

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

Facultad de Ingeniería  
Geológica Minera y Metalúrgica



**GEOLOGIA DEL YACIMIENTO  
POLIMETALICO MARTE-PUNO**

**T E S I S**

Para Optar El Título Profesional de  
**INGENIERO GEOLOGO**

**Román Justo Cochachez Artica**

**LIMA - PERU**

**1 9 9 2**

" A mis queridos padres  
FAUSTO y EULALIA, en  
especial a mi padre de  
quien aprendí las primeras  
enseñanzas de la Geología."

" A mi querida esposa CELIA y  
a mis hijos ANGEL y  
JENNIFER, por su constante  
apoyo moral"

## "GEOLOGIA DEL YACIMIENTO POLIMETALICO MARTE, - PUNO"

<b>INDICE</b>	<b>PAG.</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	1
<b>RESUMEN</b>	2
<b><u>CAPITULO I: INTRODUCCION</u></b>	
1.1 Objetivos y alcances	4
1.2 Ubicación y accesibilidad	4
1.3 Clima, vegetación y recursos naturales	5
1.4 Propiedad Minera	6
1.5 Historia y Trabajos anteriores	6
1.6 Metodología del trabajo.	8
<b><u>CAPITULO II: GEOLOGIA REGIONAL</u></b>	
2.1 Geomorfología	11
2.2 Estratigrafía	12
2.2.1 Grupo Cabanillas	12
2.2.2 Grupo Ambo	12
2.2.3 Grupo Lagunillas	13
2.2.4 Formación Calizas Ayabacas	15
2.2.5 Grupo Puno	15
2.2.6 Grupo Tacaza	17
2.2.7 Grupo Sillapaca	17
2.2.8 Grupo Maure	18
2.2.9 Grupo Barroso	19
2.2.10 Formación Azángaro	20

2.2.11 Depósitos Recientes	21
2.3 Rocas Intrusivas	22
2.4 Tectónica	24
2.4.1 Plegamiento	25
2.4.2 Fallamiento y Fracturamiento	26
2.5 Geología Histórica	27

### **CAPITULO III: GEOLOGIA LOCAL**

3.1 Geomorfología	31
3.2 Litología y Petrografía	31
3.2.1 Grupo Lagunillas	31
3.2.2 Grupo Puno	33
3.2.3 Grupo Tacaza	34
3.2.4 Pórfido Andesítico	36
3.2.5 Pórfido de Cuarzo y Feldespato	38
3.3 Geología Estructural	41

### **CAPITULO IV: GEOLOGIA ECONOMICA**

4.1 Geometría de las vetas	43
4.2 Longitud de afloramientos	45
4.3 Mineralización y texturas	48
4.3.1 Macroscópicas	51
4.3.2 Microscópicas	51
4.4 Paragénesis y Zonamiento	52
4.5 Alteraciones asociadas y sus relaciones con la mineralización	55
4.5.1 Alteraciones Hipógenas	55

4.5.2 Alteraciones supérgenas	56
4.6 Profundización de la mineralización	57
4.6.1 Logaritmo de cocientes metálicos - veta San Francisco	57
4.6.2 Correlación de contornos de zonamiento- veta San Francisco	59
4.6.3 Curvas isovalóricas - Veta San Francisco	60
4.7 Esbozo del tipo de yacimiento y génesis	62
 <b><u>CAPITULO V: GEOLOGIA MINERA</u></b>	
5.1 Controles de mineralización	64
5.1.1 Control fisiográfico	64
5.1.2 Control litológico	64
5.1.3 Control mineralógico	65
5.1.4 Control estructural	65
5.2 Reservas minerales, mineral posible y potencial del yacimiento.	67
5.3 Programa de exploración y desarrollo	70
5.4 Posibilidades económicas del yacimiento	72
 <b><u>CAPITULO VI: MINERIA</u></b>	
6.1 Labores mineras actuales	74
6.2 Método de explotación	75
 <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	 76
<b>APENDICE DE PLANOS Y DIAGRAMAS</b>	81
<b>REFERENCIAS</b>	83

### AGRADECIMIENTOS

Tengo que expresar mis agradecimientos a los ingenieros Jesús Chinchay L., Vladimir Cuba C., Gerente general y Gerente de operaciones de la Unidad Minera Marte, por la autorización y el apoyo brindado para la presentación del presente trabajo como tema de tesis.

De igual forma mi reconocimiento a los Ingenieros Pedro H. Tumialán de la Cruz, Rolando Carrascal M., Alfonso Huamán y Dr. César Cánepa, por el asesoramiento, sugerencias y revisión de la presente tesis.

Finalmente también tengo que agradecer al señor Julián Salazar M. por los dibujos y diagramas; y a todas las personas en general que con su apoyo incondicional hicieron posible la culminación de éste humilde trabajo.

## RESUMEN

El yacimiento minero Marte se encuentra ubicado en el departamento de Funo, en la franja metalogenética intercordillerana del sur con mineralización polimetálica. Se emplaza en rocas pre-terciarias y terciarias, mayoritariamente en volcánicos andesíticos del grupo Tacaza. Está a una altitud promedio de 4,150 m.s.n.m.

El presente trabajo tiene por finalidad evaluar el potencial geo-económico del yacimiento y para ello ha sido necesario un estudio geológico integral del yacimiento.

La mineralización económica está caracterizada por la presencia de sulfuros de Ag, Pb, Zn y Cu; teniendo mayor incidencia la Ag y el Zn.

En el aspecto estructural la fase tectónica del Mioceno inferior con acortamiento en dirección Sureste Noroeste, influyó en la formación de fracturamientos pre-minerales, por esta razón el control estructural es el que nos define estructuras importantes con mineralización económica y está caracterizado por la presencia de vetas tensionales, de cizalla, lazos cimoidales e intersecciones de vetas.

El estudio de logaritmo de cocientes metálicos para la veta San Francisco, nos dá un zonamiento domal inclinado de la mineralización de Sureste a Noroeste. Al mismo tiempo nos induce a establecer puntos estratégicos de exploración para las demás vetas.

Las posibilidades económicas del yacimiento son expectantes toda vez que las interpretaciones basadas en el estudio geológico han sido determinantes y concluyentes.

## CAPITULO I: INTRODUCCION

### 1.1.- OBJETIVOS Y ALCANCES.

El objetivo principal presente estudio es evaluar el potencial de recursos minerales del yacimiento, para elaborar un programa sistemático general de exploración, desarrollo y explotación. De esta manera también se estaría contribuyendo a la Geología Económica y Metalogénia principalmente de plata y zinc en rocas volcánicas terciarias del sur del país.

### 1.2.- UBICACION Y ACCESIBILIDAD.

El yacimiento se encuentra ubicado en el sector Sur Occidental de los Andes, formando parte de la faja metalogenética intercordillerana del sur, con mineralización polimetálica en volcánicos Miocénicos. Está a una altitud media de 4,150 m.s.n.m. En el distrito de Vilque, provincia y departamento de Puno. Sus coordenadas geográficas aproximadas son:

Longitud 70o 15'00" Oeste

Latitud 15o 54'00" Sur

El yacimiento está enlazado con la capital de la República por diversas carreteras siendo la más importante la Panamericana Sur hasta Arequipa y de allí hacia Puno cuyo itinerario es el siguiente:

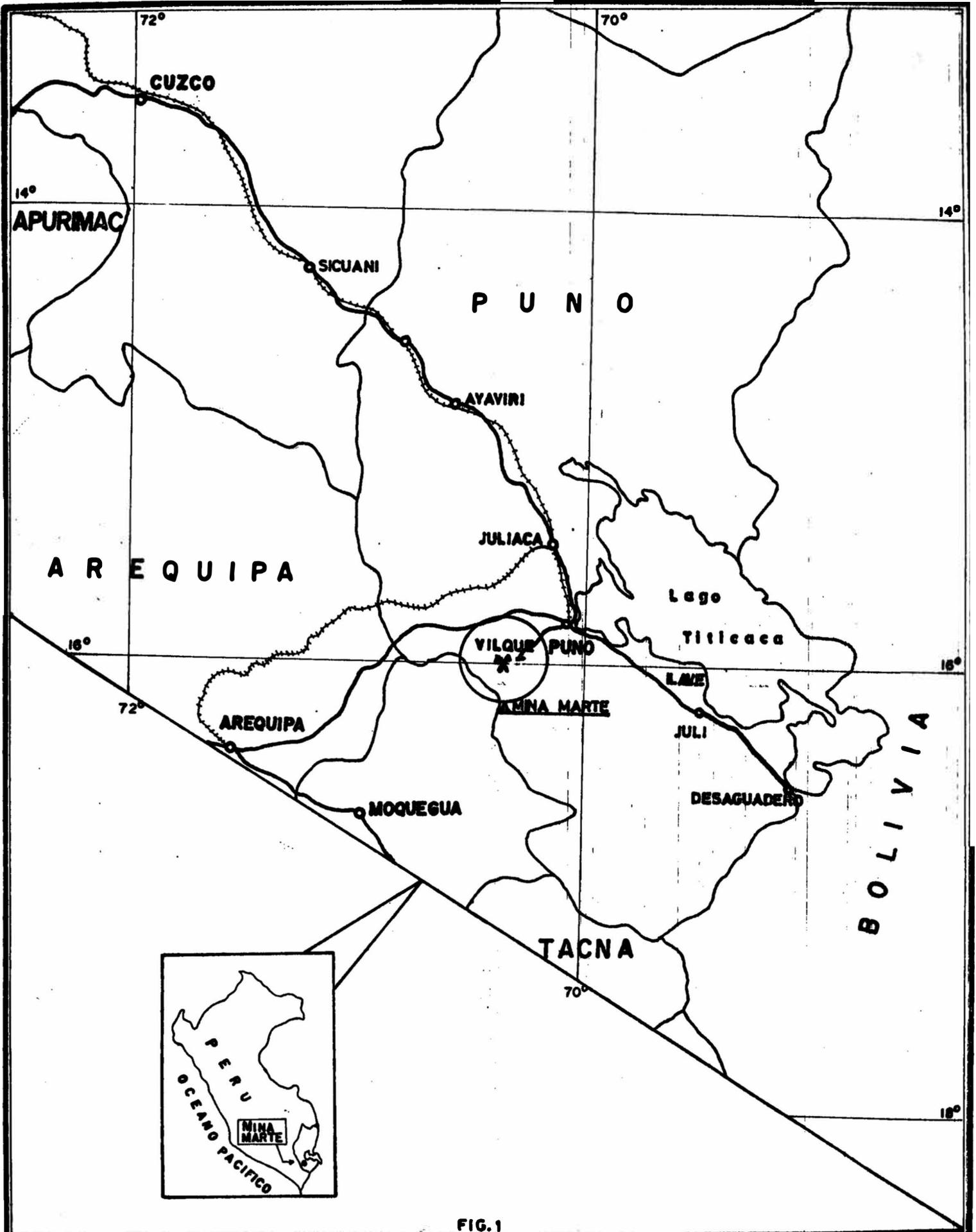


FIG. 1

**COMPANIA MINERA URANO S.A.**  
**UNIDAD MARTE**

**PLANO DE UBICACION**

GEOL. : R. COCHACHEZ A.	ESCALA : 2'500,000	FECHA : ENERO-1990
DIBUJO: J. SALAZAR M.		Plano No. 1

TRAMO	ACCESO	DISTANCIA	TIEMPO
		(Km)	(Hrs. Aprox.)
Lima-Arequipa	Carretera asfaltada	1020	18
Arequipa-Puno	Carretera afirmada	296	8
Puno-Vilque	Carretera afirmada	30	1
Vilque-Mina	Carretera afirmada	60	2

(Ver Fig. No. 1).

### 1.3.- CLIMA, VEGETACION Y RECURSOS NATURALES

El clima es frio o boreal típico de altiplanicie, presenta dos periodos: Uno que corresponde a los meses de Diciembre a Abril con máximas precipitaciones lluviosas, acuosas y sólidas; y otro que corresponde a los meses de Mayo a Noviembre que es un periodo de sequia donde la temperatura desciende por debajo de 0o Centrigrado.

El recurso vegetal guarda una estrecha relación con el clima ya que por encima de los 4,000 m.s.n.m. la agricultura es incipiente con predominio de pastos naturales como el ichu (Stepa Ichu).. En cambio por debajo de los 4,000 m.s.n.m. la vegetación es variada, desde quinuar y quishuar en las partes altas hasta cultivos alimenticios en las partes bajas.

El recurso animal es el más abundante sobre todo el ganado vacuno y lanar; el mismo que es utilizado para el consumo humano.

Dado la presencia de abundantes quebradas las cuales son afluentes del río Queirane; esta zona tiene suficiente agua para generar electricidad, para el tratamiento de minerales y para el consumo humano sin tener que afectar a las zonas bajas.

#### 1.4.- PROPIEDAD MINERA.

El yacimiento Minero Marte está constituido por tres concesiones que son de propiedad de Cia. Minera Urano S.A. Abarca un total de 2,300 hectáreas distribuidos de la siguiente manera.

CONCESIONES	HECTAREAS
Marte	1,000
Marte-1	1,000
Urano-100	300
<b>TOTAL</b>	<b>2,300</b>

#### 1.5.- HISTORIA Y TRABAJOS ANTERIORES.

En la zona de la Mina Marte los trabajos mineros se iniciaron en la época Colonial. Testigo de ello es la existencia de hornos donde fundian los minerales de plata.

A partir del año 1900 se han sucedido varios propietarios quienes hicieron pequeñas labores de exploración tales como medias barretas y galerías cortas.

En el año de 1960 aparecen los señores Pizarro, quienes, trabajan la mina a mayor escala con galerías, piques de exploración y algunos tajos de explotación.

A partir del año de 1985 Centraminas S.A. inicia los trabajos de exploración en la zona de la veta San Francisco hasta fines del año de 1989, fecha en que se constituye la Cía. Minera Urano S.A. quien toma posesión de las concesiones mineras para efectuar trabajos exploración y explotación del yacimiento.

En la actualidad esta mina se encuentra en operación y se están haciendo trabajos para la instalación de una planta concentradora para el tratamiento de minerales.

En cuanto a los estudios anteriores se conocen los siguientes:

TEJADA J. (1968) Informe Geológico Preliminar de la Mina Marte - Reporte privado de Centraminas S.A.

HAWKINS M, KLINCK B, PALACIOS O, DE LA CRUZ J. (1991) Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca - Sur del Perú (Estudio Regional).

ALDANA M. (1987) El Caloviano en la Hacienda Queirane Funo (Estudio Paleontológico).

## 1.6.- METODOLOGIA DEL TRABAJO.

El trabajo en conjunto se dividió en tres etapas:

- a.- Trabajo de campo.
- b.- Trabajo de Laboratorio.
- c.- Trabajo de gabinete.

### a.- TRABAJO DE CAMPO.

Se inició el 27 de Octubre hasta el 20 de Diciembre de 1989 y consistió en: Levantamiento topográfico superficial y subterráneo de labores, mapeo geológico superficial y subterráneo de labores, finalmente muestreo superficial y subterráneo sistemático de labores.

El mapeo geológico se efectuó en forma detallada con previo reconocimiento del terreno superficial, habiéndose observado gran número de estructuras mineralizadas emplazadas en diferentes tipos de rocas que en los capítulos sucesivos se describen.

El muestreo superficial y de labores subterráneas se efectuó en forma sistemática el que sirvió para evaluar, estimar las reservas minerales y el potencial del yacimiento, respectivamente.

Para dichos trabajos se contó con los siguientes instrumentos:

- 1.- Plano topográfico superficial con curvas de nivel, a

escala 1:2,000.

- 2.- Fotografías aéreas del I.G.N. a escala aproximada 1:40,000.
- 3.- Teodolito Wild. T-1
- 4.- Brújula de mano tipo Brunton
- 5.- Altimetro
- 6.- Wincha de 50 metros
- 7.- Mira estadimétrica
- 8.- Otros instrumentos, útiles de muestreo y mapeo geológico.

#### **b.- TRABAJO DE LABORATORIO.**

Se hicieron en los meses de Enero a Marzo de 1990 y consistió en el análisis químico de muestras por los elementos plata, plomo, zinc y cobre. Dichos análisis se realizaron en el laboratorio químico de la compañía.

Paralelamente se efectuó la preparación de secciones delgadas y secciones pulidas de rocas y minerales para el estudio petrográfico y minerográfico. Así mismo se hizo un análisis espectrométrico semicuantitativo del compósito de muestras para tres vetas importantes ubicadas en zonas distintas.

El análisis espectrométrico y los estudios minerográficos y petrográficos se realizaron en los laboratorios de Geoquímica y Minerografía de la Escuela de Geología de la U.N.I.

**c.- TRABAJO DE GABINETE.**

Se efectuó entre los meses de Febrero y Abril. Consistió en la elaboración de planos topográficos y geológicos de superficie y subterráneos; Secciones longitudinales y transversales de labores, planos de muestreo y cubicación de reservas; así como otros utilizados en la interpretación geológica del yacimiento. Concluyéndose posteriormente con el informe final.

