, METEÓRICAS Y OXIDADAS DE MINA Y ALGUNAS CURVAS LÍMITROFAS DE ESTABILIDAD DEL Fe Y Mn SEGUN MASDN (1968)

AU - H<sub>2</sub>O a 25°C y 1 at presión [Au<sup>3+</sup>] = 10<sup>-2</sup> M, Cl<sup>-</sup> = 10<sup>-2</sup> M

Gráfico N° 45

abundantes. Una acidez mayor puede ocurrir por descomposición de la pirita y formación de ácidos sulfúricos, o por efectos de ácidos húmicos, en suelos ricos en materia orgánica (BOYLE 1979); este último no es el caso de la zona de estudio.(gráfico N°45). Las aguas de mina se originan en medio ácido a neutro (gráfico N°45)

La mayor parte de los procesos naturales se desarrollan en un pH~3-7 aproximadamente, siendo los sistemas ácidos (pH<3) poco comunes.

Dentro de las condiciones antes mencionadas, podemos encontrar dos campos de estabilidad del oro: como Au (gráfico N°45) y una zona muy pequeña al oro como complejo clorurado en condiciones altamente ácidas-oxidantes(gráfico N°45). lo cual no es nuestro caso.

Los minerales predominantes en la zona oxidada de los mantos de la mina "El Dorado" como las limonitas, las cuales se presentan en texturas como : cavernosa, botroidal, compacta, microestalactítica y terrosa; presentando diversas tonalidades: pardas, ocre, marrones y rojizas, estas últimas con buenos tenores de oro.

Las limonitas derivadas del proceso de oxidación presentan coloraciones diversas, las rojizas provenientes de la oxidación de la calcopirita y las de color ocre a partir de la pirita (BLANCHARD 1968)

La predominancia de los hidróxidos de fierro (limonitas) en la zona oxidada de los mantos, corrobora la estabilidad de estos minerales en ambientes supérgenos, indicados por las curvas de estabilidad del  $Fe^{+2}$  y  $Fe^{+3}$  (gráfico N°45), donde el campo de estabilidad de las limonitas se ubica hacia la derecha de la curva antes mencionada.

En los mantos oxidados de la mina "El Dorado", la presencia de hematita es menos frecuente, la cual normalmente se halla terrosa asociada a las limonitas y minerales arcillosos; en los botroides de limonitas se encuentran como finas laminillas. Su apariencia terrosa impide distinguirla de las limonitas rojizas, pudiendo tratarse también de hidrohematita.

El campo de estabilidad se demarca también dentro del campo de estabilidad de las limonitas (como  $F^{+3}$ )

En los mantos oxidados de la mina "El Dorado", el fierro se presenta como elemento mayor (Cuadro N°8), el cual se halla formando las limonitas, hematita y algunos relictos de sulfuros. La presencia de relictos de pirita en los botroides de limonitas, hacen pensar en la no estabilidad de este sulfuro dentro del campo de estabilidad de las limonitas (ambiente supérgeno). La pirita es estable para condiciones más reductoras y ácidas.(gráfico N°45)

En los mantos de la mina , los hidróxidos de manganeso, se encuentran en texturas botroidales, de tonos oscuros, asociados a las limonitas compactas.

Un tipo de estos minerales de manganeso se halla bordeando a las limonitas terrosas (probablemente óxidos de manganeso) y otros minerales de forma lamelar en disposición radiada (probablemente hidróxidos de manganeso)(Ver párrafo 2.3.4.3)

El manganeso en estas muestras se presenta como traza mayor (formación Inca)(Cuadro N°8)

Observando el análisis espectrográfico de los mantos oxidados, referidos a la columna estratigráfica de la mina "El Dorado", se encuentra al manganeso desde traza menor a elemento mayor (formación Pariatambo)(Cuadro N°8)

Los óxidos e hidróxidos de manganeso se pueden delimitar por la curva  $Mn^{+3}$  y  $Mn^{+2}$ , donde existen dos campos de estabilidad de dichos elementos (gráficos N°45 y N°46)

La escasa presencia del óxido doble de cobre y fierro en los mantos oxidados, representada por la delafosita ( $Cu_2O.Fe_2O_3$ ), el cual es estable debajo de la curva  $Cu^{+2}$  y  $Cu^{+1}$  (gráficos N°45 y N°47); como la delafosita se halla en las limonitas alterándose también a ellas, se delimita un pequeño campo de estabilidad para este mineral en:  $Eh \sim 0.15-0.3v.$  y  $pH \sim 5.5-7$  (Condiciones algo oxidantes en medio ácido a neutro), bajo las cuales se debieron formar los mantos (caso del los mantos Aurelio de la fm. Inca y Colquirrumi de la fm. Pariatambo).

El cobre en estos mantos se halla como traza menor a intermedia (Cuadro N°8).