## CAPITULO II: GEOLOGIA REGIONAL

### 2.1.- GEOMORFOLOGIA

Regionalmente comprende dos unidades geomorfológicas: La Zona de Altiplanicies y zona de Superficie Puna.

La zona de Altiplanicies: Comprende zonas de relieve moderado con formas topográficas típicas de modelado glaciar y fluvioglaciar integrado por cadenas de cerros con colinas suaves y concordantes con altitudes entre 4,000 y 4,800 m.s.n.m. La topografía está representada por valles glaciares en formas de U, superficie estriadas, depósitos morrénicos y fluvioglaciares. El altiplano con las características morfológicas indicadas representa un remanente de la superficie puna.

La Zona de Vestigios de Superficies Puna: Se caracteriza por la presencia de altiplanicies y cadenas de cerros concordantes con cimas truncadas por la erosión.

La superficie puna corresponde a la típica descrita por MCLAUGHLIN (1924) en el departamento de Junín, cuya etapa de erosión puna ha ocurrido durante el Mio-Plioceno, después del emplazamiento de los intrusivos



plutónicos y después de la serie volcánica del terciario. La topografía está representada por relieves moderados con cadenas de cerros de cumbres concordantes y valles glaciares en las nacientes de los ríos. Está por encima de los 3,800 m.s.n.m. al Sureste del yacimiento.

## **2.2.- ESTRATIGRAFIA.**

Estratigráficamente las rocas sedimentarias de la región van en edad desde el Devoniano hasta el Cuaternario siendo las rocas más antiguas las pertenecientes al Grupo Cabanillas. (Fig. No.4).

### **2.2.1.- GRUPO CABANILLAS. (DCb)**

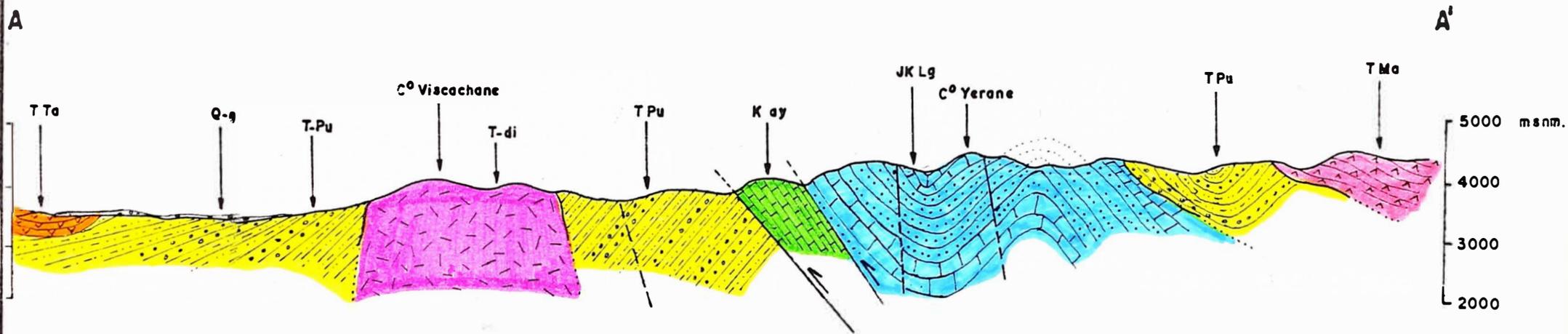
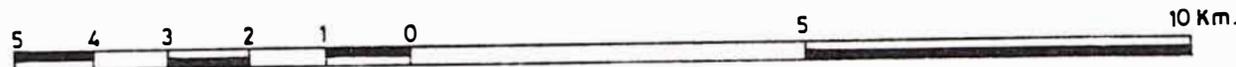
Esta unidad aflora aproximadamente a 30 km. al norte del yacimiento cerca a la localidad de Cabanillas. (NEWELL - citado en HAWKINS 1991). Consiste de una secuencia monótona de lutitas interestratificadas con arenisca cuarcíticas negras a grises con presencia de fósiles como: braquiópodos, trilobites y conularia que son de edad Mesodevoniana.

En esta zona, la secuencia alcanza un espesor de 2,500 metros (ALBAN & HAWKINS 1983), infrayace en discordancia angular al Grupo Ambo y está relacionada a la primera fase de la orogenia Paleozoica o Fase Eohercínica.

### **2.2.2.- GRUPO AMBO. (CAm)**

Al igual que el Grupo Cabanillas esta

# PERFIL GEOLOGICO A LO LARGO DE LA LINEA A-A'



## LEYENDA

Q-a	Aluvio: limo y arena con grava	
T-Ma	Tobas, tobas retrabajadas, lavas andesíticas, areniscas y lutitas	} Gpo. Maure
T-Ta	Lavas andesíticas	
T-Pu	Arenisca arcósica de color marrón rojo con fangolita y conglomerado	} Gpo. Puno
K-ay	Caliza gris masiva con fangolita roja	
JK-Lg	Cuarcita masiva, lutitas negras y caliza	} Gpo. Lagunillas
T-di	Diorita y cuarzo diorita	
		} Intrusivo

## SIMBOLOGIA

	Sobreescurrimiento
	Contacto conocido
	Contacto inferido
	Fallas normales

COMPAÑIA MINERA URANO S.A.  
UNIDAD MARTE

POR: ROMAN COCHACHEZ A.

FIG. 3

unidad aflora en la parte norte del yacimiento (ALBAN & HAWKINS 1983). Litológicamente esta secuencia consta en su parte inferior de conglomerados basal formado por fragmentos de cuarcitas y areniscas, seguido por areniscas y lutitas con delgadas intercalaciones de carbón. En su parte media hay persistencia de areniscas de color gris oscuro. En la parte superior hay predominancia de lutitas y areniscas con presencia de restos de plantas (Lepidodendrum, Racopteris y Calamites).

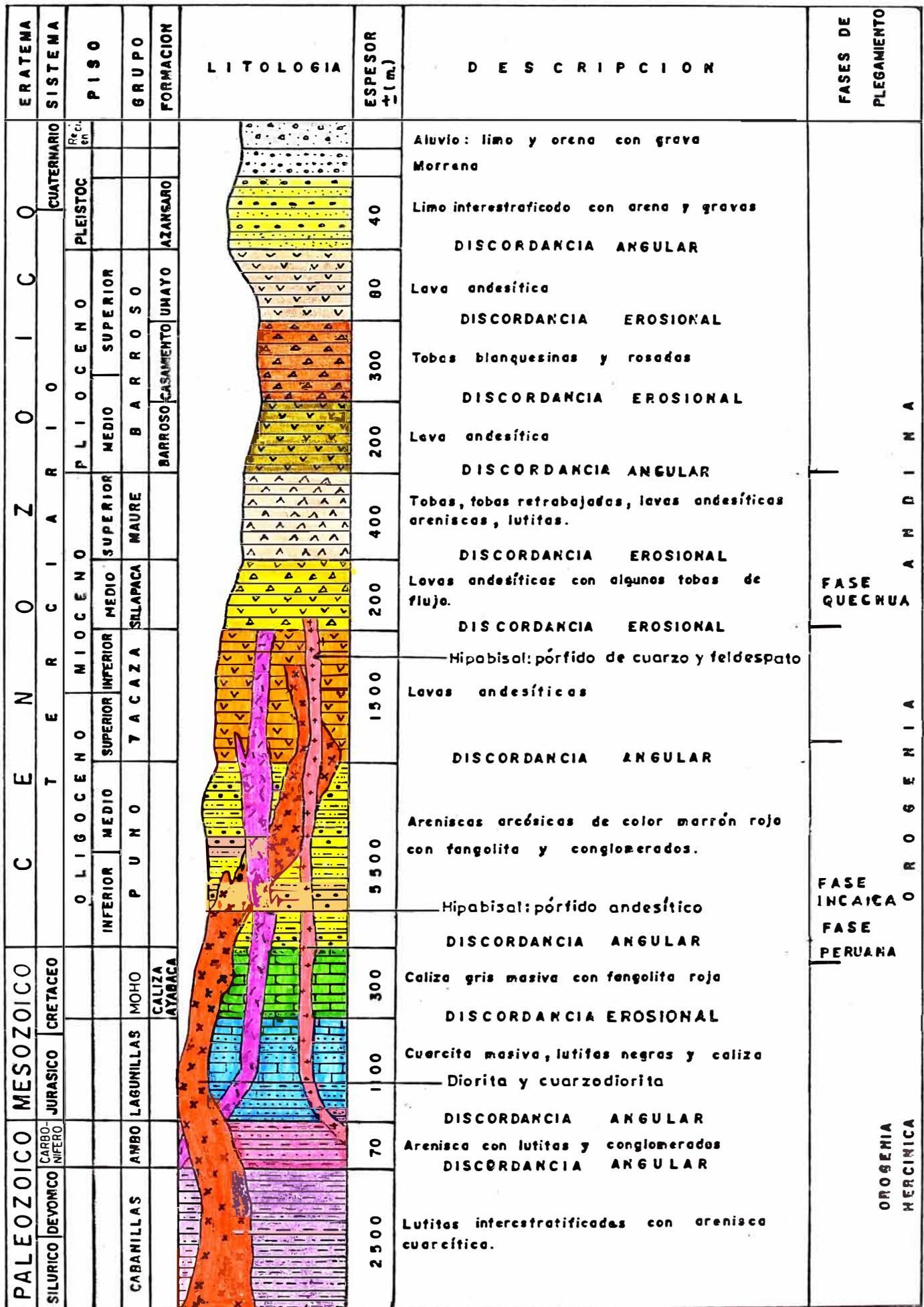
La secuencia antes descrita llega a tener un espesor de 70 metros. Por los restos de plantas presentes se le asigna una edad del Missisipiano inferior.

### **2.3.3.- GRUPO LAGUNILLAS. (JKLag)**

Esta unidad suprayace en discordancia angular a las formaciones paleozoicas (Fig. No. 4); pero por efectos tectónicos está sobre la Formación Calizas Ayabacas formando sobreescorrimiento (Fig. No. 3). La unidad aflora a 200 metros al norte y noroeste del yacimiento. Litológicamente está formado por calizas, lutitas y cuarcitas.

Su espesor en el área alcanza los 1100 metros y la estratificación está fuertemente afectada por tectonismo formando anticlinales y sinclinales cuyos rumbos y buzamientos de las capas varían de N-85o-W a N-85o-E y 16o a 56o SE y SW respectivamente. El Grupo Lagunillas está representado por tres unidades

# COLUMNA ESTRATIGRAFICA REGIONAL MINA MARTE



formacionales.

**a) MANAZO INFERIOR.**

Descrito por NEWELL (citado en HAWKINS 1991). Está representado por una secuencia calcárea areniscosa. la base hay lutitas grises a negras, fisibles con algunos nódulos de pirita intercalado con calizas fosilíferas conteniendo ammonites. Sobreyace a la anterior una secuencia masiva de calizas grises con venillas de calcita, también fosilíferas con braquiópodos, corales y bivalvos. El tipo de esta secuencia está compuesta por areniscas de grano medio de color marrón naranja. Esta unidad por la fauna fosilífera que contiene evidencia al Sinemuriano.

**b) TANCACOLLO INFERIOR.**

Corresponde a la parte media del Grupo y está formado por una secuencia de lutitas oscuras bituminosas muy friables, deleznable y alteradas debido al fallamiento por tectonismo. Estas lutitas son ricas en faunas de ammonites y bivalvos de edad Caloviano. En su parte superior presenta calizas masivas y areniscas cuarzosas. El espesor de esta unidad alcanza los 550 metros.

**c) FORMACION TANCACOLLO.**

Corresponde a la parte superior del Grupo. Se caracteriza por presentar paquetes masivos de

cuarcitas de color pardo amarillento.

#### **2.2.4.- FORMACION CALIZAS AYABACAS. (K-ay)**

Esta unidad aflora a 5 km. al norte y noroeste del yacimiento. Regionalmente en el área de estudio la formación suprayace al Grupo Puno e infrayace al Grupo Lagunillas con discordancia angular formando con ambos sobreescurrecimientos generados por efectos tectónicos. (Fig. No. 2,3). En posición estratigráfica normal antes del tectonismo la unidad descansa discordancia erosional sobre el Grupo Lagunillas. (Fig. 4).

Litológicamente está representado por una secuencia monótona de calizas negras a grises oscuras, con intercalaciones en ciertos niveles con fangolitas de color rojizo, lutitas marrón rojizas y algunos lentes de areniscas de grano fino. Las calizas son compactas y están bien estratificadas formando bancos de 0.30 m a 1.00 m. de potencia; cerca al tope presenta calizas arenosas de color gris claro.

El espesor de la unidad en conjunto alcanza los 300 metros. También presenta fauna fosilífera (algunos moluscos, cefalópodos y equinodermos) por lo que se le asigna una edad Albiano-Cenomaniano.

#### **2.2.5.- GRUPO PUNO. (TPu)**

El Grupo Puno es una de las unidades

estratigráficas de mayor extensión en el yacimiento. Regionalmente aflora en la parte central y norte del área de estudio.

Esta unidad descansa normalmente en discordancia angular sobre el Grupo Lagunillas; pero en la zona norte está debajo de la Formación Calizas Ayabacas debido a sobreescurrecimientos producto de tectonismo.

Litológicamente está constituida en la base por capas delgadas de lutitas rojas interestratificadas con areniscas de grano medio. La parte central consiste principalmente de areniscas arcóscicas de color gris blanquecino a marrón rojizo de granulometría media a gruesa los cuales forman bancos de 5 a 20 metros, presentando intercalaciones con niveles conglomerádicos de 2 hasta 20 metros de espesor constituidos por fragmentos subredondeados de cuarcitas, calizas y areniscas en una matriz calcárea. El nivel superior del Grupo está conformado por areniscas marrones a gris rosadas siempre con intercalaciones conglomerádicas de granulometría fina a media, con niveles de areniscas tufáceas de color blanco amarillento hacia el tope, que por efectos del interperismo adquieren una coloración rojizo oscuro.

La potencia del Grupo es variable desde algunos cientos de metros en el lugar del yacimiento hasta los 5,500 metros en las zonas más alejadas regionalmente (ALBAN & HAWKINS 1983).

La edad del Grupo Puno es Oligocena por las Carofitas encontradas cerca al Lago Titicaca (MAROCO 1971).

#### **2.2.6.- GRUPO TACAZA. (TTa)**

Esta unidad aflora en la parte central, extendiéndose regionalmente hacia el Este y Sureste del yacimiento. El grupo Tacaza suprayace con una ligera discordancia angular sobre el Grupo Puno.

Litológicamente está constituido por una potente secuencia volcánica formado por derrames lávicos, brechas y aglomerados tufáceos de composición andesítica con fragmentos subangulosos de calizas, cuarcitas y areniscas. En algunos niveles presenta intercalaciones de andesitas porfiroides superpuestas por lavas andesíticas. La coloración varía de gris verdosa a morado rojizo.

El espesor de la secuencia en conjunto llega a 1,500 metros aproximadamente. Se le asigna una edad Oligo-Miocénico.

#### **2.2.7.- GRUPO SILLAPACA. (TSi)**

Esta unidad aflora a 6 km. al Suroeste del yacimiento y se encuentra suprayaciendo al Grupo Tacaza en discordancia erosional.

Su litología comprende lavas

andesíticas, y algunas tobas de flujo de colores gris violáceas, en algunos niveles color pardo blanquecino.

Tiene un espesor de aproximadamente 200 metros. Por suprayacer sobre el Grupo Tacaza e infrayacer al Grupo Maure se le asigna una edad del Mioceno medio.

#### **2.2.8. - GRUPO MAURE. (TMa)**

Regionalmente en el área de estudio el Grupo Maure está sobre el Grupo Puno en discordancia angular y sobre los Grupos Tacaza y Sillapaca en discordancia erosional (Fig. No.2,3).

Esta unidad aflora al Suroeste del yacimiento. Su litología está conformada en su base por una secuencia de limolitas y lutitas tobáceas de color gris oscuro a crema intercaladas con areniscas tobáceas de grano medio a fino y coladas de tobas.

En su nivel medio y superior presenta areniscas tobáceas en capas de hasta 0.50 m. con niveles de tobas retrabajadas, limolitas amarillentas en bancos de 0.20 m. intercaladas con lavas andesíticas.

El Grupo Maure presenta una topografía suave levemente ondulada cuya estratificación buza entre 80 y 160 al SW y SE. Su espesor es de 400 metros aproximadamente (ALBAN & HAWKINS 1983) y se le asigna una del Mioceno superior.

### **2.2.9.- GRUPO BARROSO. (TBa)**

Regionalmente se extiende hacia el Noreste y Sureste del yacimiento. En el NE yace sobre la Formación Calizas Ayabacas con discordancia angular y al SE suprayace al Grupo Tacaza mediante discordancia angular.