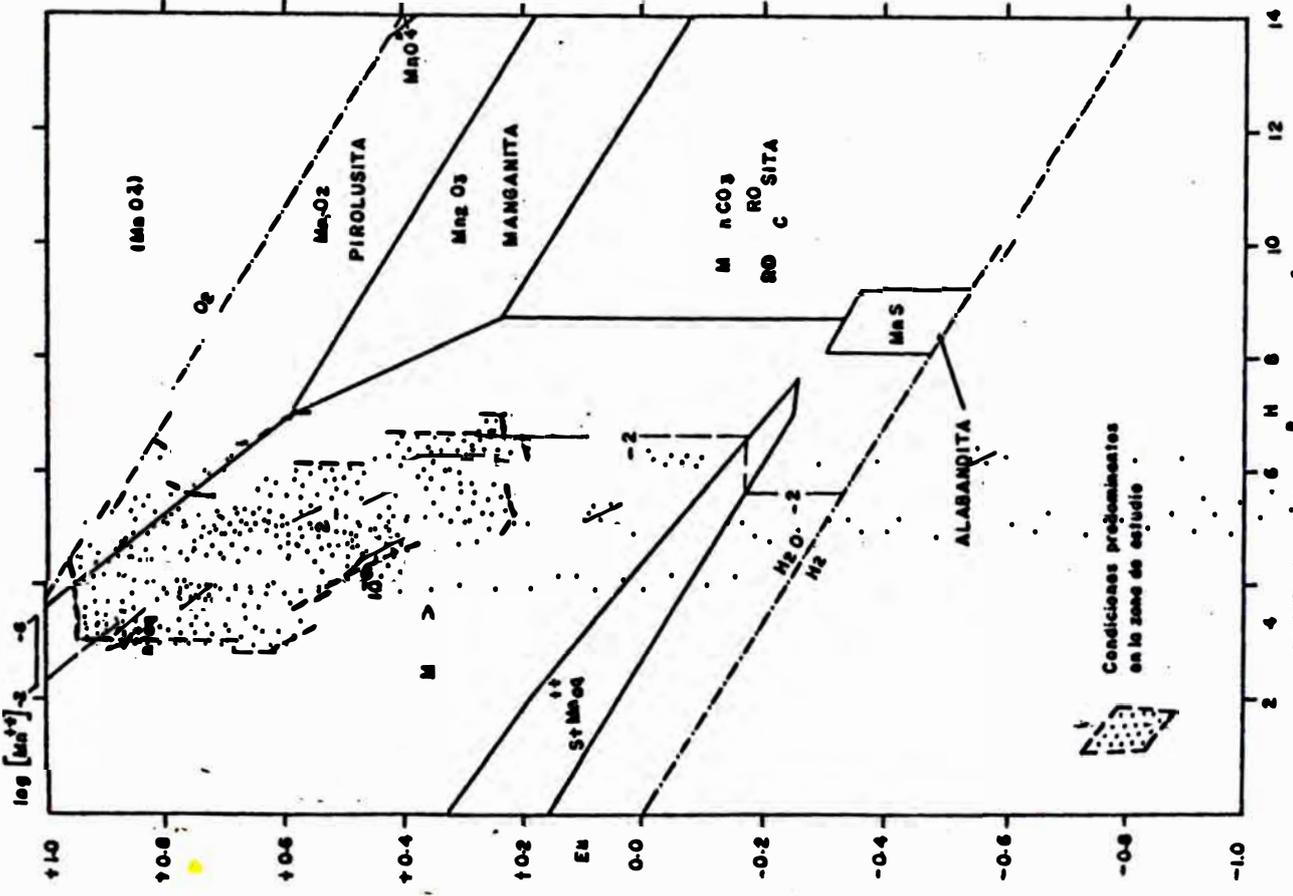


Gráfico Nº 46

Condiciones predominantes en la zona de estudio

log [Mn<sup>2+</sup>]

log P

MnO

Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Manganita

Alabandita

MnS

MnCO<sub>3</sub>

H<sub>2</sub>O - H<sub>2</sub>

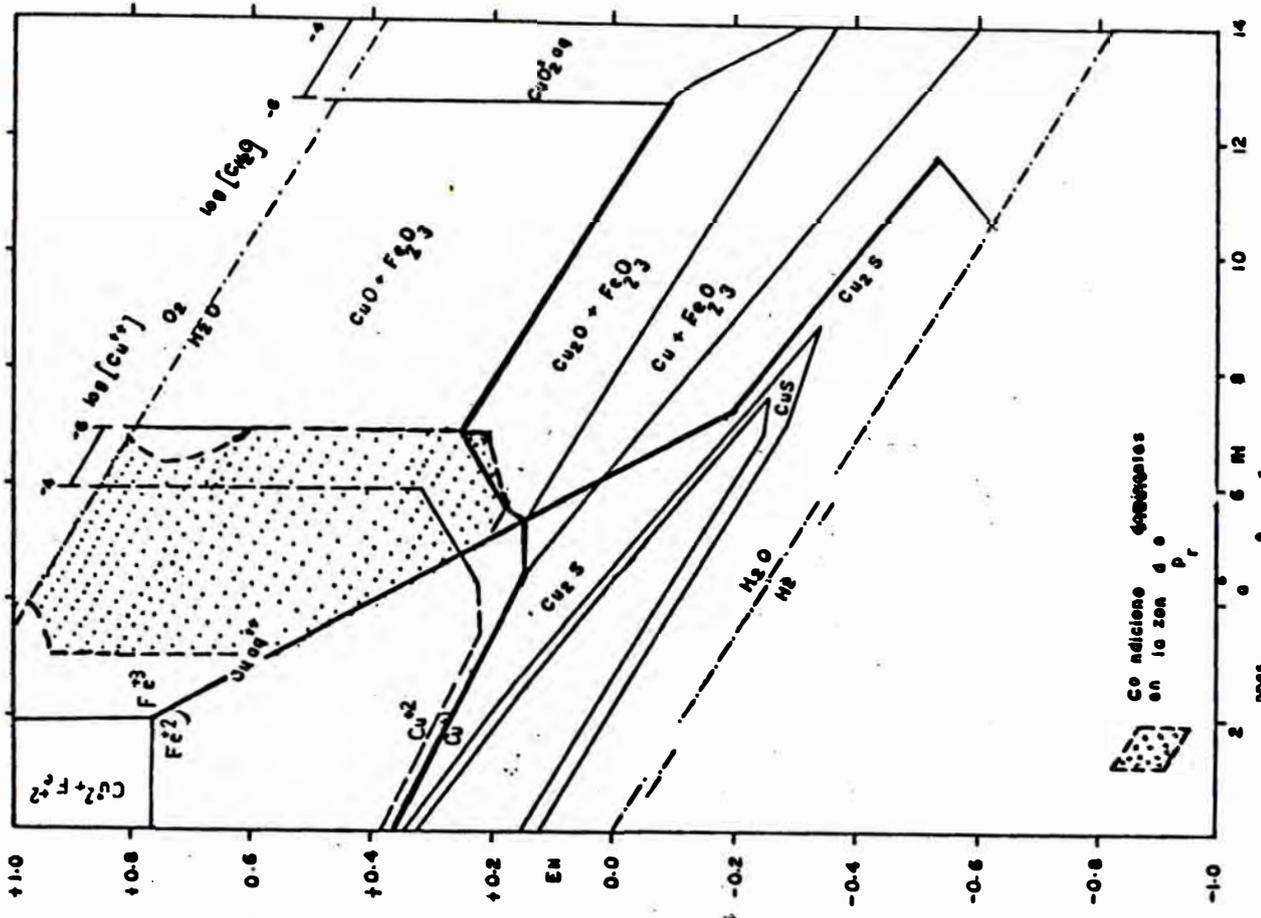


Gráfico Nº 47

Condiciones predominantes en la zona de estudio

log [Cu<sup>2+</sup>]

log P

Cu<sub>2</sub>S

CuS

Cu<sub>2</sub>O

CuFeO<sub>2</sub>

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

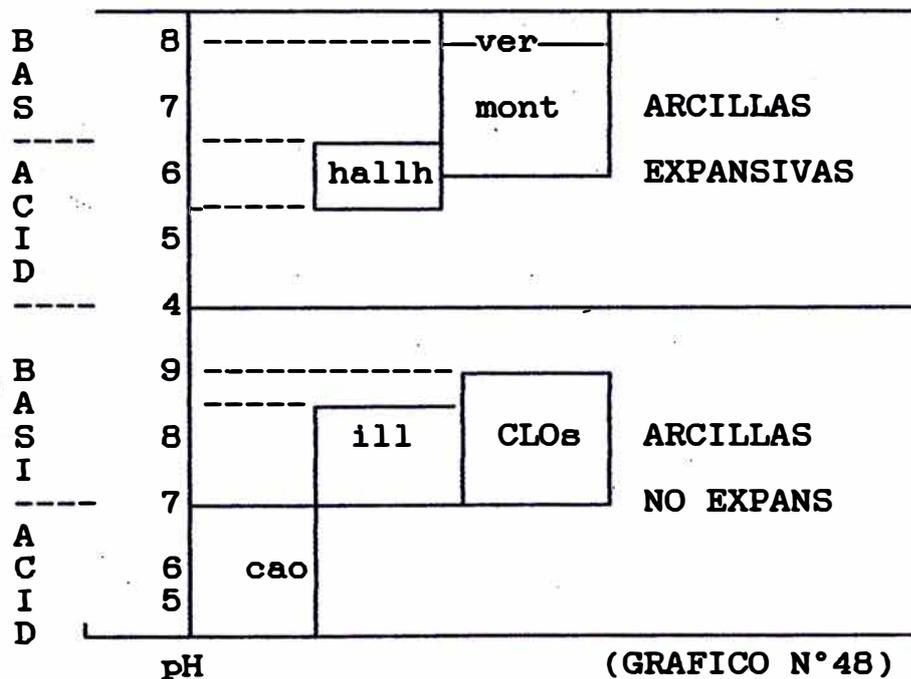
H<sub>2</sub>O - H<sub>2</sub>

La distribución del cobre , en la columna estratigráfica de la mina "El Dorado", va desde traza intermedia (formaciones Chulec e Inca), a traza menor (formación Pariatambo) y elemento menor (manto Intermedio)(Cuadro N°8 y N°30).

Otro de los minerales presentes en la zona oxidada de los mantos, son los minerales arcillosos, los cuales no se identificaron en superficie. Difractogramas de muestras correspondientes al techo de los mantos, en interior mina, muestran la presencia de caolinita (Gráfico N°14), originando relativa inmovilidad al oro (ROSLYAKOV et al.1971), lo que nos indica condiciones de formación ácido-neutro.

Los minerales arcillosos, producto de alteración de los aluminosilicatos primarios indican condiciones físico-químicas de formación (BRADY 1974): caolinita (pH=5-7), montmorillonita (pH=6-8) e illita (pH=7-9).

**AMBIENTE**



(GRAFICO N°48)  
Condiciones de formación de las Arcillas y otros filosilicatos

donde:

cao= caolinita, ill=illita, CLOs= cloritas, hallh=halloysita, mont=montmorillonita y ver=vermiculita.

En los rangos de pH que hemos planteado para la zona de oxidación de los mantos (entre 3 y 7) las únicas arcillas estables son la caolinita y la halloysita. En los mantos oxidados, de la mina "El Dorado" en general son escasas, excepto en el cambio lateral del manto Lourdes (como aglomeraciones), siendo más abundantes en los sills, sobretodo en interior mina. Precipitaciones meteóricas frecuentes suelen lavar las arcillas transportándolas en suspensión.

Los productos supérgenos del cobre se presentan en la zona de enriquecimiento secundario como : calcosita, covelita y bornita. La escasa presencia de sulfatos de cobre en la zona de oxidación se debe a:

a) A escasez de calcopirita en los mantos primarios, prácticamente el único mineral portador de cobre.

b) Al comportamiento de los iones  $\text{Cu}^{+2}$  en las condiciones especificadas para la zona de estudio, donde claramente se observa que estos permanecen en solución (Gráfico N°45)

La oxidación de calcopirita hace que el cobre migre como sulfato cúprico en solución; una proporción puede quedar atrapada en las limonitas. La calcopirita reacciona con el sulfato cúprico formando calcosita y covelita.

Las rocas calcáreas intemperizadas, liberan  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ , entre otros elementos; sin embargo estos iones son acarreados con relativa facilidad en un medio ligeramente ácido, propio de las zonas de meteorización. Por esta razón su ocurrencia en la zona estudiada se restringe a los geles de Fe o Mn que a veces pueden atrapar pequeñas cantidades de estos iones. Algo similar debe ocurrir con los iones de  $\text{Cu}^{+2}$ .

Con los antecedentes antes mencionados se puede delimitar un campo de formación para los mantos oxidados en los rangos de : Eh

0.2-0.9v y pH ~ 3-7 (Gráfico N°45), determinándose Condiciones oxidantes en medio ácido a neutro.

## 8.2 ORIGEN Y PROCEDENCIA DEL ORO

### 8.2.1 EN LOS MANTOS PRIMARIOS

En el presente estudio el Au no se ha podido reconocer niquiera bajo el microscopio. Sin embargo ERICKSEN et al.(1956) indican que en la mina "El Dorado", el oro se halla diseminado y en venillas, en tetraedrita y galena. Por su parte ASTORGA (1987) da cuenta de exsoluciones de oro en pirita. DE MONTREUIL (1986), en una muestra del manto Lourdes, identificó inclusiones de oro en calcopirita y pirita. Todas estas ocurrencias parecen circunscribirse a la zona primaria de los mantos.

No se debe descartar su ocurrencia, como solución sólida en la red cristalina de la pirita y calcopirita. Según BOYLE (1979) el Au suele remplazar los sitios de Cu en la estructura de la calcopirita, aprovechando su radio atómico similar.

La no asociación del oro con el arsénico en el manto Lourdes (Cuadro N°6), la presencia de limonitas rojizas enriquecidas en oro y un aumento del cobre (de traza menor a intermedia) y manganeso, simultáneamente con una subida de oro (Cuadro N°6); estaría indicando que el oro primario ocurre principalmente en la calcopirita, el cual posteriormente es transportado a las limonitas e hidróxidos de manganeso.

La presencia de illita (mica potásica), en el cuerpo elipsoidal del manto Fátima (gráfico N°29), con un pH ~ 7-8 (gráfico N°48), nos restringe las fronteras de formación de los mantos primarios : Condiciones reductoras en medio neutro a levemente alcalino.

### 8.2.2 EN LOS SILLS

La distribución de oro en el muestreo de los sills en superficie muestra un valor constante 0.02 ppm aumentando a 0.04 ppm en muestras cercanas a fracturas mineralizadas; lo cual se podría interpretar como un aporte hipógeno de mineralización aurífera.

El casi nulo coeficiente de correlación Au vs. Cu, en la zona primaria del sill Mercedes y un notable aumento del coeficiente de correlación en la zona de oxidación; nos estaría indicando que el oro, en los sills, no se asocia a la calcopirita; por el contrario el coeficiente de correlación Au vs. Ag es alto y positivo, disminuyendo en superficie a malo; indicarian que el oro, en el sill Mercedes, se halla asociado a minerales de plata (probablemente sulfosales) los cuales sufren lixiviación en la zona de oxidación; por esta razón es que se tienen menores valores de oro en la zona oxidada del sill y además disminuye la correlación entre dichos elementos, aunque se observa un aumento del cobre hacia profundidad (Cuadro N°11).

El sill Centinela, emplazado en la fm. Chulec, muestra un aumento de oro, arsénico y plomo en superficie; podría deberse a su contenido de pirita oxidada con bandas arsenicales (CANEPA 1980), de sulfosales de plomo o quizás por su cercanía a vetillas mineralizadas oxidadas.

El estudio estadístico de la zona de oxidación del sill Mercedes muestra valores mayores de oro y cobre simultáneamente; tales valores corresponden a una muestra ubicada sobre un cuerpo elipsoidal del manto Santa Rosa. Este cuerpo muestreado en subterráneo (Gráfico N°43) resultó tener mayores valores de oro (2.5 oz/TC), aunque bajos en plata (4oz/TC)(gráfico N°34); concluyendo que estos cuerpos debieron recibir algún tipo de aporte de mineralización aurífera durante el proceso de removilización.

### 8.2.3 EN LA ZONA DE ALTERACION SUPERGENA

En principio nos toca dilucidar, si el oro que ocurre en los mantos oxidados es residual (primario) o transportado (secundarios).

La movilidad, migración, concentración y deposición del oro depende de: tipo del depósito y su composición mineralógica, roca encajonante, grado de fracturamiento, factores climáticos,

variación del nivel freático y presencia de agentes orgánicos (BOYLE 1976).

La movilidad del oro, en el proceso de oxidación sin materia orgánica y comparada con otros elementos es:



Si hay presencia de materia orgánica, la movilidad del oro aumenta ya que el oro migra como complejo orgánico (BOYLE 1976).

En la zona de estudio no existe tanta materia orgánica como para tenerla en consideración; su acción se debe circunscribir sólo a ciertos sectores en el tope de la zona de lixiviación.

Dentro de las condiciones enmarcadas para la zona de oxidación de los mantos (Gráficos N°46 y N°47) el oro es completamente estable.