En el área el Grupo Barroso ha sido diferenciado en tres unidades: La inferior que está constituido por una secuencia de 200 metros de lavas andesíticas; la intermedia que corresponde a la Formación Casamiento y la superior que está representado por la Formación Umayo. Esta división está basado principalmente en su litología y la presencia de una ligera discordancia erosional entre unidades.

La edad de este Grupo es inferida en base a su posición estratigráfica regional, estando entre fines del Plioceno hasta el Pleistoceno (MENDIVIL 1965).

#### **a) LAVAS ANDESITICAS. (T-Ba)**

Constituida esencialmente por paquetes de lavas de composición andesítica de textura afanítica a porfiroide. Su espesor estimado es de 20 metros. Esta unidad forma discordancia angular con el Grupo Tacaza.

#### **b) FORMACION CASAMIENTO. (TBa-ca)**

Esta unidad aflora al SEE del

yacimiento en discordancia angular sobre la Formación Calizas Ayabacas.

Litológicamente conforma una secuencia de bancos de brecha y conglomerados tabáceos con matriz y grados de compactación variada, de coloración blanquecina a rosada. Su espesor estimado es de 300 metros.

#### **c) FORMACION UMayo. (TBa-u)**

Aflora al NE sobre el Grupo Puno y la Formación Calizas Ayabacas mediante discordancia angular y sobre la Formación Casamiento mediante discordancia erosional.

Su litología consta de derrames lávicos de composición andesítica que se extiende en forma de capas levemente horizontales ó inclinadas, con algunas intercalaciones de piroclastos. El tope de la unidad está formada esencialmente por lavas andesíticas.

El espesor de la unidad se puede estimar en 80 metros.

#### **2.2.10.- FORMACION AZANGARO. (TQ-az)**

Esta unidad aflora al Noreste del yacimiento y está conformado por una redeposición de recientes aluviones con limos interestratificados con arenas y gravas conteniendo fragmentos subangulares a subredondeados de 0.50 a 0.90 m. de diámetro de diferente litología. Su espesor alcanza los 40 metros.

La edad de esta formación corresponde al Plio-Pleistoceno.

#### **2.2.11.- DEPOSITOS RECIENTES.**

Están constituidos por depósitos glaciares (morrenas), fluvioglaciares y aluviales.

##### **a) DEPOSITOS GLACIARES Y FLUVIOGLACIARES. (Q-m)**

Los primeros comprenden a morrenas circunscritas a las partes altas de los valles glaciares ó al fondo de las quebradas antiguas y constan de bloques y gravas con fragmentos subangulosos de diferentes tipos de rocas englobados en una matriz en parte arenosa y en parte tufácea.

Los materiales fluvioglaciares están constituidos por material acarreado por los ríos y que guardan relación con los procesos erosivos activados por el levantamiento andino.

##### **b) DEPOSITOS ALUVIALES. (Q-a)**

Están formados por materiales que se hallan en los cauces de los ríos antiguos y recientes formando pequeñas terrazas y conos aluviales. Contienen limos, arenas y cantos subredondeados a redondeados de diferentes tamaños; en algunos casos interestratificados.

Los depósitos recientes se encuentran cubriendo parte de las rocas más antiguas. Su edad varía

del Pleistoceno a Reciente.

### **2.3.- ROCAS INTRUSIVAS.**

Las rocas intrusivas que afloran en el área están representadas por stocks de diorita y cuarzodiorita; por intrusiones hipabisales en forma de stocks irregulares, así como diques tabulares elípticos subconcordantes- representados por el pórfido de cuarzo y feldespató y el pórfido andesítico.

#### **a) DIORITA - CUARZODIORITA. (T-di)**

Está emplazado al Norte del yacimiento, en la mina Los Rosales. Tiene la forma de un stock circular y se encuentra intruyendo a las rocas del Grupo Puno. Sus características son: Textura porfirítica de grano medio a grueso; la mineralogía es esencialmente de plagioclasas de composición albitica a andesina de aspectos subhedrales. Como minerales máficos están la hornblenda y biotita; en algunos lugares se alteran a cloritas acompañados de calcita y cuarzo en pequeñas cantidades como cristales dispersos; pero en algunos lugares el cuarzo es abundante gradando la roca a una cuarzodiorita.

#### **b) PORFIDO DE CUARZO Y FELDESPATO. (T - po)**

Es una roca intrusiva hipabisal que aflora en el área de estudio en forma de stocks irregulares y diques subconcordantes elípticos. Está

intruyendo a las rocas sedimentarias y volcánicas pre-existentes.

En la zona Norte de la mina (Fig No 5) intruye a las rocas del Grupo Puno y presenta algunos fragmentos xenolíticos de cuarcitas pertenecientes al techo superior del Grupo Lagunillas.

Macroscópicamente se caracteriza por tener una textura porfirítica con fenocristales de cuarzo hialino de hasta 4 mm. de tamaño y feldespatos alcalinos en una matriz cuarzo-feldespática de granulometría fina de color blanquecino. En algunas zonas la roca está caolinizada.

### c) PORFIDO ANDESITICO (T-hip-a)

Aflora localmente en la mina en forma de pequeños stocks irregulares, diques y cuerpos elípticos subconcordantes. Intruye a las rocas volcánicas del Grupo Tacaza y contiene remanentes de rocas pre-existentes en forma de xenolitos en una matriz de pórfido andesítico. (Fig. No. 5).

Sus características macroscópicas son: Textura porfirítica de color gris verdosa con fenocristales de plagioclasas subhedrales; también hay ferromagnesianos alterados. Como minerales secundarios se observan pequeños cristales de calcita, así como magnetita alterándose a hematita. La matriz es cristalina y está

compuesta por plagioclasas de coloración verdosa.

Los intrusivos hipabisales descritos son rocas huéspedes de la mineralización, por lo que se considera que son de edad post-Tacaza y anteriores a los flujos mineralizantes.

#### 2.4.- TECTONICA

El área de estudio ha sido afectado por procesos tectónicos que se desarrollaron en parte de la Cordillera Occidental sur y del Altiplano.

Se reconocen dos ciclos Orogénicos, un ciclo Paleozoico el cual incluye estratos del Devoniano superior al Permiano y un ciclo Andino del Triásico al Reciente.

El inicio de un Arco Volcánico a lo largo de la Cordillera Occidental en el Triásico, marcó el comienzo de la Subducción, así como del ciclo Orogénico Andino. En el Jurásico se generó un esfuerzo distensivo en la corteza el cual al parecer activó fracturas muy profundas que actuaron como fallas de crecimiento las cuales se invirtieron en respuesta a esfuerzos compresivos.

En la región Sur circundante al área de estudio han sido determinados 4 dominios estructurales (Fig. No. 6) atribuibles a los eventos de deformación Andina (HAWKINS et. al 1991). Nuestra zona de estudio se ubica dentro de las estructuras de la Cuenca Yura limitada por el Lineamiento Ocuviri y la Falla

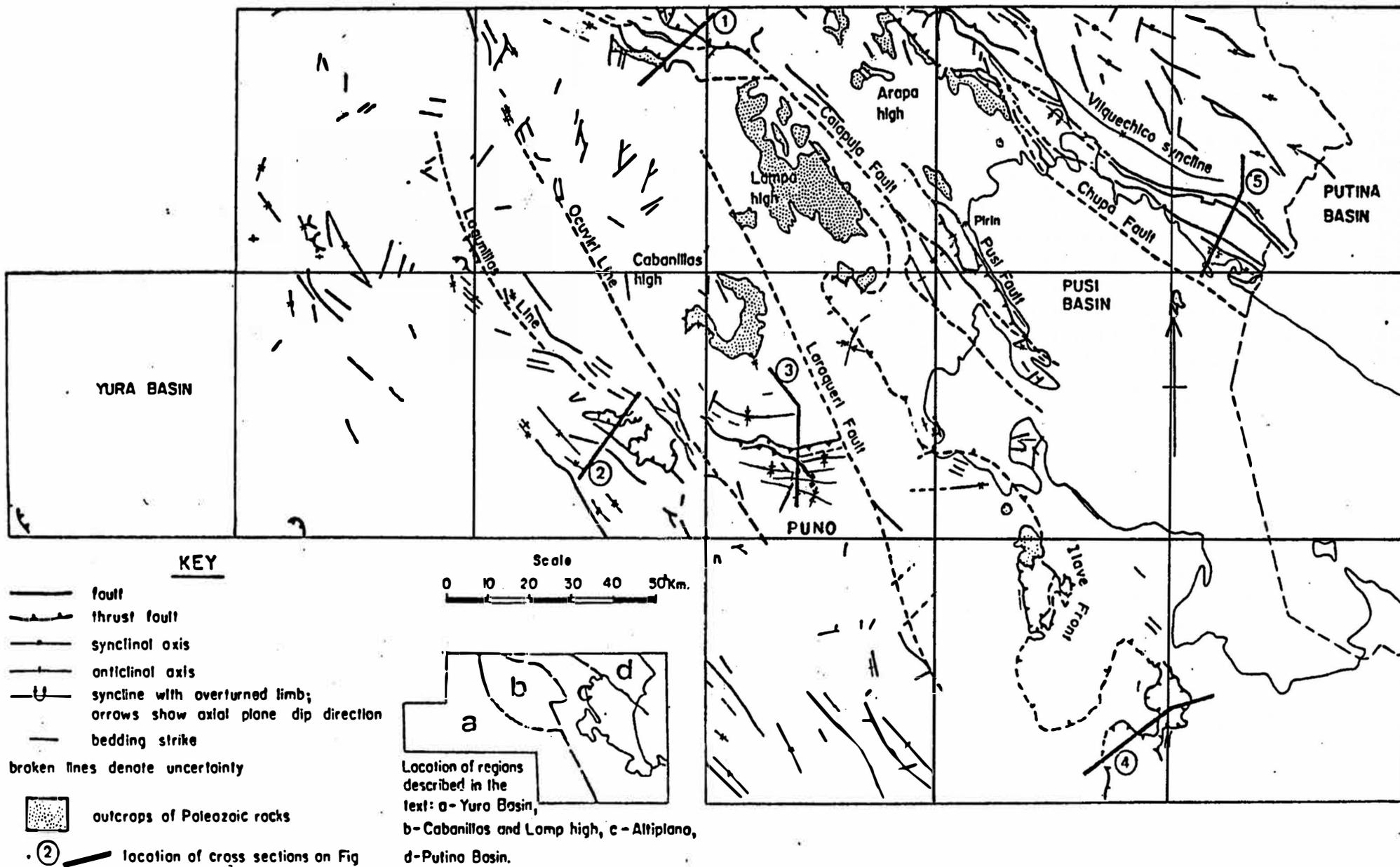


Fig. 6 MAPA DE ESTRUCTURAS INCLUYENDO LINEAMIENTOS PRINCIPALES —

Laraqueri de rumbo andino (NO - SE).

El ciclo Andino ha sido subdividido de la siguiente manera (HAWKINS et. al. 1991).

- Fase Peruana : Cretaceo Superior
- Fase Incaica : Eoceno Terminal
- Fase Quechua I : Oligoceno Medio (Post-Puno y Pre-Tacaza).
- Fase Quechua II : Mioceno inferior (Intra-Tacaza y Pre-Sillapaca).
- Fase Quechua III : Mioceno Superior-Plioceno Inferior (Post-Maure y Pre-Barroso).

Los eventos tectónicos mencionados dieron origen a las siguientes estructuras:

#### 2.4.1.- PLEGAMIENTO.

El estilo dominante de plegamiento lo constituye una serie de anticlinales y sinclinales simétricos aflorantes en las áreas circundantes al yacimiento y que se extienden transversalmente al Lineamiento Ocuvi y Falla Laraqueri (Fig. No. 2,6).

Dichos plegamientos han sido originados por tectonismo de las Fases Peruana y Quechua I, cuyas fuerzas comprensivas han actuado en dirección NNE - SSW (Fig. No. 8). Los ejes de los plegamientos tienen una longitud aproximada de 15 a 20 km. y siguen una

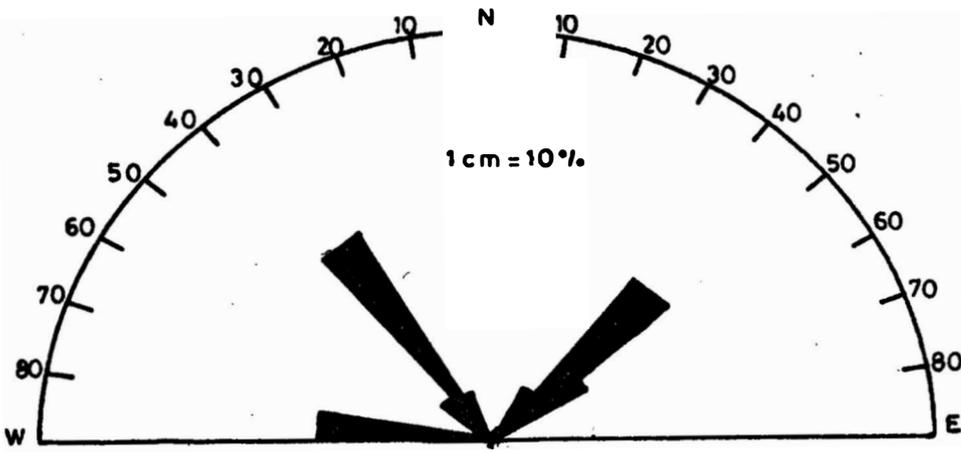


FIG. 7a - Fallas de rumbo, sobreescurremientos y plegamientos

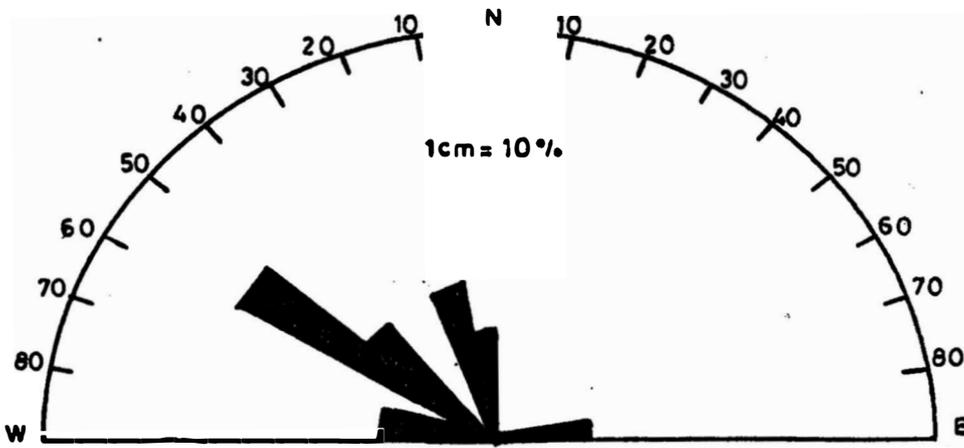


FIG. 7b - Fracturas de tensión y cizalla.

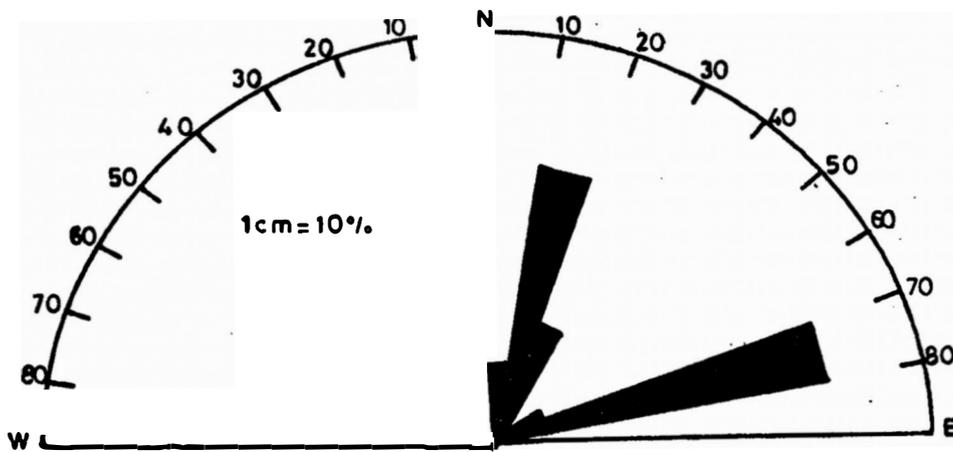


FIG. 7c - Fallas de rumbo.

dirección promedio de N-85o-W.