El zonamiento lateral, producido por la alteración supérgena en el manto Santa Rosa de la mina "El Dorado", principalmente afectado por la variación del nivel freático, clima y mineralogía.

El clima de la zona de estudio es lluvioso durante medio año lo que origina una elevación del nivel mientras la velocidad de erosión actúa de forma moderada (por su fisiografía)

Partiendo del hecho que los mantos primarios contenían oro, entonces gran parte del contenido de este metal en la zona oxidada debe ser oro residual, cuya ley primaria se eleva al disminuir el volumen de la roca encajonante, lixiviada por los procesos supergénicos. (gráfico N°40), en nuestro caso las areniscas de la formación Inca presentan buena porosidad, quedando texturas porosas después del proceso de oxidación.

Por otro lado, el hecho que los mayores valores de oro se hayan encontrado en las zonas donde predominan las limonitas en texturas coliformes y botroidales (subzona de oxidación interna del manto Santa Rosa : 6.17ppm) (gráfico N°40), esta textura indica la precipitación del soluto como gel en espacio abierto, por su buena capacidad de hidrólisis (EDWARDS 1965); nos lleva a pensar en la posibilidad de un oro transportado, secundario.

Los sulfuros, inestables en las condiciones supergénicas, al descomponerse (oxidarse) deben haber liberado al oro, volviéndolo más móvil (BOYLE 1979), el cual gracias a la acción de algunos de

los iones acomplejados (Ver Anexo) pudo haberse convertido en complejo soluble y así transportado fuera de su lugar de origen, sin descartar la posibilidad de haber sido movilizado en suspensión, para luego ser incorporado en la solución gel de las limonitas e hidróxidos de manganeso hidrolizados, donde queda mezclado en tamaño submicroscópico (BOYLE 1979) acercándose esta última afirmación a nuestro modelo geoquímico propuesto.

En zonas profundas de oxidación, se producen soluciones ferrosas por: oxidación del sulfuro produciendo sulfato y solubilizando al oro primario, disminuyendo el potencial de oxidación y aumentando el potencial iónico; luego se produce reducción de la disolución de oro por sulfato dando oro secundario, finalmente una reacción de hidrólisis precipita a las limonitas (BOYLE et al. 1975).

Normalmente, los óxidos hidratados férricos son buenos portadores de oro, debido a que sus coloides poseen carga positiva, la que tiende a coprecipitar los complejos de oro y los coloides auríferos con carga negativa.

En algunas zonas donde el pH se encuentra entre 3 y 5 se pueden formar sulfatos básicos de Fe férrico, como la jarosita; los que tienden a absorber el oro disminuyendo su movilidad.

La presencia de los óxidos hidratados de manganeso bordenado a los botroides de limonitas, debido a que ellos tienen carga negativa, con la cual absorben y coprecipitan todo óxido hidratado de Fe, alúmina; impartiendo una carga positiva a los geles, ocurrido en un medio menos ácido. Estos geles a su vez absorben y coprecipitan los complejos de oro de carga negativa. Los minerales de arcilla tienen el mismo efecto, especialmente la caolinita formada entre pH ~ 7-8, la cual disminuye la movilidad del oro (BOYLE 1979).

### 8.3 APORTES DEL TRABAJO EN LA INTERPRETACION GENETICA DE LOS YACIMIENTOS ASOCIADOS

La génesis de los mantos no están del todo dilucidado, respecto a ello existen dos hipótesis:

A) Hipótesis Epigenética: mineralización asociada a intrusivos hipabisales del terciario superior, con soluciones mineralizantes que remplazan selectivamente ciertos horizontes calcáreos (BELLIDO & DE MONTREUIL 1972); interpretación también apoyada por ERICKSEN et al. (1956).

Por remplazamiento metasomático y relleno de espacios abiertos (porosidad primaria y secundaria, por fracturamiento) (COBBING et al. 1981; ASTORGA 1987).

B) Hipótesis Singenética: Mineralización asociada a procesos volcánicos distales de edad albiana; con rasgos sedimentarios, que corresponden tanto a mena como a gangas, alteración débil o ausente de la roca encajonante, y la presencia de horizontes tufáceos deleznable al techo y/o piso de los mantos (JANJOU 1981, BORREDON 1982, PAREDES 1982, TUMIALAN 1986 y CANCHAYA et al. 1990)

De todas maneras hay que puntualizar que la génesis de los mantos no está del todo dilucidada. Inclusive con relación a su zonamiento .

Según TUMIALAN (1986), en la mina "El Dorado" el zonamiento en los mantos es en franjas alargadas, donde el cobre y la plata aumentan en profundidad y hacia el este.

Según ASTORGA (1987) el plomo y el zinc en los mantos aumentan hacia el oeste.

Según PAREDES (1980) existe un zonamiento de superficie a profundidad: Sb-Ag-Zn-Pb mientras que DUNIN (1974) señala otro hacia el oeste : Fe-Cu-Zn-Pb

En este trabajo no se pretende aclarar el tema por no constituir el objetivo, pero sí se dan a conocer algunas características importantes de los mantos.

1. -Los mantos presentan texturas bandeadas donde inclusive los sulfuros se encuentran dispuestos siguiendo tal textura.

2. -La ausencia de alteración hipógena en el contacto roca ígnea-manto.

3. -Presencia de minerales de baja temperatura de filiación volcánica, en los horizontes deleznales que constituyen los techos de los mantos y presencia de jarosita en los mantos.

4. -El enriquecimiento de metales bases (Zn-Pb) y (As,Sb) en alguno de los mantos, estarían indicando un cierto aporte de filiación magmática.

5. -La presencia de figuras de tixotropía, que comprometen tanto a mena como a ganga y el remplazamiento de sulfuros por fósiles, indicando un(os) proceso(es) posterior(es) de remobilización..

Así, pues, tomando todas estas consideraciones podemos postular que los mantos tendrían un origen singenético-diagenético en el albiario medio a inferior con aporte de exhalación volcánica, aporte venido de la actividad terciaria del oeste y con procesos posteriores de remobilización.

Los procesos de remobilización bien podrían estar relacionados al emplazamiento de los sills (por la ocurrencia de un enriquecimiento de oro en el sill situado espacialmente sobre el cuerpo elipsoidal del manto Santa Rosa; si fuese así se tendría que el proceso de remobilización se habría dado hace unos 10.5+-0.5 m.a. Posteriormente habría ocurrido la mineralización hidrotermal de las vetas, entre 10.5+-0.5 m.a. y 7.2 m.a. (CANCHAYA et al. 1990).

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A) CONCLUSIONES

1. El oro se halla en el orden de vestigios en todos los mantos oxidados; al parecer submicroscópico, asociado preferencialmente a limonitas rojizas con texturas botroidales intercrecidas con óxidos e hidróxidos de manganeso y presencia de hematita.

2. En base a los resultados del análisis espectrográficos se tiene que:

- En forma global los mantos emplazados en las formaciones calcáreas presentan mayores tenores de oro en superficie mientras que los emplazados en la fm. Inca muestran un marcado zonamiento lateral enriquecido en la subzona de oxidación interna.

- En los mantos oxidados el fierro se comporta como: elemento oxífilo (óxidos e hidróxidos) y calcófilo (sulfuros y sulfosales) mientras que en los sills se comporta también como litófilo (presencia de anfíboles)

- La plata, en los mantos, se presenta como elemento calcófilo (en cobregrises y sulfuros).

- En los mantos oxidados, el cobre como elemento oxífilo (presencia de óxidos) y calcófilos (por la calcopirita), mientras que en los sills solo se presenta como elemento calcófilo (por la calcopirita). El cobre alcanza su máximo valor en el manto Intermedio (inicio de la secuencia calcárea) del Albiano medio, siguiéndole luego las fms. Inca y disminuyendo en la Pariatambo, probablemente por algún efecto del dique El Dorado.

- El manganeso, en los mantos oxidados, se presenta como oxífilo (óxidos de manganeso) y en los sills como litófilo (por silicatos)

- En el manto Lourdes (interior mina) el oro presenta mayor valor en la zona de sulfuros primarios, donde disminuye el arsénico; descartándose así una asociación entre ambos elementos.

3. El enriquecimiento de oro en las limonitas rojizas, la no asociación entre Au-As, la fuerte correlación positiva entre As-Sb y la concentración de cobre en la subzona de oxidación interna, nos estaría indicando que el mineral portador del metal noble sería a partir de la calcopirita, la cual se oxida en condiciones oxidantes en medio ácido.

4. Los mantos de esfalerita-galena presentan mayores tenores de oro que los mantos complejos y que los piritosos. Los mantos complejos se ubican sobre el sill Mercedes y debajo del sill Centinela, indicando que el proceso de removilización se asocia al emplazamiento de los sills .

5. Los horizontes deleznablers de color gris claro al techo y/o piso de los mantos presentan minerales de filiación volcánica: caolinita, sericita, heulandita?, ortoclasa y sulfatos de calcio.

6. El "background" del oro en los mantos oxidados de la fm. Inca es de 0.35ppm y en los de las fms. calcáreas (Chulec y Pariatambo) de 1.1 ppm; valores comparativamente altos a los teóricos, para las areniscas y calizas (57 ppb y 0.05 ppm respectivamente); constituyendo así una zona geoquímica anómala.

7. El manto Santa Rosa muestra un "background" de oro de 2.2 ppm y el "threshold" en 6.0 ppm; mientras que con los datos de ASTORGA (1987) se obtienen valores de 1.5ppm y 0.3oz/TC para el "background" y "threshold" respectivamente. Adicionalmente el manto Lourdes (interior mina) tiene como BG= 0.6ppm y Th= 3.6 ppm.

La subzona de oxidación interna (con los más altos valores de oro) (Rp.39 y trinchera 3), se halla controlada por una falla normal de rumbo NW y buz.68°SW, la cual habría servido como canal por donde las aguas meteóricas se filtraron y crearon una zona de enriquecimiento.

8. En el zonamiento lateral del manto Santa, debajo del nivel freático, el oro presenta un enriquecimiento (correlaciones Au/As y Au/Sb bajas); mientras que sobre el nivel estas correlaciones se hacen fuerte, descartándose así una posible asociación oro-arsénico y oro-antimonio y la lixiviación que sufren el As y Sb en la zona de oxidación, inestables en condiciones oxidantes.

9. En la zona oxidada del sill Mercedes, el "background" de oro es de 0.58 ppm y el "threshold" de 2.83 ppm. y Au/Cu aumente y el oro podría provenir de la calcopirita. En interior mina con valores de BG=0.34 y Th=6.9ppm

Una zona del sill oxidado Mercedes presenta buenos tenores de oro; esta zona se ubica espacialmente sobre el cuerpo elipsoidal del manto Santa Rosa. Coincidentemente este cuerpo anómalo también presenta buenos valores de oro, lo que hace pensar en una relación genética entre esos cuerpos y el emplazamiento de los sills. Uno de los cuerpos irregulares del manto Fátima tienen sulfuros de plomo, sulfatos de fierro y carbonatos de zinc, sericita, que por illita presenta pH ~ 7-8.

La zona oxidada del sill Mercedes, presenta una correlación moderada oro-plata, la cual disminuye respecto a la zona primaria debido al proceso de alteración supérgena.

10. Las condiciones de formación de los mantos oxidados que no muestran a la delafosita, estarían enmarcadas en: pH ~ 3-7 y Eh ~ 0.2-0.9v Condiciones oxidantes en medio ácido a neutro. Mientras que los mantos oxidados que presentan a la delafosita de habrían formado en: pH ~ 5.5-7 y Eh ~ 0.2-0.3v.

## B) RECOMENDACIONES

### TIPO ACADEMICO

1. Realizar estudios de microsonda en minerales de calcopirita y pirita para comprobar la presencia del oro en solución sólida. Como herramienta auxiliar en este caso también puede servir la Espectroscopía Mossbauer, la que además permitiría averiguar los estados de oxidación tanto del oro como del fierro.

~~1~~ 2. Realizar estudios de difracción de rayos-X y Análisis Térmico Diferencial para identificar el tipo de limonitas que se asocian al oro y también los minerales arcillosos acompañantes.

### TIPO ECONOMICO

1. En Hualgayoc, las mejores guías de exploración de yacimientos (mantos) con enriquecimiento residual de oro son: limonitas (especialmente las rojizas), de texturas botroidales y coloformes.

Las texturas cavernosas y porosas, representan la zona de lixiviación y de transición de los cuerpos mineralizados, las texturas deleznales con ritmitas son propias de la zona de enriquecimiento secundario mientras que las texturas coloformes pertenecen a la subzona de oxidación interna, enriquecida en oro.

2. La presencia de aglomeraciones de arcillas (caolinita) en las menas oxidadas, enriquecidas en oro, que impermeabilizan y disminuyen la recuperación en el tratamiento metalúrgico, por el método de Heap-Leaching, hace que se requiera de un previo paleteo y chancado adecuado a la mena.

3. La presencia de óxidos de cobre (delafosita) y de manganeso, podrían perjudicar el tratamiento metalúrgico; por lo que se recomienda se tome las precauciones debidas.

4. Se debe de tomar en cuenta los cuerpos irregulares (núcleos ricos en sulfuros) dentro de los mantos, podrían presentar comparativamente más altos valores que el tenor normal en oro y plata.

5. En el muestreo superficial no es recomendable tomar muestras de zonas de quebrada, ya que allí los valores normalmente sufren dispersión secundaria.

**ANEXO: CICLO GEOQUIMICO DEL ORO Y GENERALIDADES DE SU OCURRENCIA**

La abundancia promedio del oro en la corteza terrestre es de 0.004 ppm, así se tienen valores de background de algunos tipos de roca:

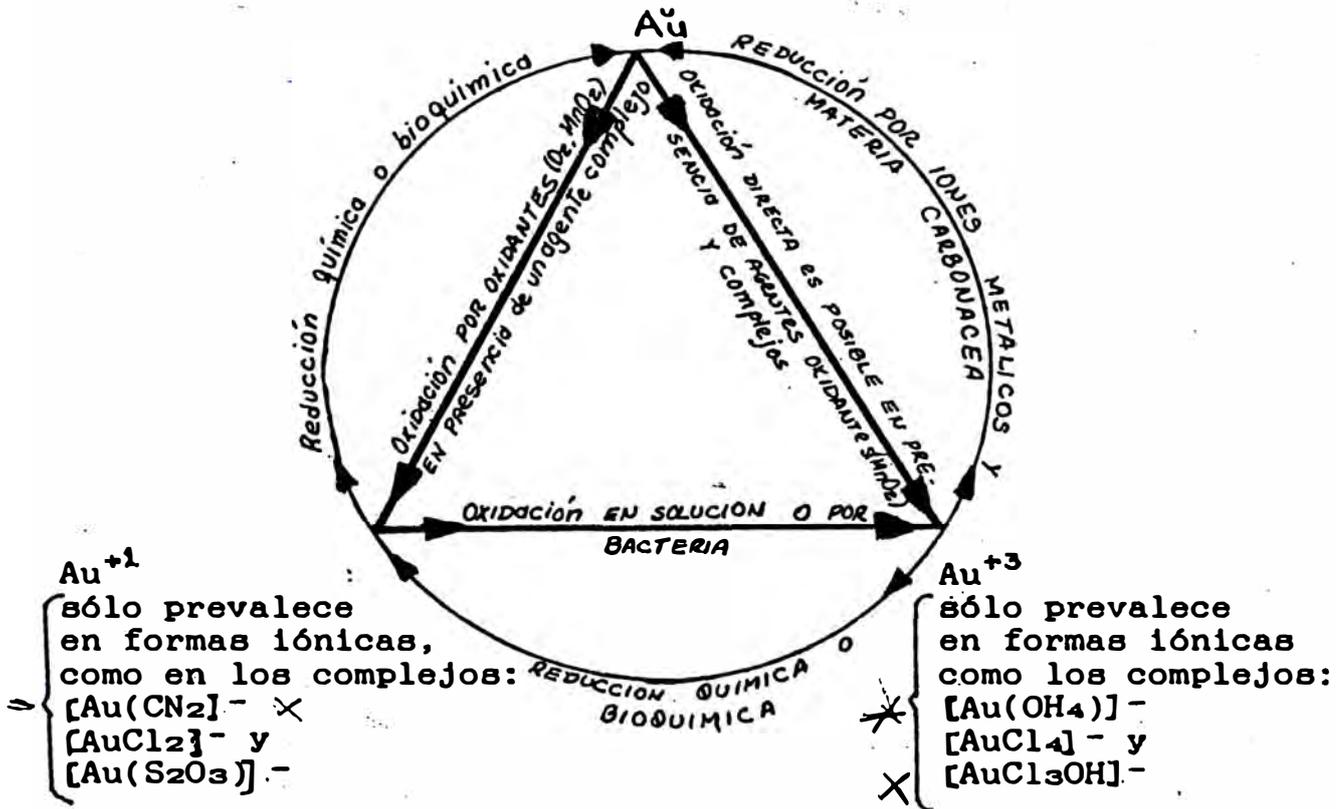
ROCA	BACKGROUND
LUTITAS	0.003-0.0173 ppm
ARENISCAS	57 ppb
TUFOS VOL.	0.0005-0.117 ppm
CALIZAS	0.05 ppm
VOLCANIC. (and-dac)	0.0001-0.065 ppm

**BOYLE (1979)**

Las transformaciones cíclicas que sufre el oro durante su movilidad, depositación y dispersión en los ambientes naturales están representadas en el gráfico sig:

TIPO FORMAS	Au <sup>0</sup>	Au <sup>+1</sup> y Au <sup>+3</sup>
MOVILES	Todas sus ocurrencias, pueden ser móvil en estado coloidal(sol) y finamente dispersas.	Esencialmente como complejos solubles y/o absorbidos de derivación orgánica o inorgánica También absorbidos en coloides de origen inorgánico natural y orgánico(húmico) En petróleo.
INMOVILES	Por lo general inmóvil.	Compuestos naturales desconocidos Sin embargo pueden existir como complejos en geles ricos en óxidos de Fe hidratado y Mn; y también en varios tipos de materia orgánica, como turba, humus, etc

Au cerivalente ocurre en la naturaleza como Au nativo y en ciertas aleaciones, como electrum(Au,Ag); también probablemente presente en varios telururos y auroestibnita (AuSbz)

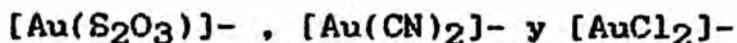


### CICLO DEL ORO Y SUS INTERCONVERSIONES NATURALES

Modificado a partir de BOYLE(1979)

En ambientes naturales el oro sólo puede existir en tres estados: Au<sup>0</sup>, Au<sup>+1</sup> y Au<sup>+3</sup> (BOYLE 1979). Los otros estados posibles: Au<sup>+2</sup> y Au<sup>+5</sup>, sólo son posibles en condiciones excepcionales (aguas ricas en componentes orgánicos o cloruros). Iones libres Au<sup>+1</sup> y Au<sup>+3</sup> son desconocidos en medio acuoso. Ambos son altamente complejables o hidrolizables. Por tal motivo, la movilidad del oro es dependiente de la disponibilidad de los

agentes acomplejantes. Dichos agentes, como  $(S_2O_3)^{-2}$  o  $(CN)^{-}$  o un exceso de  $Cl^-$ , forman complejos solubles del tipo :



que hacen al oro muy móvil (Gráfico N°49). Algunos complejos orgánicos (húmicos) también tienen la misma propiedad.

Inhiben la movilidad del oro:

X -aniones y cationes (con  $Fe^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$ , etc.) los cuales precipitan compuestos insolubles que coprecipitan o absorben Au soluble.

-la presencia de  $H^+$  en solución; lo que en ambientes alcalinos causa la disociación de muchos complejos estables de Au.

-la presencia de  $OH^-$  tienen el mismo efecto, pero en ambiente ácidos.

En general el oro es soluble en condiciones ácidas, como las que se dan en zonas donde se están descomponiendo pirita, pirrotita u otros sulfuros. Sin embargo, en ambientes alcalinos, donde existen agentes acomplejantes apropiados, el oro es muy móvil. *en forma heterocel*

Los complejos ácidos, como el  $(AuCl_4)^-$ , son estables sólo en condiciones ácida. De igual forma los complejos alcalinos, como  $[Au(CN)_2]^-$  y  $[Au(S_2O_3)]^-$ , son estables solo en condiciones alcalinas. Por neutralización todos estos complejos se asocian y precipitan óxidos, hidróxidos y *líquidos* metales (como el oro).

FORMAS DE PRESENTARSE EL ORO.- Las formas de presentación del oro en la naturaleza son diversas, las más importantes son:

a) Oro nativo asociado a elementos del grupo del platino.

b) Oro en sulfuros (pirita, calcopirita y arsenopirita): como exsolución asociado al sistema Fe-As-S (OJEDA & MENDOZA 1984), los cuales son estables en condiciones reductoras. También pueden ocurrir como solución sólida.

c) Oro en coloides : limonitas, óxidos e hidróxidos de manganeso en tamaño submicroscópico menores de 1 micrón. El oro suele ocurrir en agregados coloidales de sílice; sólo o con óxidos e hidróxidos de fierro e hidróxidos de manganeso (BOYLE 1979)

En las limonitas y "wad", el oro a veces se presenta con una distribución uniforme; en otras es errática estas tienen contenido de sílice, aluminio, arsénico y antimonio. El oro (menos la plata) ligado al manganeso y a complejos de fierro amorfos, específicamente en los "gossan", aparecen en la plumbojarosita u argentojarosita. Los óxidos de manganeso son más solubles que los óxidos de fierro.

d) Oro en cuarzo: como minúsculas inclusiones y hasta venillas; o intersticial en los espacios intergranulares del cuarzo.