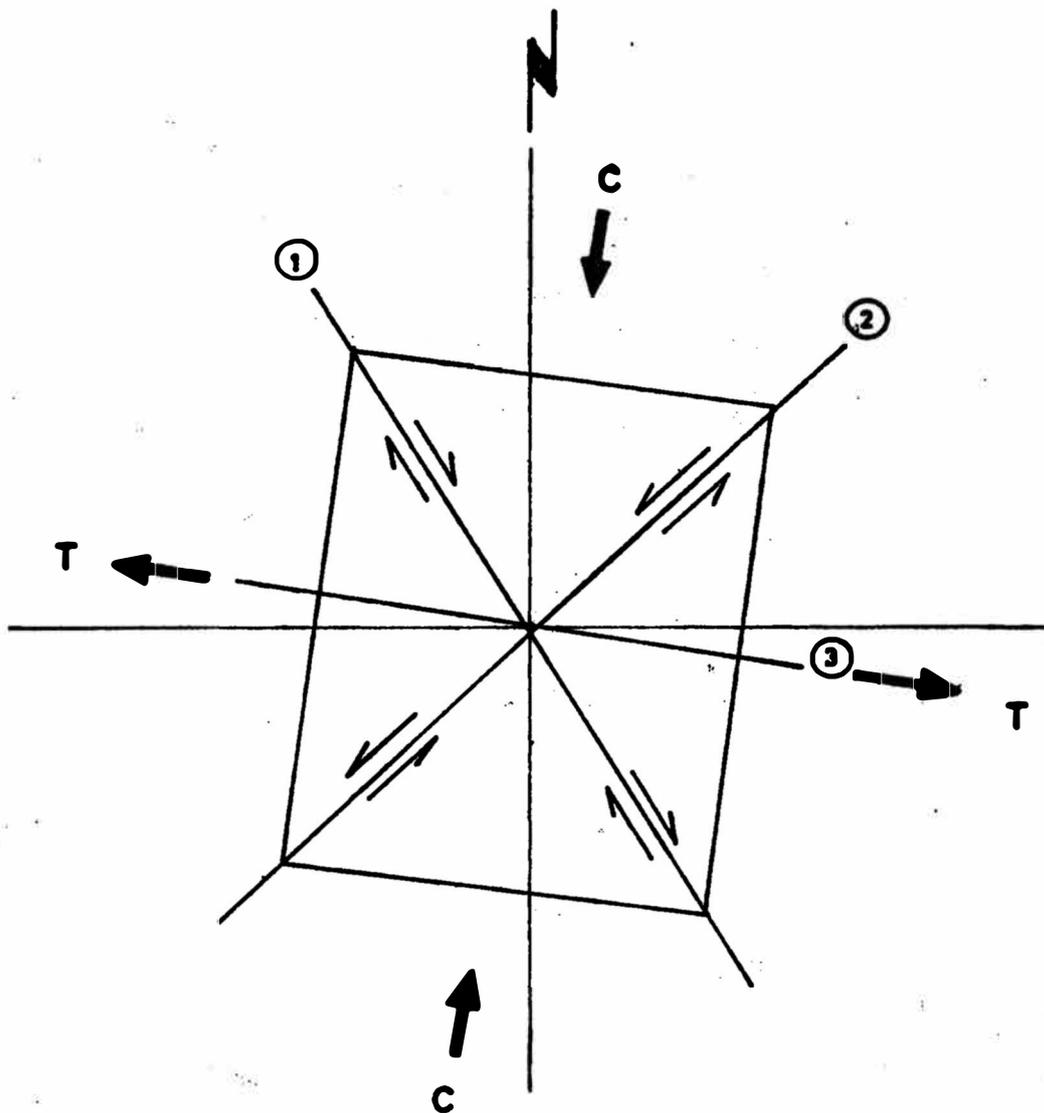
Las rocas que han sido plegadas son las calizas y lutitas del Grupo Lagunillas, las calizas de la Formación Calizas Ayabacas, las cuales han generado pliegues cerrados cuyos flancos tienen buzamiento promedio de 49o NE y SW, las cuarcitas del nivel superior del Grupo Lagunillas y areniscas conglomerádicas del Grupo Puno que por ser más competentes han generado pliegues más abiertos con flancos de buzamiento promedio 28o.

#### 2.4.2 FALLAMIENTO Y FRACTURAMIENTO.

El fallamiento observado en el área de estudio es el que se ha producido por efectos del evento tectónico de la Fase Quechua I del Oligoceno medio dando lugar a la formación de sobreescurrecimientos entre las rocas del Grupo Lagunillas, Formación Calizas Ayabacas y el Grupo Puno. Estas fallas tienen rumbo promedio casi E-W y buzan hacia el Sur (Fig. No. 2,8).

También se han generado fallas de desplazamiento en direcciones NE - SW, NW - SE (Fig. No. 8) las que han desplazado los ejes de los plegamientos.

El evento tectónico de la Fase Quechua II del Mioceno inferior da lugar al fracturamiento de las rocas del Grupo Puno, Tacaza y las hipabisales. Los esfuerzos compresivos han actuado en dirección NW SE originando fracturas de tipo tensional, dextrales



**DIAGRAMA DE ESFUERZOS Y FRACTURAMIENTOS-PRE-MINERAL**

**FASE: QUECHUA I**

**Sistema 1 = N-35°-W Fallas de desplazamiento dextral**

**Sistema 2 = N-45°-E Fallas de desplazamiento sinistral**

**Sistema 3 = N-85°-W Sobreescurremientos y ejes de plegamientos**

**Fig. 6**

sinextrales; dichas fracturas son las que posteriormente han sido mineralizadas (Fig. No. 9).

El evento tectónico de la Fase Quechua III ocurrido entre el Mioceno superior y el Plioceno inferior actuó con fuerzas compresivas en dirección NE - SW dando lugar al plegamiento de las rocas del Grupo Maure y formación de fallas post-mineral. (Fig. No. 10).

## 2.5 GEOLOGIA HISTORICA

La historia geológica de la región en estudio comprende el desarrollo de los ciclos de sedimentación y tectónica del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico.

El primer ciclo corresponde a la Fase tectónica Herciniana y los últimos a las Fases tectónicas de la Orogenia Andina.

El acontecimiento geohistórico más antiguo que registra la geología regional del área de estudio corresponde a la formación de las rocas sedimentarias del Grupo Cabanillas; luego se produce la tectogénesis Eohercínica a fines del Devoniano y comienzos del Missisipiano plegando y fallando estas rocas.

El plegamiento Eohercínico fué seguido por una depositación en cuenca continental de la serie clástica del Grupo Ambo que luego fué afectada por tectogénesis Tardihercínica ligada al Permiano medio de

caracter compresivo con acortamiento débil.

Entre el Permiano y el Triásico sucede una depositación calcárea del tipo de plataforma estable con depósitos detríticos y volcánicos detríticos provenientes de episodio volcánicos de esta edad. Este suceso no es evidenciado en ésta parte del Perú o probablemente haya ocurrido en capas delgadas ya erosionadas.

Posteriormente como consecuencia de la subsidencia producida en el Mesozoico (Jurásico inferior a Jurásico superior) en gran parte del Sur del país; en el área se depositan secuencias sedimentarias representadas por calizas, lutitas y areniscas del Grupo Lagunillas correspondientes a un ambiente nerítico de un mar fluctuante en profundidades (Ambiente deltaico - ALDANA 1983).

Posteriormente transcurre una etapa de no depositación, hasta que en el Cretáceo medio a fines del Aptiano y comienzos de Albiano se produce una transgresión marina dando lugar a la depositación de una secuencia calcárea representada por la Formación Calizas Ayabacas (Albiano - Cenomaniano).

Sucesivamente ha de retirarse el mar definitivamente a fines del Cenomaniano como consecuencia de la primera Fase de la Orogenia Andina (Fase Peruana de STEINMANN), para devenir un medio continental no manifiesto

en el área de estudio. Esta Orogenia presenta plegamientos sobre las rocas preexistentes (Grupo Lagunillas y Calizas Ayabacas).

A comienzos del Terciario se produce la depositación continental con actividad volcánica manifestado por el Grupo Puno el cual descansa en discordancia angular sobre las rocas Mesozoicas.

La Fase Incaica de STEINMANN tuvo poco efecto en ésta región ya que afectó principalmente a los segmentos Norte y Central del Perú.

Después de la depositación de las rocas del Grupo Puno, la región es sometida a un fuerte diastrófismo denominado como Fase Quechua I (HAWKINS et. al. 1991) que afectó a todas las rocas del Mesozoico y el Terciario inferior. Las fuerzas compresivas actuaron en dirección NNE - SSW originando sobreescurrimientos, plegamientos y fallamientos (Figs. No. 2,3).

Esta Fase estuvo seguida por un período de vulcanismo intenso manifestado por las rocas del Grupo Tacaza intruidas seguidamente por rocas hipabisales que luego fueron afectadas por la Fase tectónica Quechua II del Mioceno inferior que dió origen a los fracturamientos pre-minerales del yacimiento.

La Fase Quechua III del Mioceno

Superior Plioceno inferior actuó sobre las rocas del Grupo Tacaza, Sillapaca Y Maure con fuerzas compresivas en dirección NE - SW, generando en la zona, pliegues y fallas post-minerales de cortos desplazamientos; para luego continuar con un período de peneplanización durante un intervalo largo de erosión resultando la Superficie Puna.

Los productos volcánicos más recientes (Post-Orogénicos) se formaron durante el levantamiento Andino originando una serie de derrames volcánicos que constituyen el Grupo Barroso.

El relieve geomorfológico final manifiesta por la actividad glacial del pleistoceno y los depósitos aluviales más recientes.

### **CAPITULO III : GEOLOGIA LOCAL**

#### **3.1.- GEOMORFOLOGIA.**

La Geomorfología del yacimiento es típico de un modelado glaciar. El relieve es moderado cuya cumbre más alta alcanza los 4,380 m.s.n.m. y está limitado por las quebradas Queirane y Colcane.

Los depósitos morrénicos están circunscritos a las laderas de los cerros y a la nacientes de la quebrada Colcane, donde se encuentra cubriendo parte de las rocas más antiguas.

Los depósitos aluviales están distribuidos en los bordes y en las planicies ensanchadas de los cauces de los ríos Queirane y Colcane.

#### **3.2.- LITOLOGIA Y PETROGRAFIA.**

La litología del yacimiento está básicamente representada por las rocas aflorantes del Grupo Lagunillas, Grupo Puno, Grupo Tacaza y los intrusivos hipabisales (pórfido andesítico y pórfido cuarcífero feldespático) que a continuación se describen.

##### **3.2.1.- GRUPO LAGUNILLAS.**

Las rocas del Grupo Lagunillas afloran

al Este y Noreste de la mina. Estratigráficamente las rocas aflorantes pertenecen al nivel superior del Grupo y está representado por calizas clásticas con algunas intercalaciones delgadas de lutitas negras carbonosas, fisibles y quebradizas.

Por encima de esta secuencia se observan paquetes de cuarcitas de color pardo amarillento cuyo espesor llega hasta 100 metros.

En el lado Norte de la mina la estratificación de las rocas de este Grupo está disturbada por efectos tectónicos presentando rumbo promedio N-75o-W y buzamiento 42o a 72o SW, mientras que en el lado Este los estratos tienen rumbo N-45o-E y buzamiento 65o-SE.

En las labores subterráneas de los mantos Ichuntane la caliza de esta unidad infrayacen a los conglomerados del Grupo Puno. Al parecer la secuencia de cuarcitas en esta zona ha sido erosionada.

Litológicamente las calizas de este Grupo son las que están mineralizadas.

Macroscópicamente las calizas son de coloración gris a gris blanquecina, de textura clástica y granulometría fina. Las calizas de los mantos Ichuntane presentan venillas de calcita y disseminaciones de pirita.

Microscópicamente la roca es una calcarenita de textura clástica. Presenta cristales

xenomórficos de calcita y cuarzo en una matriz granular intersticial de granulometría fina compuesto por calcita (Foto No 1), y como minerales accesorios se aprecia pirita y algo de glauconita.

El cuarzo tiene forma subredondeada con tamaño promedio de 45 u y 20% de abundancia; algunos granos contienen inclusiones finas de minerales opacos (pirita).

La calcita se presenta en cristales anhedrales de 40 u y en forma intersticial en la matriz. Su abundancia es de 70%.

La pirita aparece en pequeños cristales xenomórficos de hasta 70 u de tamaño.

### 3.2.2.- GRUPO PUNO.

Las rocas del Grupo Puno están distribuidos en la mina, de Suroeste a Noreste.

Litológicamente está formado en su base por potentes bancos de conglomerados (unos 300 m. de espesor) constituidos por fragmentos subredondeados a redondeados de cuarcitas, calizas y areniscas; cuyos tamaños varían de 2 hasta 30 cm. en una matriz arenosa.

En el nivel intermedio se pueden observar areniscas arcósicas bien consolidadas de color marrón rojizo ( $\pm$  200 m. de espesor) con intercalaciones de

bancos conglomerádicos de 30 m. de espesor con una granulometría menor que en la base.

El nivel superior está constituido por areniscas tufáceas microconglomerádicas bién compactas de color blanco cremoso o marrón rojizo. También presenta intercalaciones esporádicas de conglomerados de menor espesor.

El Grupo Puno infrayace con una ligera discordancia angular a las rocas volcánicas del Grupo Tacaza. Esta discordancia es más conspicua hacia el Norte de la mina.

En el lado Noreste del yacimiento en las labores Colcane, esta unidad se encuentra intruida por el pórfido cuarcífero feldespático.

Esta secuencia ha sido afectada por la Fase tectónica del Mioceno inferior la que ha generado los fallamientos y fracturamientos pre-minerales del yacimiento.

### **3.2.3.- GRUPO TACAZA.**

Las rocas volcánicas pertenecientes a este Grupo son los que afloran con mayor extensión en la mina constituyendo la litología más favorable para la mineralización.

Básicamente está conformado por

aglomerados, brechas y lavas volcánicas de composición andesítica. Las lavas porfiríticas generalmente se encuentran en los niveles inferiores, mientras que las lavas de textura más fina están en los niveles superiores.

Macroscópicamente presentan textura porfirítica de coloración gris verdoza a morado rojizo. Los ferromagnesianos están alterados a cloritas.

La muestra estudiada microscópicamente se ubica cerca a las estructuras mineralizadas.

Microscópicamente presenta textura porfidica con fenocristales hipidiomórficos de plagioclasas distribuidos irregularmente, los cuales están corroídos y alterados, algunos de ellos presentan microfracturas rellenas de calcita. La matriz es cristalina de grano fino (Foto No. 2). Presenta los siguientes minerales:

- Plagioclasas: En fenocristales subhedrales generalmente irregulares y corresponden a andesina; las maclas no son muy nítidas por presentar alteración; aunque algunas de ellas son del tipo albita. El tamaño de los fenocristales es de 81  $\mu$  con 65% de abundancia. También presenta inclusiones irregulares de vidrio volcánico.

La alteración típica es la sericita, algunas plagioclasas con microfracturas están rellenas por calcita.

- Ferromagnesianos: Están caracterizados por la presencia

de hornblenda y augita, aunque no son muy nítidas por estar fuertemente alterados a clorita. Algunos cristales de augita son de forma tabular, subhedral de 25 u de tamaño. El porcentaje de abundancia de los ferromagnesianos es de 15%.

- Calcita: Ocurre como mineral secundario producto de alteración. Esta presente en cristales xenomórficos y a veces rellenando microfracturas de las plagioclasas.
- Cuarzo: Se presenta en cristales xenomórficos con bordes corroídos. Su abundancia es de 5% y el tamaño promedio de 45 u.
- Minerales de Alteración: Están presentes la clorita y en menor proporción epidota; también calcita, sericita, disseminaciones de pirita.

La roca en conjunto presenta una alteración propilitica y fillica.

#### 3.2.4.- PORFIDO ANDESITICO.

Es una roca hipabisal que aflora en la parte central del yacimiento intruyendo a las rocas volcánicas del Grupo Tacaza. En la parte Sur del yacimiento tiene la forma de un stock irregular, mientras que en la parte Norte aflora como un dique elíptico subconcordante.

La intrusión del pórfido andesítico es evidenciado por observarse dentro de él, fragmentos xenolíticos de la roca volcánica intrusionada

correspondiente al Grupo Tacaza (Plano No. 5).

Macroscópicamente la roca está compuesta por fenocristales a anhedrales de plagioclasas distribuidos irregularmente, y por ferromagnesianos con débil cloritización.

Los minerales opacos son cristales de magnetita embebidos en una pasta verdosa.

Microscópicamente la roca presenta textura porfirítica, con megacristales hipidiomorfos de plagioclasas zonadas de hasta 1245 u de tamaño. las maclas de los fenocristales no son muy nítidas; pero las que se han diferenciado son del tipo Albita (Foto No. 4). La variedad a la que pertenecen las plagioclasas está entre andesina y labradorita.

Los fenocristales se hallan rodeados por una pasta de vidrio.

Los ferromagnesianos son piroxenos; pero no se puede distinguir su variedad por estar alterados a cloritas, aunque parece haber pehnita juntamente a clorita y calcita.

La calcita está presente como mineral secundario relleno de porosidades y microfracturas de los fenocristales de plagioclasa.

Los minerales opacos son abundantes

con magnetita de forma xenomorfa rodeada por hematita; algunos de ellos aparecen como inclusiones irregulares en los fenocristales de plagioclasas.

La composición mineralógica aproximada es la siguiente:

- Plagioclasa	65%
- Ferromagnesianos	13%
- Cuarzo	2%
- Calcita	10%
- Opacos	10%

Las relaciones de campo indican que el pórfido andesítico se ha emplazado con posterioridad a las rocas volcánicas del Grupo Tacaza y antes de la fase tectónica Quechua del Mioceno Superior por lo que también ha sido fracturado y mineralizado.

### 3.2.5.- PORFIDO DE CUARZO Y FELDESPATO.

Esta roca se encuentra aflorando en el sector Norte en las labores Colcane y en el sector Este en la quebrada del río Queirane en forma de dique elíptico subconcordante y de stock irregular respectivamente.

Macroscópicamente la roca es de color blanco a blanco amarillento. Presenta textura porfirítica con fenocristales de cuarzo hialino de hasta 3 mm de tamaño en una matriz afanítica.

Superficialmente en algunos lugares

donde la roca está mineralizada, se observa caolinización.

Microscópicamente presenta textura porfirítica con fenocristales indiomórficos a xenomórficos de cuarzo y feldespatos en una matriz cristalina cuarzo feldespática de grano fino.

Los fenocristales forman textura granofidica por intercrecimientos mixtos entre el cuarzo y el feldespato alcalino.

La mineralogía está compuesta esencialmente por cuarzo y feldespato alcalino (sanidina), en menor proporción por biotita, ortosa, y otros minerales como calcedonia y ópalo.

- Cuarzo: Se presenta en fenocristales subhedrales a anhedrales, algunos de ellos conservan sus formas bipiramidales, mientras que otros tienen formas subredondeadas, fragmentadas y corroídos.

El tamaño de los fenocristales oscila entre 600 a 950  $\mu$ ; en la matriz el cuarzo tiene formas anhedrales y está distribuido irregularmente formando intercrecimientos con la sanidina (Foto No. 3).

- Sanidina: Es el feldespato alcalino presente y está como fenoscristales subhedrales a anhedrales de formas tabulares e irregulares. En la matriz se encuentra en forma cristalina juntamente con el cuarzo; también se presenta en forma de inclusiones o rellenando

microfracturas del cuarzo. El tamaño de los fenocristales varía entre 200 a 350 u. En la muestra estudiada se observa sericitización de los feldespatos.

- ORTOSA: Se presenta en forma esporádica en la matriz en cristales subhedrales a anhedrales.
- Ferromagnesianos: El mineral principal es la biotita, se presenta en cristales pequeños y en la matriz posiblemente reabsorvidos por lo que tiene la apariencia de un mineral opaco (magnetita).
- Otros Minerales: También se observa la presencia de calcedonia de textura concéntrica, ocurre juntamente con el ópalo y tiene un tamaño de 2500 u. El ópalo esta en forma irregular reemplazando a los feldespatos. El vidrio volcánico en algunos casos tiene forma perlítica.

La abundancia de los minerales principales se puede sintetizar en lo siguiente:

- Cuarzo	45%
- Feldespato	40%
- Ferromagnesianos	10%
- Opacos	2%
- Otros	2%

El pórfido de cuarzo y feldespato es la roca hipabisal de mayor extensión regional en el área de estudio. Su emplazamiento ha ocurrido después de las rocas volcánicas del Grupo Tacaza y antes de la fase tectónica del Mioceno superior.

### 3.3.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

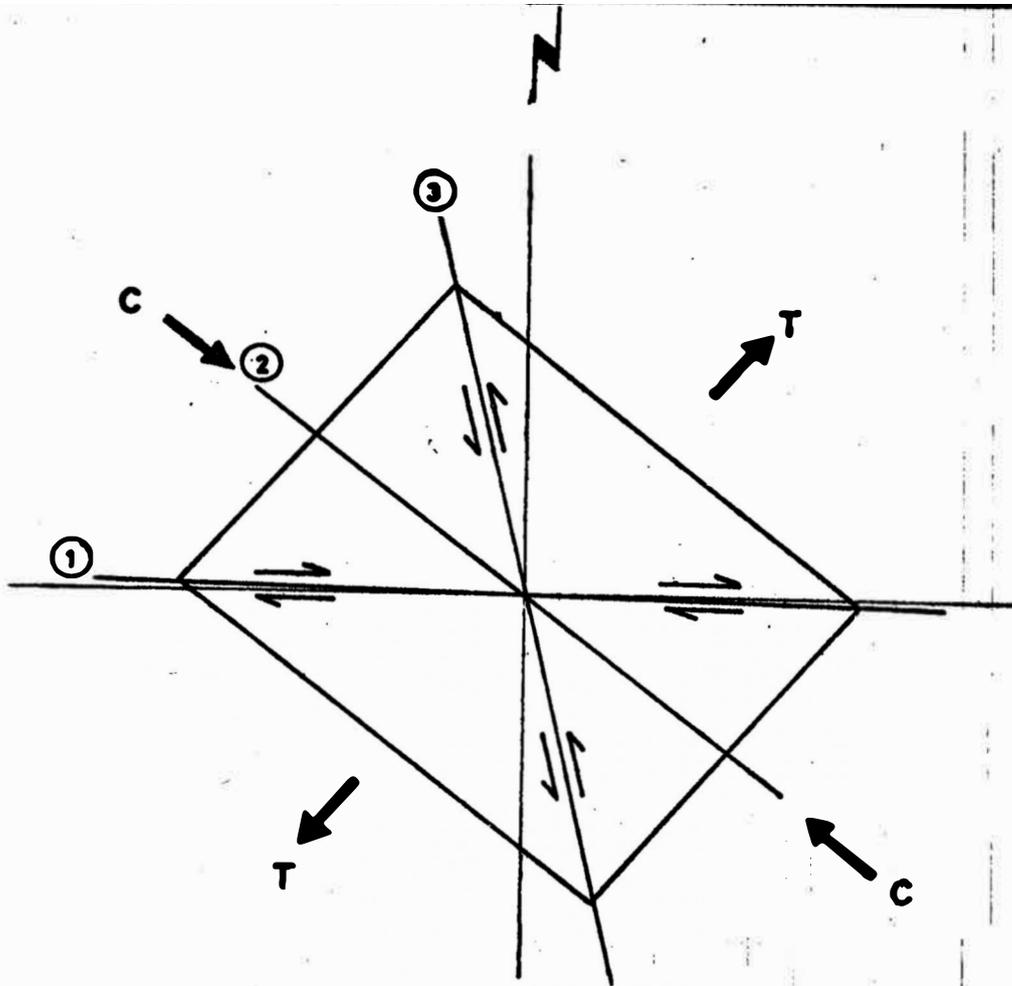
Los eventos tectónicos de la Fase Quechua del Oligoceno Medio, Mioceno Inferior y Mioceno Superior - Plioceno son los que dieron origen a la formación de diferentes estructuras a nivel regional, tales como plegamientos, fallamientos y fracturamientos; descritos anteriormente como fases: Quechua I, Quechua II y Quechua III respectivamente.

A nivel local tuvieron mayor incidencia el segundo evento, del Mioceno Inferior y el tercer evento del Mioceno Superior-Plioceno. Dichos eventos tectónicos dieron origen al fracturamiento y fallamiento pre y post-mineral respectivamente y que a continuación se describen.

#### a) EASE QUECHUA II

Corresponde a la etapa pre-mineralizante, donde los esfuerzos tectónicos de compresión actuaron en dirección N-51o-W y S-51o-E, generando tres sistemas de fracturas las que posteriormente al ser rellenadas por soluciones mineralizantes originaron las vetas (Fig. No. 9).

- Sistema 1: De rumbo N-89o-W son vetas dextrales con buzamientos variables tanto al NE como al SW.
- Sistema 2: De rumbo N-12o-W, son vetas sinestrales con buzamientos variables tanto al NE



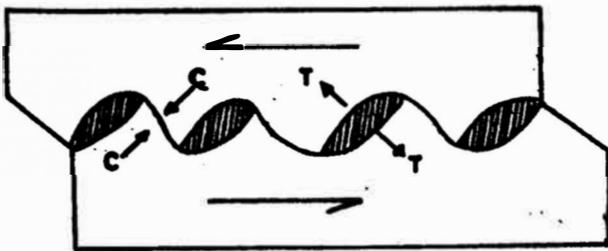
**DIAGRAMA DE ESFUERZOS Y FRACTURAMIENTOS : PRE-MINERAL  
FASE QUECHUA II**

**Sistema 1 = N-89°-W - Vetos dextrales**

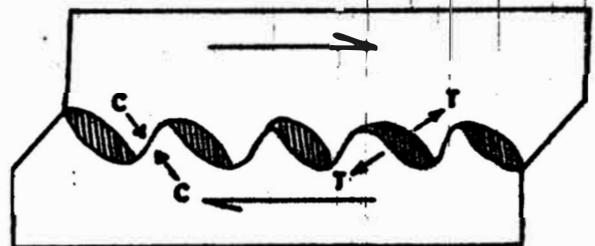
**Sistema 2 = N-51°-W - Vetos tensionales**

**Sistema 3 = N-12°-W - Vetos sinestrales**

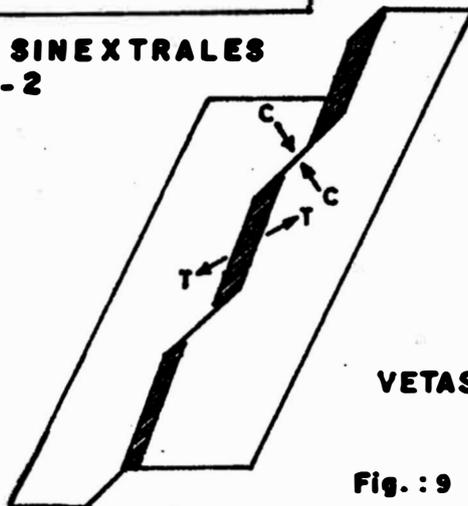
**COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS VETAS**



**VETAS SINEXTRALES**  
b-2



**VETAS DEXTRALES**  
b-2



**VETAS TENSIONALES**  
b-3

**Fig.: 9**

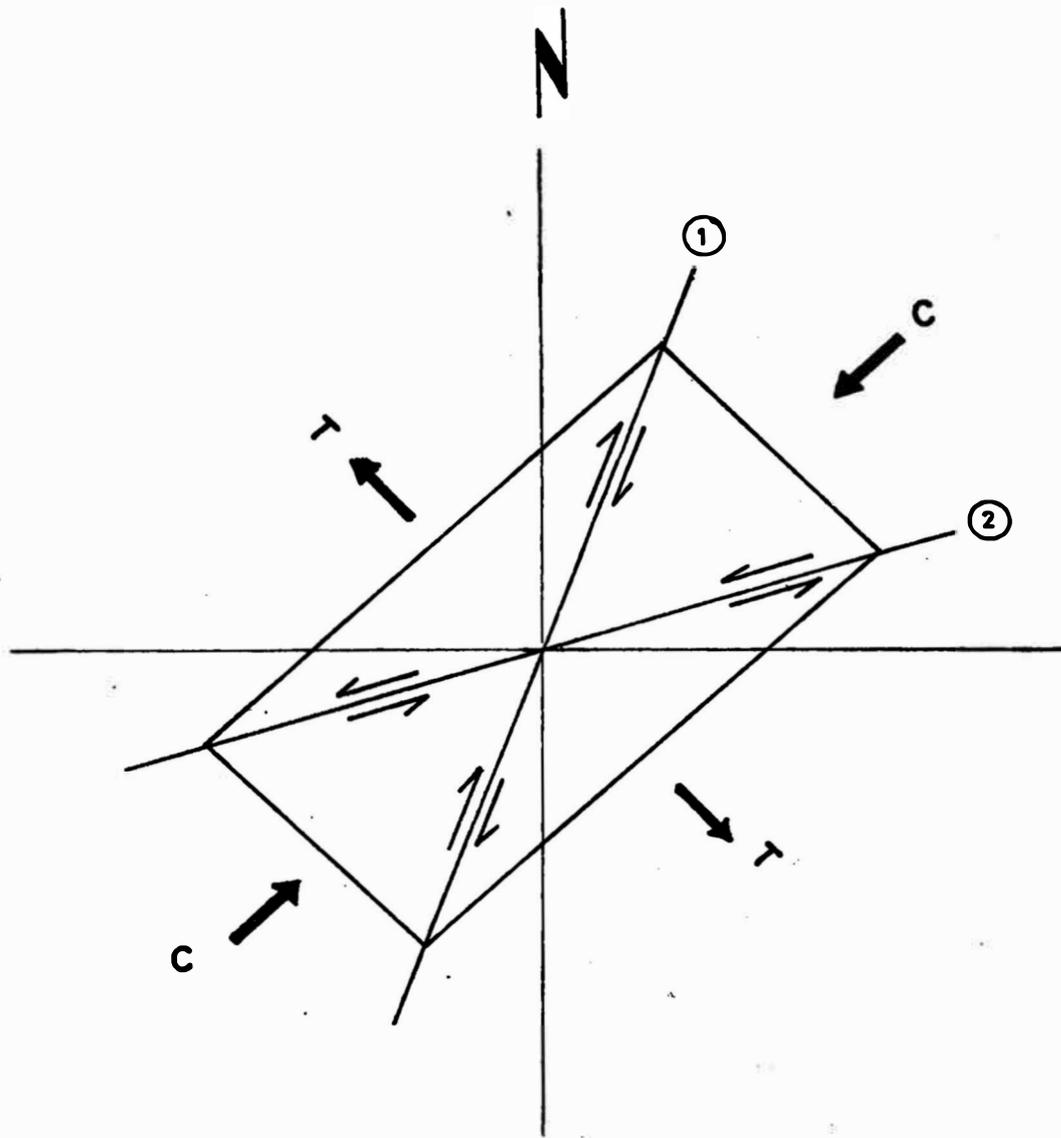
como al SW.

- Sistema 3: De rumbos N-51o-W, son vetas tensionales con buzamientos variables tanto al NE. como al SW.

b) FASE QUECHUA III

Corresponde a la etapa post-mineral. Los esfuerzos tectónicos de compresión actuaron en dirección N-47o-E y S-47o-W, generando fallas con desplazamientos de 2 hasta 6 metros (Fig. No 10).

- Sistema 1: De rumbo N-20o-E, son fallas con desplazamiento dextral.
- Sistema 2: De rumbo N-73o-E, son fallas con desplazamiento sinextral.



**DIAGRAMA DE ESFUERZOS Y FRACTURAMIENTOS: POST-MINERAL**

**FASE QUECHUA III**

**Sistema 1 = N-20°E Fallas con desplazamiento dextral**

**Sistema 2 = N-73°E Fallas con desplazamiento sinistral**

**Fig. : 10**

## CAPITULO IV: GEOLOGIA ECONOMICA

Las estructuras mineralizadas de la mina Marte son predominantemente vetas, y en menor escala mantos de menor extensión.

Las vetas están emplazadas en los conglomerados y areniscas del Grupo Funo, en los volcánicos andesíticos del Grupo Tacaza e intrusiones hipabisales. Los mantos Ichuntane ocurren en las calizas del Grupo Lagunillas. Dichos mantos están ubicados aproximadamente a 200 metros del extremo Noroeste de la veta San Francisco.

La mineralización de las estructuras es esencialmente polimetálica con minerales de plata, plomo, zinc y cobre.

### 4.1.- GEOMETRIA DE LAS VETAS.

De acuerdo al mapeo geológico superficial del yacimiento (Fig. No. 5) se han podido distinguir tres modelos típicos de vetas.

El primero, que es un modelo enrejado de vetas en ángulo agudo formado por dos ó más sistemas de vetas, cada uno con rumbo característico; así por ejemplo en el sector Noreste, las vetas Nancy y Nancy 2 que

pertenecen al sistema estructural de rumbo promedio N-120-W y las vetas Paola, Elenita 2, Lampa Koya, que pertenecen al sistema estructural de rumbo promedio N-510-W, forman un enrejado de vetas que dan la apariencia de un lazo cimoides horizontal.

El segundo modelo típico es de forma cimoidal horizontal formado por el cambio de rumbo característico al ramificarse una veta en dos ó más, llegando a tomar un rumbo paralelo a la veta inicial y que finalmente se unen para formar nuevamente una sola veta. A este modelo pertenecen las vetas Urano que forman un cimoides de 400 metros de largo, y la veta San Camilo que en su extremo Noroeste forma un cimoides de 200 metros de longitud.

El tercer modelo es el de vetas paralelas conformadas por las vetas Chullunquiane, Santiago, San Francisco, Satélite y otras que pertenecen al sistema de rumbo N-510-W.

De acuerdo al comportamiento individual las vetas presentan las siguientes características:

Algunas de ellas son estructuras en rosario con ensanchamientos mineralizados de hasta 2.50 m. de ancho en tramos de 15 a 20 m. de largo; con angostamientos de 0.20 m. de ancho en tramos de 20 m. de largo. Ejemplo las vetas Urano, San Francisco y San

Camilo. Los ensanchamientos se forman frecuentemente en la unión de las ramificaciones cimoidales de las vetas. (Fig. 13,14,15,16,17).