#### PROCESO DE OXIDACION-ALTERACION SUPERGENA

La oxidación de los sulfuros produce  $H_2SO_4$  que con el medio hace que el oro pueda oxidarse y disolverse en ínfimas cantidades.

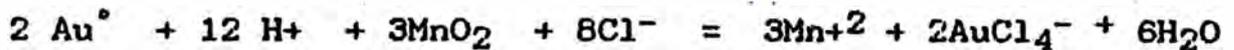
El oro para oxidarse requiere de:

1. -Un medio ácido.

2. -Un agente fuertemente oxidante :  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{AuCl}_4^-$  u  $\text{O}_2$  libre.

3. -Presencia de cloruros que atrapen al oro.

La reacción química producida es:



donde el oro se oxida ( $\text{Au}^0$  a  $\text{Au}^{+3}$ ) y el manganeso se reduce ( $\text{Mn}^{+4}$  a  $\text{Mn}^{+2}$ ) (KRAUSKOPF 1979)

El complejo  $(\text{AuCl}_4)^-$  es estable solo en condiciones ácidas ( $\text{pH} < 9$ ) y en medio fuertemente oxidante ( $\text{Eh} > 0.9\text{v}$ )

(Gráfico N°45)

Los depósitos auríferos sometidos a la oxidación, se enriquecen cerca a superficie debido a los procesos físico-químicos que involucran la migración del oro y la remoción de las gangas solubles, los sulfuros y los cloruros de oro exhiben menos tendencia a enriquecerse en la zona de enriquecimiento secundario.

Como es sabido esta alteración se origina cerca a la superficie de la tierra donde se presenta una alta concentración de agua, oxígeno libre y dióxido de carbono, a baja presión y temperatura.

La alteración supérgena tiene relación específica, con las posiciones y variación del nivel freático (WEBSTER & MANN 1984), hidrológicamente dividido en :

1) Zona de Aereación: sobre el nivel freático. Los poros se hallan con aire y dióxido de carbono. En su franja superior, cerca a superficie se uele encontrar raicillas de las plantas y su franja inferior es la zona de las aguas vadosas.

2) Zona de Saturación: debajo del nivel freático. Los poros se hallan saturados con agua; es la zona de captación de las aguas subterráneas.

Entre ambas zonas se encuentra una franja capilar (Gráfico N°17a)

Cuando la alteración se da en un yacimiento mineral se desarrollan dos zonas: franja de oxidación (zona de aereación) y la de enriquecimiento secundario (zona de saturación superior)

La franja de oxidación se halla controlada y favorecida por:

a) El clima tropical con alta pluviosidad y alta temperatura; en climas templados disminuye su extensión vertical. El enriquecimiento secundario es notorio en climas templado y húmedo.

b) Factores morfotectónicos: la velocidad de erosión y el tiempo de exposición de una topografía abrupta, hace que la erosión aumente y el nivel freático baje; las zonas fracturadas también son favorables.

c) Factores litológicos: las aguas ácidas, con oxígeno disuelto, atacan las rocas solubles. La buena porosidad y permeabilidad favorecen el proceso. Los substratos arcillosos crean un enriquecimiento local.

d) Factores mineralógicos: presencia de minerales más o menos solubles y de aquellos que producen soluciones corrosivas (sulfuros, sulfatos)

La alteración supérgena se produce por procesos mecánicos, químicos o combinación de ellos. Los de tipo mecánico están relacionados con la gravedad y el intemperismo; los de tipo químico son:

1) Hidratación: dado en la zona de saturación. Es la adición de agua a los minerales, ella puede ser absorbida o entrar en su estructura. Ej. hematita se hidrata a limonitas y zeolitas absorben agua..

2) Oxidación: Ocurre en la zona de aereación, afectando a los minerales de fierro y manganeso, convirtiéndolos en hidróxidos. Ej. pirita se oxida a limonitas

3) Hidrólisis: es la reacción donde se produce o consume  $H^+$  u  $OH^-$ . Ej. la descomposición de los silicatos produce arcillas residuales.

El desarrollo de la franja de oxidación origina un zonamiento (de superficie a profundidad)(Gráfico N°17a, párrafo 2.3.4.2)

#### A)ZONA DE AEREACION

a) Lixiviación : zona de producción de raicillas de plantas.

b) De Oxidación externa: donde los poros tienen  $O_2$  y

c) Intermedia: donde los sedimentos se lavan y son llevados a profundidad.

d) Oxidación Interna: zona muy local, se crea cuando cesa la oscilación del nivel freático. (cambio temporal)

#### B. ZONA DE SATURACION

e) De transición: franja transicional entre la zona de enriquecimiento secundario y la de oxidación.

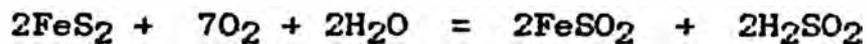
f) Enriquecimiento secundario: el techo de esta zona compromete el límite inferior de la oscilación del nivel freático.

Entre los elementos más importantes, comprometidos en nuestro estudio están : fierro, manganeso y cobre .

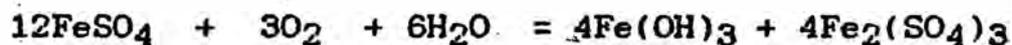
En el ambiente de meteorización, el ión ferroso se libera de:

a) Los silicatos por hidrólisis, se fijan como hidróxidos férricos.

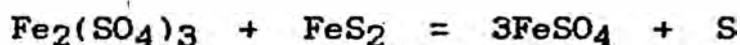
b) Los sulfuros, según las reacciones, oxidación del azufre:



seguida de una oxidación del fierro:



El sulfato férrico formado se hidroliza con facilidad, pero mientras tanto puede entrar en contacto con cristales frescos de sulfuros y gracias a su fuerte acción oxidante, produce la reacción sig:



formándose sulfatos ferrosos, el cual, a suficiente profundidad (concentración de  $\text{O}_2$  baja) puede mantenerse en solución.

El azufre es fácilmente oxidables ( $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ ); cuando ello se produce tiende a disminuir el potencial de oxidación de las aguas oxidantes.

El  $\text{FeSO}_4$  ( y en parte también el  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  ) es común en las aguas de mina.

El cambio de  $\text{Fe}^{+2}$  a  $\text{Fe}^{+3}$  aumenta el potencial iónico y con ello la tendencia del óxido a solubilizarse.

La presencia de sulfuros de otros metales más solubles (Cu, Zn etc) pueden por el contrario dar lugar a una reducción del  $\text{Fe}^{+3}$  por oxidación del ión  $\text{S}^{-2}$ .

Con frecuencia, el Fe lixiviado es llevado en solución hasta la superficie, donde precipita por reoxidación de los iones ascendentes.

En un ambiente donde disminuye la acidez con un Eh relativamente alto, el Fe, si está presente en estado ferroso, se oxida a estado férrico, sufre hidrólisis y puede ser precipitado como una sal básica o un óxido hidratado : Limonitas.

La rápida oxidación de la pirita, por exceso del azufre, produce ácido sulfúrico y sulfato férrico en condiciones de un pH bajo; si este sube el  $\text{Fe}^{+3}$  forma hidrosol que se coagula como gel en las limonitas (a veces en la hematita). Si el pH se conserva bajo, el  $\text{Fe}^{+3}$  queda en solución o precipita como sulfato hidratado (rara vez)

A semejanza del Fe, el manganeso de origen magmático es totalmente divalente y se precipita en las rocas formando parte principalmente de los silicatos y revelando su carácter litófilo. El ión  $\text{Mn}^{+2}$  sustituye en pequeñas proporciones a los iones de  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Fe}^{+2}$  en minerales tales como ; piroxenos y anfíboles.