Otras vetas presentan ramificaciones en forma de cola de caballo y sucede cuando la estructura se emplaza dentro de los conglomerados del Grupo Funo, probablemente por la incompetencia de la roca; esto se puede observar en el mapeo geológico superficial de las vetas Ana, Nancy, Patricia y Urano. (Fig. No. 5).

Verticalmente las vetas San Francisco, Santiago y Urano que son las más exploradas presentan ensanchamientos que obedecen a un comportamiento estructural de tipo tensional (Fig. No. 11).

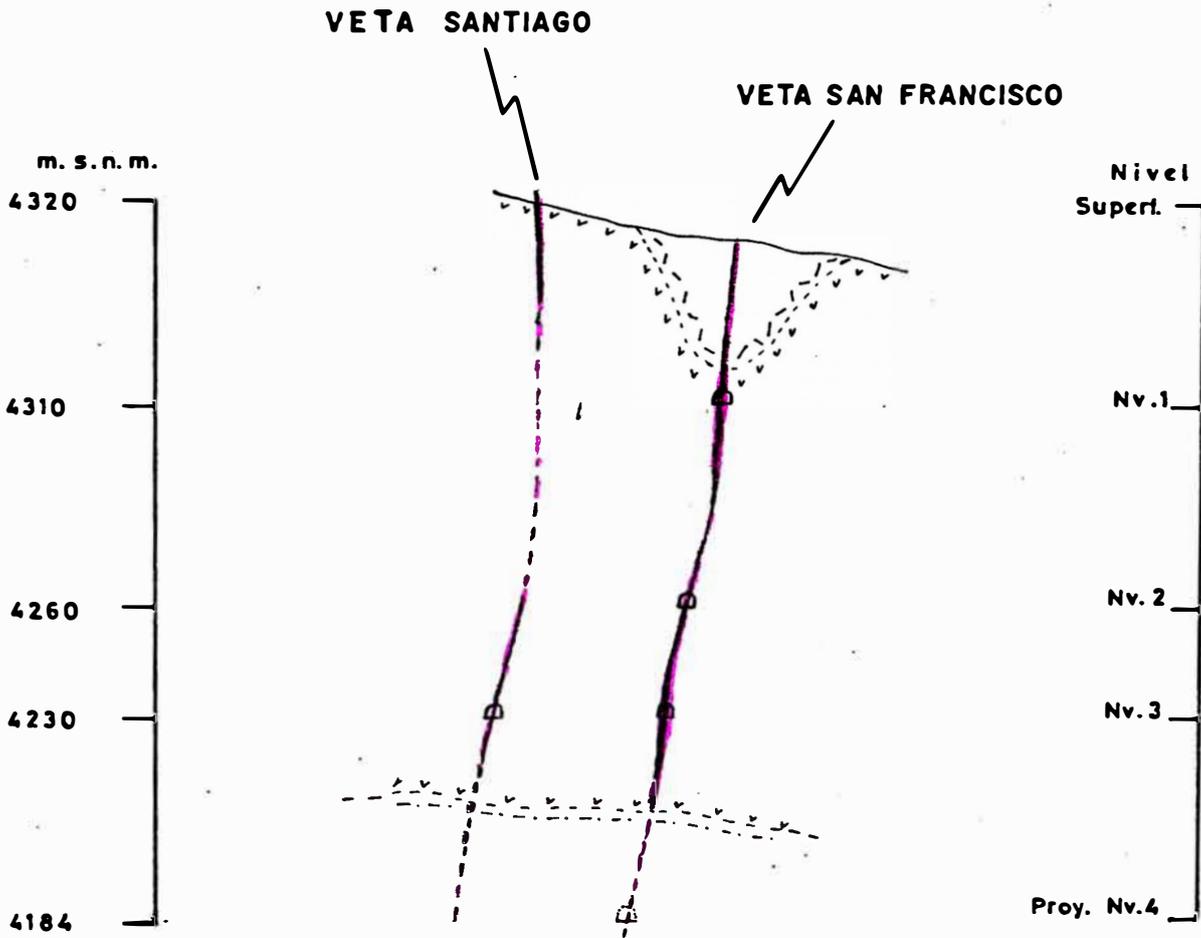
#### 4.2.- LONGITUD DE AFLORAMIENTOS.

En la mina Marte se observa un área de <sup>2</sup> 8.75 km con afloramientos de estructuras mineralizadas; siendo las más importantes por su contenido metálico, longitud de afloramiento y potencia aquellas que siguen el alineamiento del plegamiento andino y que corresponden a las vetas tensionales pertenecientes a su vez al sistema estructural de rumbo promedio N-51o-W.

En segundo lugar de importancia están las vetas que pertenecen al sistema estructural de rumbo promedio N-12o-W.

Las vetas del tercer sistema son menos

# SISTEMA DE VETAS TENSIONALES



-  Volcanico andesítico
-  Areniscas arcosas microconglomerádicas
-  Porfido andesítico
-  Contacto inferido
-  Galeria

FIG: 11

CIA. MINERA URANO S.A.  
MINA MARTE

## SECCION GEOLOGICO TRANSVERSAL A-A' MIRANDO AL S.E.

Geol: R. COCHACHEZ A.	Veta: SAN FRANCISCO	Escala: 1/2000
Top.: V. CONDORI . A.	SANTIAGO	Fecha : ENERO 1990
Dib.: J. SALAZAR M.		Plano No.

importantes en cuanto a longitud y persistencia de la mineralización.

Las principales estructuras mineralizadas cuyos rumbos, buzamientos, longitud de afloramientos y potencias se conocen son las siguientes: (Fig. No5).

VETA	RUMBO	BUZAMIENTO	LONG. AFLOR. ( m )	POTENCIA ( m )
San Francisco	N-52°-W	77° NE	2,000	0.90
Santiago	N-54°-W	75° NE	2,000	0.95
San Pedro	N-57°-W	75° NE-SW	1,000	0.60
Chullunquiane	N-55°-W	80° SW	1,800	0.80
San Camilo	N-60°-W	78° SW	2,400	0.60
San Andrés	N-70°-W	80° SW	600	0.65
Satélite	N-54°-W	70° SW-NE	2,000	0.80
Neptuno	N-48°-W	74° SW	600	0.40
Urano	N-50°-W	72° SW	2,400	0.71
Urano 2	N-53°-W	74° SW	600	0.48
Urano 3	N-53°-W	82° SW	600	0.56
Sta. Clara	N-54°-W	72° SW	150	0.45
Lampa Koya	N-58°-W	75° NW	700	0.58
Ana	N-42°-W	70° SW	1,000	0.65
Cármén	N-44°-W	70° SW	350	0.35
Paola	N-44°-W	75° NE	650	0.40
Elenita 1	N-47°-W	76° SW	400	0.40

Elenita 2	N-42°-W	69° SW	250	0.30
Negro Sipina	N-43°-W	67° NE	700	1.10
Marte	N-60°-W	70° SW	1,000	0.45
San Nicolás	N-82°-W	85° NE	400	0.50
San Martín	N-80°-W	77° NE	150	0.35
Tula	N-80°-W	85° SW	450	0.56
Silvia 1	N-75°-E	78° NW	350	0.65
Silvia 2	N-77°-E	87° NW	350	0.65
Soledad	N-85°-E	87° NW	200	0.40
Transversal 1	N-85°-E	70° NW	400	0.45
Transversal 2	N-85°-E	80° NW	400	0.45
Jupiter	N-12°-W	75° SW	200	0.40
Nancy	N-10°-W	77° NE	700	0.65
Nancy 2	N-10°-W	75° NE	300	0.40
Patricia	N-12°-W	88° SW	700	0.60
Mantos Ichuntane	N-60°-E	30° SE	100	0.30

E-7200

E-7000

N-7000

E-6800

N-7200

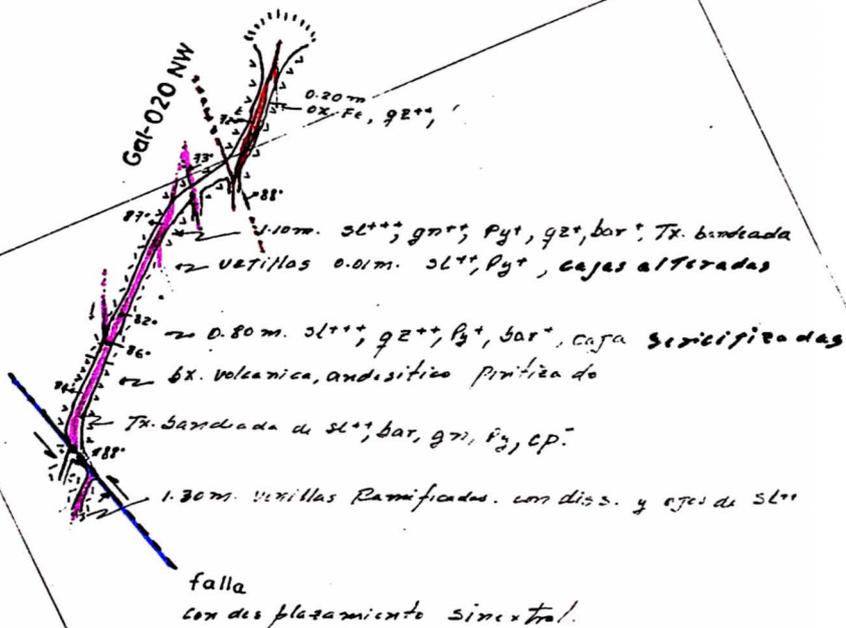


FIG:13

CIA. MINERA URANO S.A.  
MINA MARTE

### PLANO GEOLOGICO

Geol. : R. COCHACHEZ A.	Veto: San Francisco	Escala: 1/2000
Top. : V. CONDORI A.	Nivel: I	Fecha: ENE 1980
Dib. : J. SALAZAR M.	Lebor: Cel. 030 SE	Plano No.





E-7600

E-7400

N 8000'

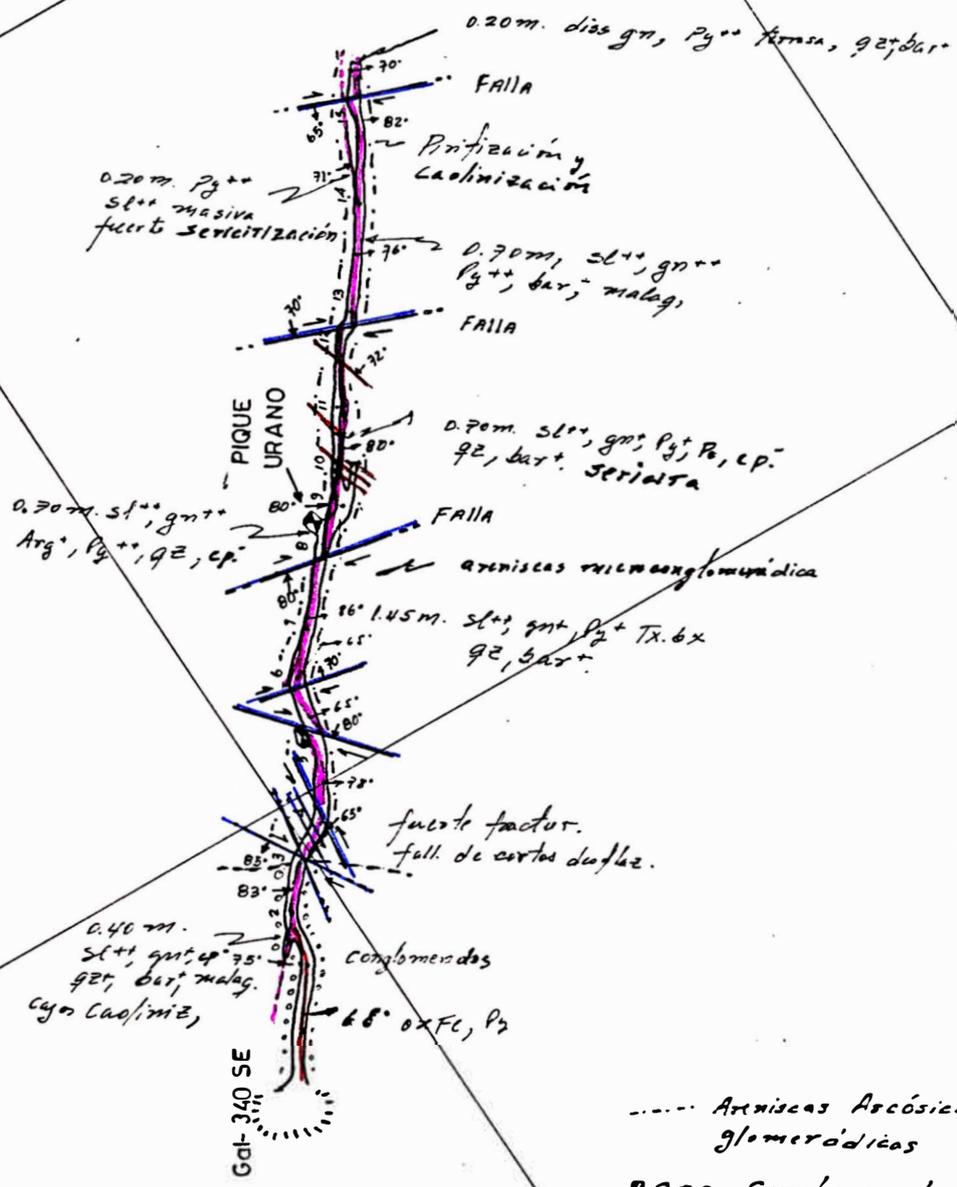


FIG: 16

CIA. MINERA URANO S.A.  
MINA MARTE

### PLANO GEOLOGICO

Geol. : R. COCHACHEZ A.	Vete: URANO	Escala: 1/2000
Tep.: V. CORDORI A.	Nivel: 2	Fecha: ENERO 1990
Dib.: J. SALAZAR E.	Letra: Cel. 335 SE	Plano. No.

N 8000'

N 8000'

E-7200

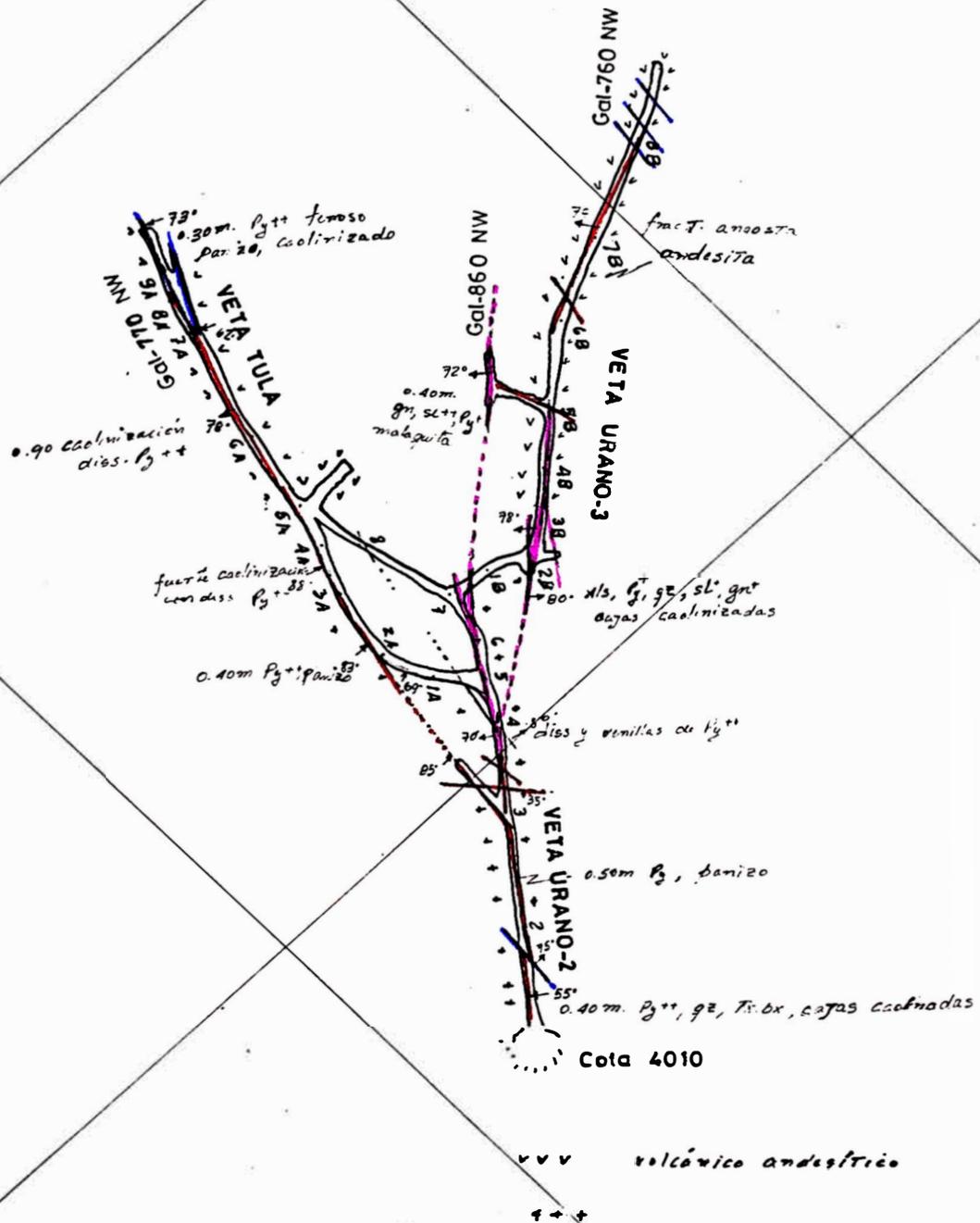


FIG: 17

CIA. MINERA URANO S.A.  
MINA MARTE

PLANO GEOLOGICO

Geol.: R. COCHACHEZ A.	Veta: URANO: 2-3, TULA	Escala: 1 / 2000
Top.: V. COXDORI A.	Nivel: 4	Fecha:
Dib.: J. SALAZAR M.	Lebor: URANO-400	Plano. No.

#### 4.3.- MINERALOGIA Y TEXTURAS.

La mineralogía del yacimiento es variada, pero la mineralización económica está principalmente constituida por esfalerita, galena, cobres grises y calcopirita. Los resultados de las muestras analizadas reportan que el oro se encuentra en forma de trazas y de acuerdo al análisis espectrométrico semicuantitativo en forma de vestigios.

Las características texturales de los minerales que a continuación se describen han sido originadas por las condiciones físico-químicas del yacimiento en el momento de su formación. Los principales minerales son los siguientes:

a) **Esfalerita:**  $(Zn,Fe)S$ .- Es la mena más abundante observada en toda las labores del yacimiento. Macroscópicamente se presenta en forma masiva, compacta y a veces como disseminaciones en las secuencias conglomerádicas. Es de origen primario y del tipo blenda rubia.

Microscópicamente se presenta en forma de playas y agregados xenomórficos, también como mineral patrón conteniendo inclusiones de otros minerales como calcopirita, arsenopirita y cuarzo. Como producto de desmezcla en forma de estrellas contenido en calcopirita (Foto No. 9).

b) **Galena:**  $(Pb S)$ .- Se encuentra cristalizada en forma

cúbica y como disseminaciones asociada a la esfalerita.

Este sulfuro predomina en los niveles superiores y en el sector Noroeste de las estructuras mineralizadas.

Microscópicamente se encuentra reemplazando a la esfalerita, cobres grises y calcopirita.

c) Calcopirita:  $(\text{Cu} \quad \text{Fe} \quad \text{S})_{2}$ .- Se encuentra en menor proporción que los otros sulfuros. En las labores superficiales se encuentra en forma disseminada fina y en los niveles inferiores en forma de granos cristalinos. Al microscopio se observa como inclusiones en esfalerita, también como granos xenomórficos asociados a esfalerita, pirita y pirrotita.

d) Cobres Grises :  $(\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Ag})_{12} \quad (\text{Sb}, \text{As})_{4} \quad \text{S}_{13}$ .- Es una de las menas principales del yacimiento con contenidos altos de plata. Se presenta en forma cristalizada de granulometría fina compacta. Al microscopio se observa formando intercrecimientos con calcopirita y esfalerita; en otros casos está como inclusiones irregulares en galena.

e) Pirita:  $(\text{Fe} \quad \text{S})_{2}$ .- Es el sulfuro más abundante y se presenta en forma cristalizada de grano grueso, a veces como disseminaciones y vetillas de granulometría fina.

Microscópicamente se observa como granos hipidiomorfos y xenomorfos corroídos por otros minerales.

f) **Cuarzo** ( $\text{Si O}_2$ ).— Es de color blanco lechoso, compacto; se encuentra relleno las estructuras mineralizadas.

Microscópicamente se presenta en granos idiomórficos de formas hexagonales; en algunos casos está siendo corroído por carbonatos. También se presenta en forma amorfa de baja temperatura.

g) **Baritina** ( $\text{Ba SO}_4$ ).— Es la ganga más abundante e importante por estar asociado a los sulfuros económicos. Se presenta cristalizada en formas tabulares y prismáticas. En los afloramientos superficiales está presente como inclusiones alargadas y radiales en esfalerita y óxidos de manganeso.

Microscópicamente se le aprecia asociada a la siderita y calcita en forma de agregados plumosos y masas irregulares.

h) **Arsenopirita** ( $\text{Fe As S}$ ).— Se presenta en cristales aislados y a veces finamente en vetillas asociada a pirita.

Al microscopio se observan cristales idiomorfos rómbicos y tabulares; también en agregados radiales o como inclusiones en otros minerales como esfalerita, calcopirita y carbonatos.

i) **Siderita** ( $\text{Fe CO}_3$ ).— Se encuentra relleno las estructuras mineralizadas. Microscópicamente, está como cristales idiomorfos rómbicos reemplazando al cuarzo.

j) **Calcita** ( $\text{Ca CO}_3$ ).— Es un mineral de cristalización tardía posterior a los sulfuros y se encuentra rellenando fracturas en forma de vetillas.

Entre las principales texturas tenemos:

#### 4.3.1— MACROSCOPICAS.

1.a) **Textura Brechada.**— Dentro de las vetas se encuentran cristales de esfalerita, pirita, galena y algunos fragmentos de rocas envueltos en una pasta formado por carbonatos y pirita fina. Esta textura se observa en las vetas San Francisco, Santiago y Urano. (Foto No. 7, a, b).

1.b) **Textura Bandeada.**— Las vetas presentan bandeamientos de caja a caja con minerales de pirita, esfalerita, galena y baritina (Foto No. 7c). veta San Francisco.

1.c) **Textura en Vetillas.**— Algunos sulfuros como la esfalerita presentan vetillas de cuarzo de hasta 1 cm. de ancho (Foto No. 7d).

#### 4.3.2— MICROSPICAS.

2.a) **Textura de Exsolución.**— Se observa en la muestra de los mantos Ichuntane, donde pequeños cristales de calcopirita en forma de gotas y alineados están contenidos en esfalerita; de igual forma se observan estrellas de esfalerita en calcopirita. (Fotos No. 8, 9).

INTERCRECIMIENTOS Y ASOCIACIONES MINERALÓGICAS

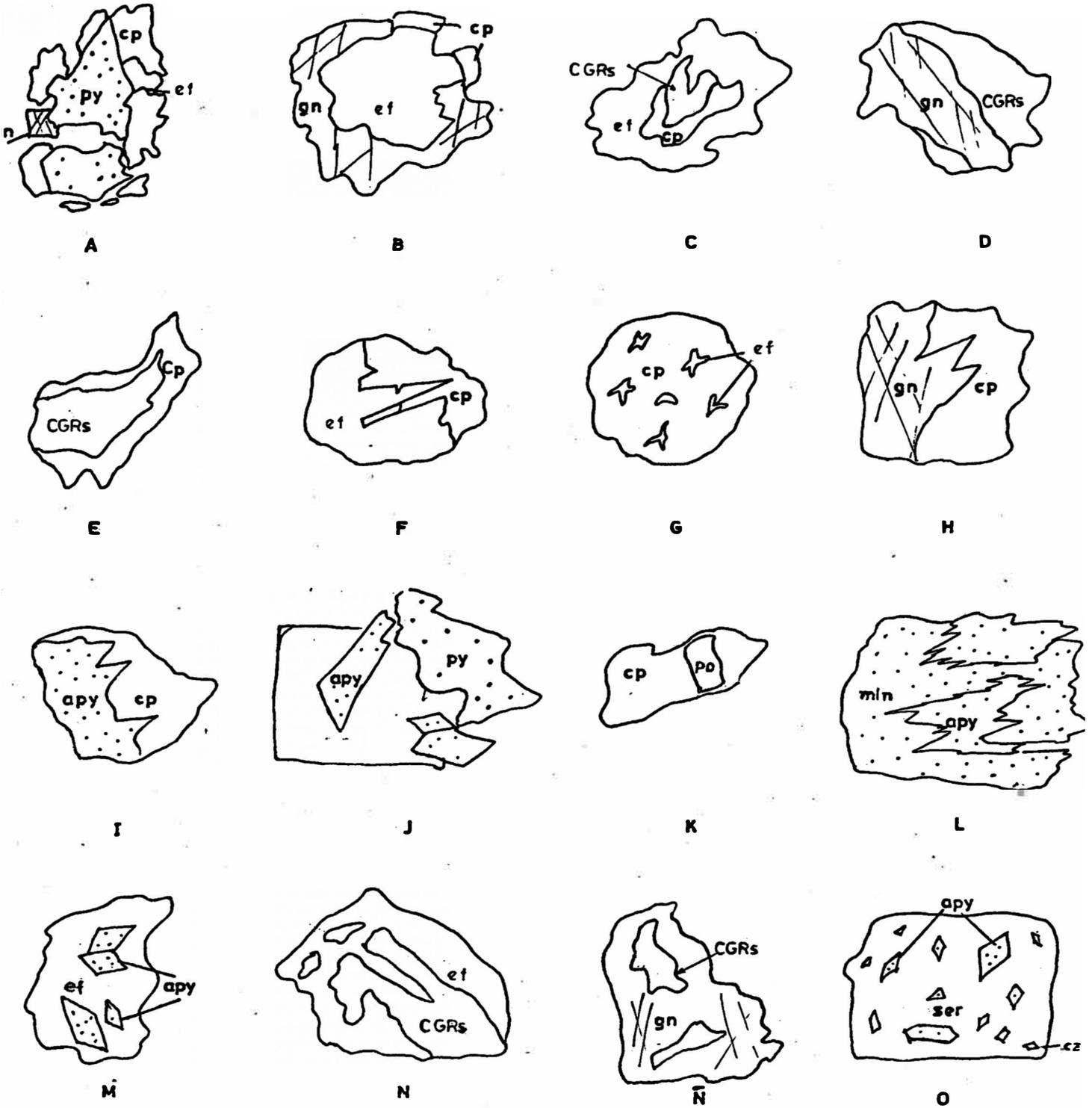


FIG.

A). py cercada por cp, ef, gn; B). ef envuelto por gn; C). CGRs penetrando a cp en ef; D). gn cortando CGRs (sandwich); E). subcorona de CGRs con cp; F). esferita penetrando a cp; G). estrellas de ef en cp; H). gn penetrando a cp; I). epy penetrando a cp; J). apy idiomorfa con py; K). po en cp; L). borde compuesto de apy y min; M). inclusiones de epy en ef; N). inclusiones de CGRs en ef, ef reemplaza a CGRs; Ñ). inclusiones de CGRs en gn; O). inclusiones de apy en ez-ser.

py = pirita, cp = calcopirita, epy = arsenopirita, cobres grises = CGRs, gn = galena  
 ef = esferita, po = pirrotita, ez = cuarzo, ser = sericita, melnicovita = min

**2.b) Textura de Reemplazamiento y Corrosión.** - Caracterizado por la disolución de uno o varios minerales bajo la depositación simultánea de otro mineral. Así tenemos calcopirita reemplazando a pirita (Foto No. 12), cuarzo siendo reemplazado por siderita (Foto No. 10), carbonatos corroen a galena y calcopirita (Foto No. 19).

**2.c) Textura Brechada.** - Esta textura está caracterizada por la presencia de fragmentos de pirita y arsenopirita. (vetas Urano y San Francisco).

#### **4.4.- PARAGENESIS Y ZONAMIENTO.**

Mediante observaciones microscópicas de características texturales, estructurales, intercrecimientos y asociaciones mineralógicas, en secciones pulidas y delgadas de muestras minerales de la mina, se ha podido determinar la secuencia paragenética para dicho yacimiento (Fig. No. 9).

La secuencia paragenética ha sido separado para mantos y vetas por tratarse de procesos distintos de mineralización. Las vetas se han agrupado por su similar mineralogía.

##### **a) Para Mantos Ichuntane:**

- 1.- Depositación inicial de pirita de grano grueso.
- 2.- Depositación de calcopirita, esfalerita de alta temperatura con texturas de exsolución y

reemplazamiento.

- 3.- Cristalización de los cobres grises y galena.
- 4.- Depositación de cuarzo I seguido por baritina y calcita.
- 5.- Depositación final de cuarzo II amorfo seguido por algunos minerales secundarios.

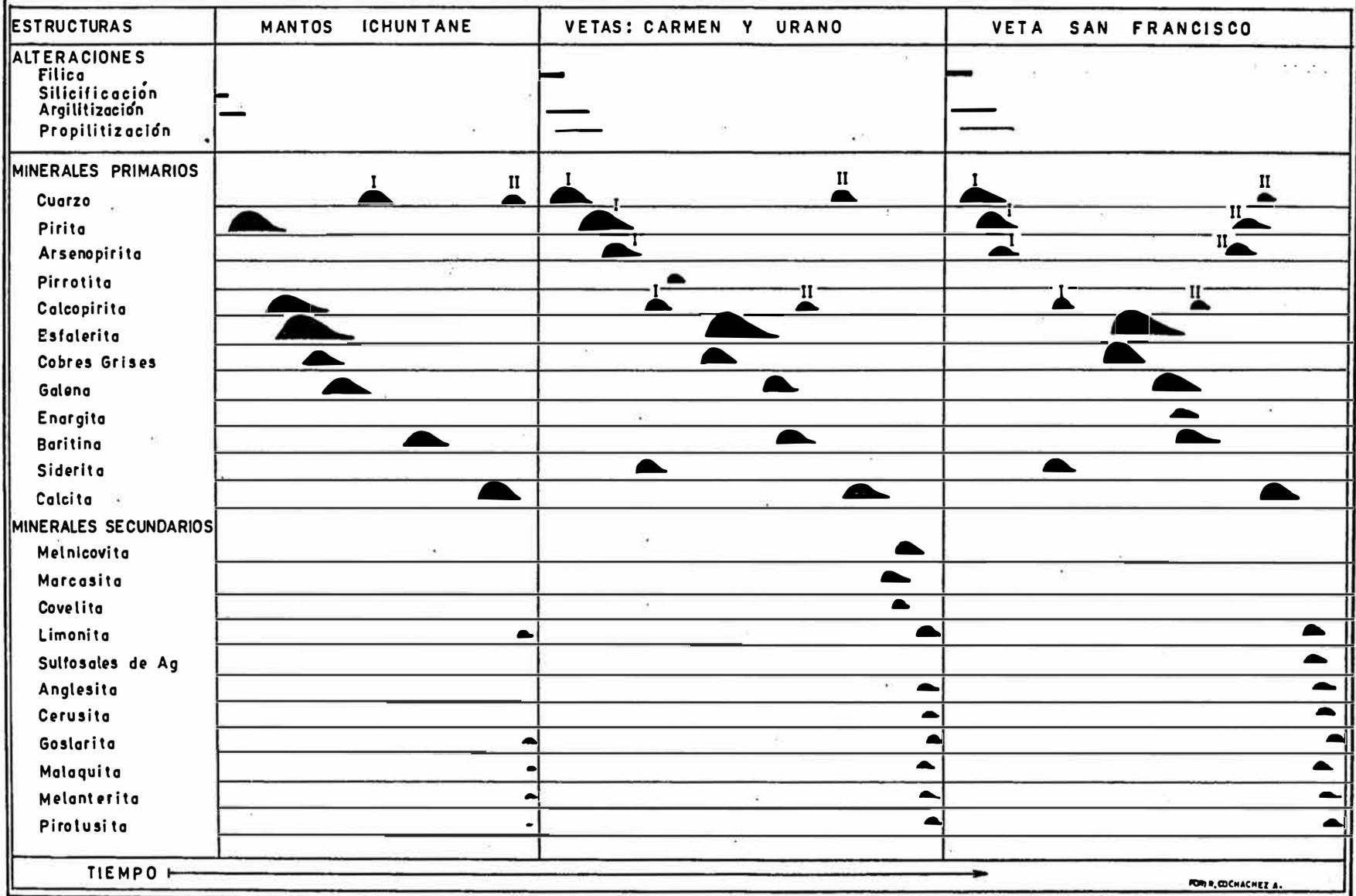
**b) Para Vetas:**

- 1.- Cristalización de cuarzo I idiomorfo.
- 2.- Depositación de pirita I, arsenopirita I (ambos de grano grueso).
- 3.- Depositación de siderita con cristales euhedrales, con pirrotita (vetas Urano y Cármen).
- 4.- Depositación de calcopirita I (con maclas) seguido por los cobres grises, esfalerita, galena y enargita.
- 5.- Depositación de baritina seguido por calcopirita II de más baja temperatura.
- 6.- Depositación de arsenopirita II, pirita II, ambos de grano fino (Veta San Francisco) seguidos por cuarzo II (amorfo).
- 7.- Depositación de calcita.
- 8.- Depositación final de los minerales secundarios con presencia de marcasita y melnicovita (vetas Urano y Cármen) y sulfosales de plata (veta San Francisco).

La plata de origen primario está contenido en los cobres grises argentíferos.