Durante la meteorización el  $\text{Mn}^{+2}$  liberado por la hidrólisis de los silicatos tiende a oxidarse y precipitarse en forma análoga al Fe.

Sin embargo la estabilidad del  $\text{Mn}^{+2}$  es mucho mayor que la del  $\text{Fe}^{+2}$  y en consecuencia se mantiene por más tiempo en solubilidad, lo cual a veces lo separa en el proceso de meteorización; sin embargo en muchos casos, en la superficie de las rocas en el proceso de meteorización el hidróxido de manganeso (psilomelano) acompaña a las limonitas.

La diferencia de solubilidad en un medio exógeno, entre el Fe y el Mn se deduce en el diagrama que muestra las curvas de equilibrio de las respectivas formas oxidadas y reducidas en función del pH y Eh (Gráficos N°45 y N°46).

## 10. BIBLIOGRAFIA

- ANCHAPURI, E. (1983) Recuperación de Metales Preciosos mediante el Proceso Heap-Leaching en la Cia. Minera San Nicolás S.A.- Reporte interno, p: 153-162
- ASTORGA, C. (1987) Informe Geológico de la mina "El Dorado" y Conseciones Anexas.- Cia. Minera "Los Mantos" Lima, 80p.
- BANCO MINERO DEL PERU (1979) Estudio mineragráfico de 8 secciones pulidas del manto Lourdes de la mina "Los Mantos"; 10p.
- BASS-BECKING, L.G.M & KAPLAN, I.R. & MOORE, D. (1960) Limits of the natural Environment in Terms of pH and Oxidation-reduction Potentials.- J. Geol. 68:243-284
- BENAVIDES, C. (1956) Geología de la región de Cajamarca.- Bol. Soc. Geol. Perú, T.30, p:49-79
- BLANCHARD, (1968) Interpretation of Leached Outcrops.- Nevada Bureau of Mines., Bull.66, 166p.
- BORREDON, R. (1982) Etude Geologique et Metallogenique Du District Minier de Huãlgayoc (Perou Septentrional ) a Plomb-Zinc-Cuivre-Argent.- Diplome de Docteur de 3e. cycle (Paris)
- BOYLE, R.W. (1979) The geochemistry of gold and its deposits.- Geol. Survey Canada Bull. 280, 584p.
- CANCHAYA, S. (1976) Plano Geológico de la Región Minera de Hualgayoc, Cajamarca. Escala 1/25000 (un Publ.)
- CANCHAYA, S. (1980) Informe Geológico Económico de la mina Bella Unión, Hualgayoc (Cajamarca).- Tesis de Bachiller (UNI)
- CANCHAYA, S. (1982) Mineralogía y Génesis de los depósitos de Cu-Pb-Ag-Zn de la mina Bella Unión-Hualgayoc.- XVI Convención de Ingenieros de Minas (Lima)
- CANCHAYA, S.; CHIRIF, H.; PASTOR, L. & ROMERO, D. (1990) Estudio Geológico del Distrito Minero de Hualgayoc.- Universidad Nacional de Ingeniería, 100p.
- CANDIA, (1978) Informe General de la mina "El Dorado",- Informe interno de la Cia. Minera "Los Mantos", 20p.

- CANEPA, C. (1980) Estudio microscópico de los materiales tratados en la Planta de Flotación "Centinela".- Informe interno de la Cia. Minera "Los Mantos", 10p.
- CANEPA, C. (1988) Informe del Estudio Microscópico de la Cia. Minera Conlaso.- Informe interno de la Cia. Minera "Los Mantos", 8p.
- CEDILLU, E. & WOLF, D. (1975) Método de Difracción de rayos-x o método del Polvo. Cursillo de introducción- Minero Perú, 120p.
- CHIRIF, H. (1991) Petrología y Geoquímica de las Rocas Igneas del Distrito Minero de Hualgayoc.- Tesis de título (UNI), 140p.
- COBBING, J., PITCHER, W., WILSON, J., BALDOCK, J., TAYLOR, W., McCOURT, W. & SNELLING, N. (1981) Estudio Geológico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú. Bol. No. 10 Serie "D" \_INGEMMET (Lima)
- CUBA, C. (1984) Informe de Inspección Geológica Mina "El Dorado".- Reporte interno de la Cia. Minera "Los Mantos" (Lima) 12p.
- DE MONTREUIL, L. (1976) Oxidación y enriquecimiento secundario de los yacimientos de oro.- Banco Minero del Perú (Lima), 18p.
- DE MONTREUIL, L. (1979) Estudio microscópico de 5 secciones pulidas del manzo Lourdes (MINA DORADO).- Banco Minero del Perú (10 p.)
- EDWARDS, A. (1965) Textures of the ore minerals.- Australian Ins. Met., Australia; 200p.
- ERICKSEN, G.; IBERICO, M. & PETERSEN, U. (1956) Geología del Distrito Minero de Hualgayoc-Cajamarca.- Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Bol. No.16 (Lima)
- ESPINOZA, E. (1976) Espectrometría de Absorción Atómica.- Cursillo de actualización- MINERO PERU
- GARRELS, R. & CHRIST (1965) Solutions, minerals and equilibria.- Freeman, Cooper & Cia. (California). cap.7
- JANJOU, D. (1981) Dones Geologique Pour un Modele de Evolution des Andes Nord Peruviennes entre 5°S et 7°S.- Tesis Doctoral, Univ. Pierre et Marie Curie; 170p.
- OJEDA, M.J. & MENDOZA, A. (1983) Preliminares sobre la Geoquímica del oro y la plata en el Perú.- Bol.71 Soc. Geol. Perú, pág: 219-227

OJEDA, M.J. & MENDOZA, A. (1984) Ciclo geoquímico del oro y plata.- Bol. Jubilar LX Aniversario Soc. Geol. Perú, p:1-5

ORSTOM (1979) Bureau de Recherches Geologiques et Minieres Service Geologique National.

PAREDES, J. (1980) Estudio del Distrito Minero de Hualgayoc, Cajamarca.- Bureau de Recherches Geologiques et Minieres (BRGM)

REYES, L. (1980) Geologia de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba.- Bol. 31 Serie "A"-Carta Geológica Nacional (INGEMMET), p.67

ROSE, E. & CUBA, (1979) Levantamiento Geológico de superficie de la mina "El Dorado".- Reporte interno de la Cia Minera "Los Mantos", 10p.

SIRNA, C. (1976) Geologia y reservas de la mina "Los Negros"- Hualgayoc.- Tesis de Bachiller (UNI)

SOTO, F. (1979) Columna estratigráfica de la mina "El Dorado".- Informe interno de la Cia. Minera "Los Mantos"; 15p.

TUMIALAN, P.H. (1986) Geologia económica de los óxidos con oro en los mantos de las concesiones de la Cia Minera Los Mantos.- COFIDE (Lima)

TUMIALAN, P.H. & NUÑEZ, F. (1987) Oro en los mantos del Distrito Minero de Hualgayoc (Cajamarca).- VI Congreso Nacional de Geologia.

WEBSTER, J. & MANN, A. (1984) The influence of climate geomorphology and primary geology on the supergene migration of gold and silver.- Journal of Geochemical Exploration, 22: p:21-42