En los planos compósitos de leyes de

# SECUENCIA PARAGENETICA - MINA MARTE



POR R. COCHACHEZ A.

Fig. 19

Las vetas San Francisco y Urano se observa lo siguiente:

En las zonas donde las leyes de plata son altas, las leyes de cobre tienden a incrementarse; esto ocurre en el sector Sureste y en profundidad de las vetas. Contrariamente donde las leyes de plata decrecen las leyes de cobre también decrecen y esto ocurre en los niveles superiores y hacia el sector Noroeste de las vetas.

Las leyes de plomo son mayores en los niveles superiores y hacia el sector Noroeste; mientras que decrecen en los niveles profundos y hacia el sector Sureste.

Las leyes de zinc son casi constantes; pero se observa que decrecen en profundidad donde la plata y el cobre se incrementan.

Por consiguiente para las vetas se deduce que existe un zonamiento de la mineralización. Una zona de alta temperatura en el sector Sureste y en profundidad. Una zona de baja temperatura en el sector Noroeste y en superficie. El orden de depositación de los elementos metálicos de mayor a menor temperatura sería: Cu, Ag, Zn, Pb respectivamente.

Este zonamiento se corrobora con el estudio de logaritmos de cocientes metálicos para la veta San Francisco.

#### 4.5.- ALTERACIONES ASOCIADAS Y SUS RELACIONES CON LA MINERALIZACION.

Se puede clasificar en alteraciones Hipógenas de rocas y en alteraciones Supérgenas de minerales y rocas.

##### 4.5.1.- ALTERACION HIPOGENA DE ROCAS

En el yacimiento se han podido distinguir los siguientes tipos de alteraciones:

- a) **Propilitización**: Se manifiesta en las rocas andesíticas y está caracterizada por la presencia de clorita, epidota, calcita y esporádicamente sericita (Foto No. 2). Esta alteración está lateralmente más alejada de las estructuras mineralizadas. Se observa en zonas comprendidas entre las vetas Carmen, Lampa Koya, Urano, Santiago y San Francisco.
- b) **Alteración Argílica**: Caracterizado por la transformación de los minerales de las rocas de caja en minerales de arcillas, principalmente caolinita. Macroscópicamente este tipo de alteración se observa en los afloramientos superficiales de las vetas y en los niveles superiores de las vetas Urano y San Francisco. En los Mantos Ichutane es intensa junto a la mineralización metálica.
- c) **Alteración Filica**: Caracterizado esencialmente por la alteración de las plagioclasas de las rocas volcánicas

andesíticas y en menor grado de los sedimentos feldespáticos del Grupo Puno. Se observa la presencia del ensamble mineralógico cuarzo-sericita, con algo de calcita. Los ferromagnesianos son reemplazados por cuarzo y pirita. (Foto No. 5).

Esta alteración es la predominante en las vetas y está relacionada con la depositación de los sulfuros económicos de plata, plomo, zinc y cobre.

d) **Silicificación:** En los Mantos Ichuntane se observa una ligera silicificación de las calizas.

#### 4.5.2.- ALTERACIONES SUPERGENAS.

##### a) **Alteración Supérgena de Minerales**

Las zonas de oxidación de las vetas coinciden en algunas partes con sectores Argilitizados y están conformados por minerales como limonita, anglesita, cerusita, etc. (Vetas Urano 3, Silvia y San Pedro).

En las galerías de algunas vetas también hay presencia de malaquita, melanterita, limonita y goslarita (Vetas San Camilo y Santiago).

##### b) **Alteración Supérgena de Rocas.**

En el pórfido cuarcífero feldespático los feldespatos, por acción de las aguas meteóricas, el oxígeno y otros agentes han sido transformados a arcillas originándose una zona de alteración intempérica.

En algunas zonas se observa una ligera cloritización de origen secundario en los ferromagnesianos de las rocas andesíticas.

Por otro lado las rocas areniscosas del Grupo Puno también presentan suelos alterados de color rojizo a ligeramente morado y a veces cremoso.

#### 4.6.- PROFUNDIZACION DE LA MINERALIZACION.

Se ha efectuado un estudio de logaritmo de cocientes metálicos e isovalores para la veta San Francisco que es la más explorada en varios niveles. De los resultados obtenidos y otras consideraciones podemos inferir la profundización generalizada de la mineralización para las estructuras del yacimiento.

##### 4.6.1.- LOGARITMO DE COCIENTES METALICOS: VETA SAN FRANCISCO.

Ubicando los centros de los blocks de cubicación con las respectivas leyes de Ag, Pb, Zn y Cu. Se han calculado los cocientes metálicos Ag/Pb, Ag/Zn, Ag/Cu, Pb/Zn, Pb/Cu, Zn/Cu y sus respectivos logaritmos.

Así mismo se han graficado en el eje de las Y el logaritmo de un cociente metálico de un block de cubicación, y en el eje de las X el logaritmo de otro cociente metálico del mismo block de cubicación; cuyo punto de intersección de ambos ha sido interpretado para la determinación del zonamiento.

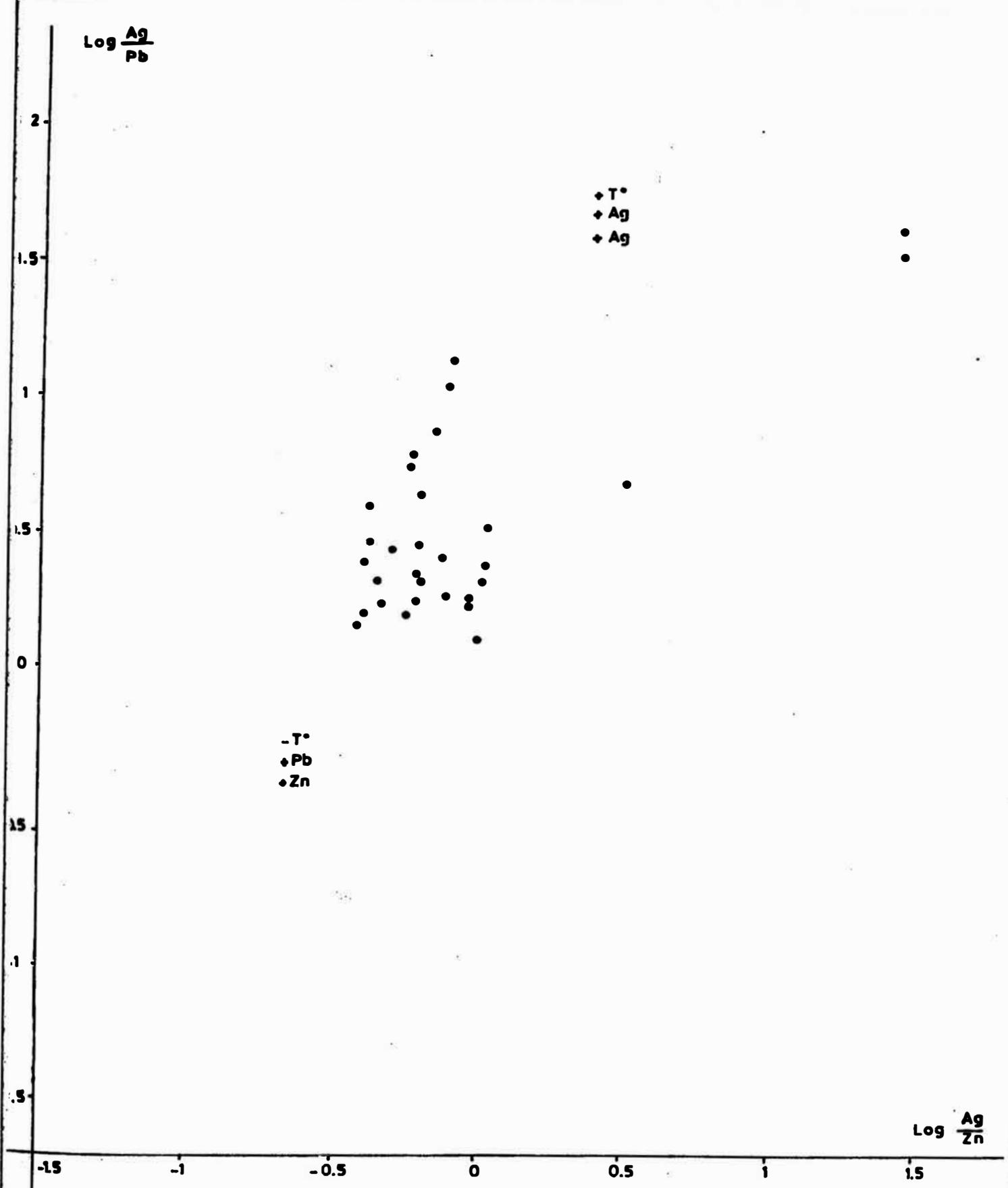


FIG:20  
 LOG ARITMOS DE COCIENTES  
 Log Ag/Pb vs Log Ag/Zn

VETA SAN FRANCISCO  
 Por: R. Cocháchez A.

C. M. U. S. A  
 MINA MARTE

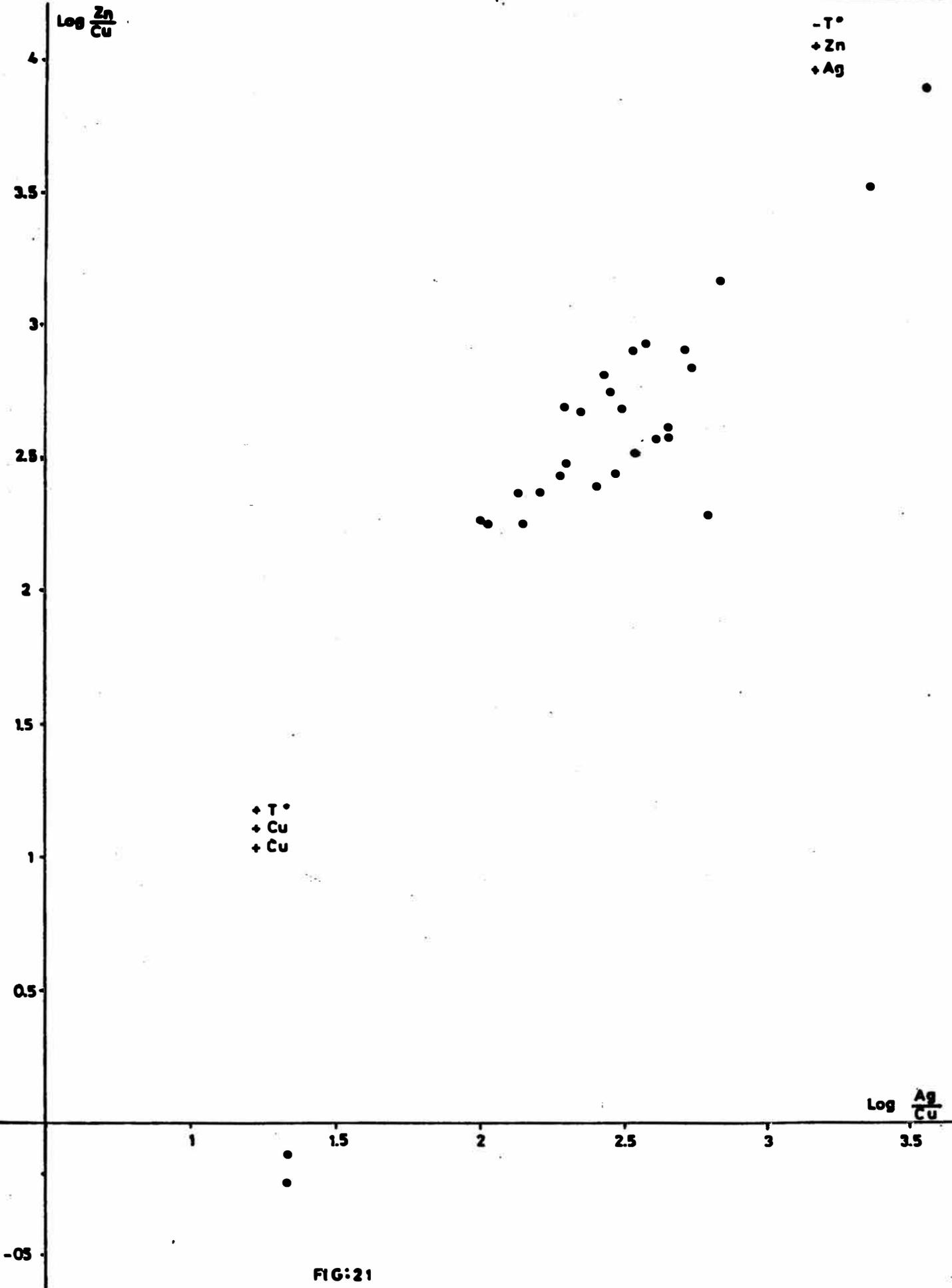


FIG:21  
LOGARITMOS DE COCIENTES  
Log Zn/Cu vs. Log Ag/Cu

VETA SAN FRANCISCO  
POR: B. Cocháchez A.

C. M. U. S. A.  
MINA MARTE

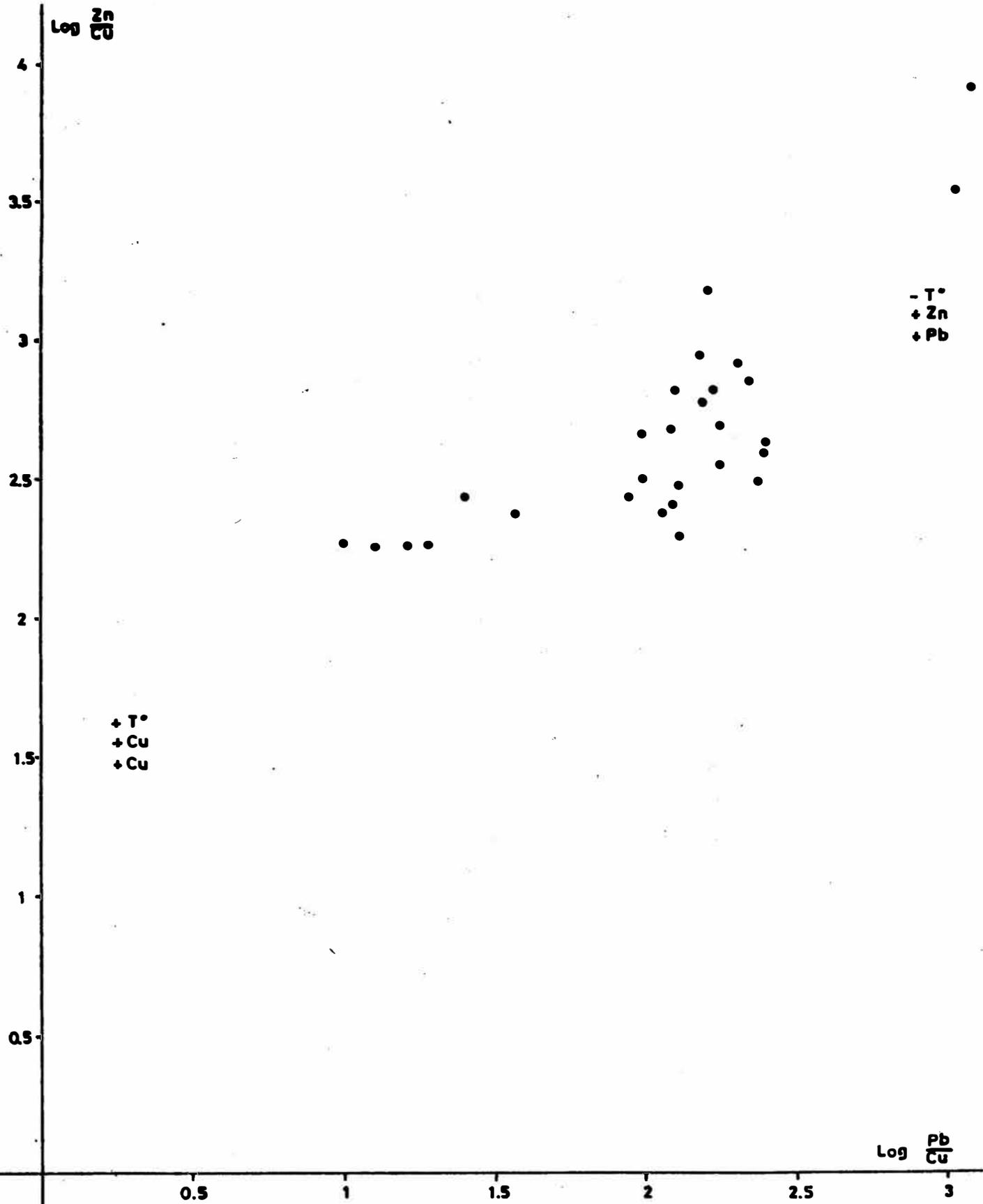


FIG:22

LOGARITMOS DE COCIENTES  
 Log Zn/Cu vs Log Pb/Cu

VETA SAN FRANCISCO  
 POR: R. Cocháchez A.

C. M. U. S. A.  
 MINA MARTE

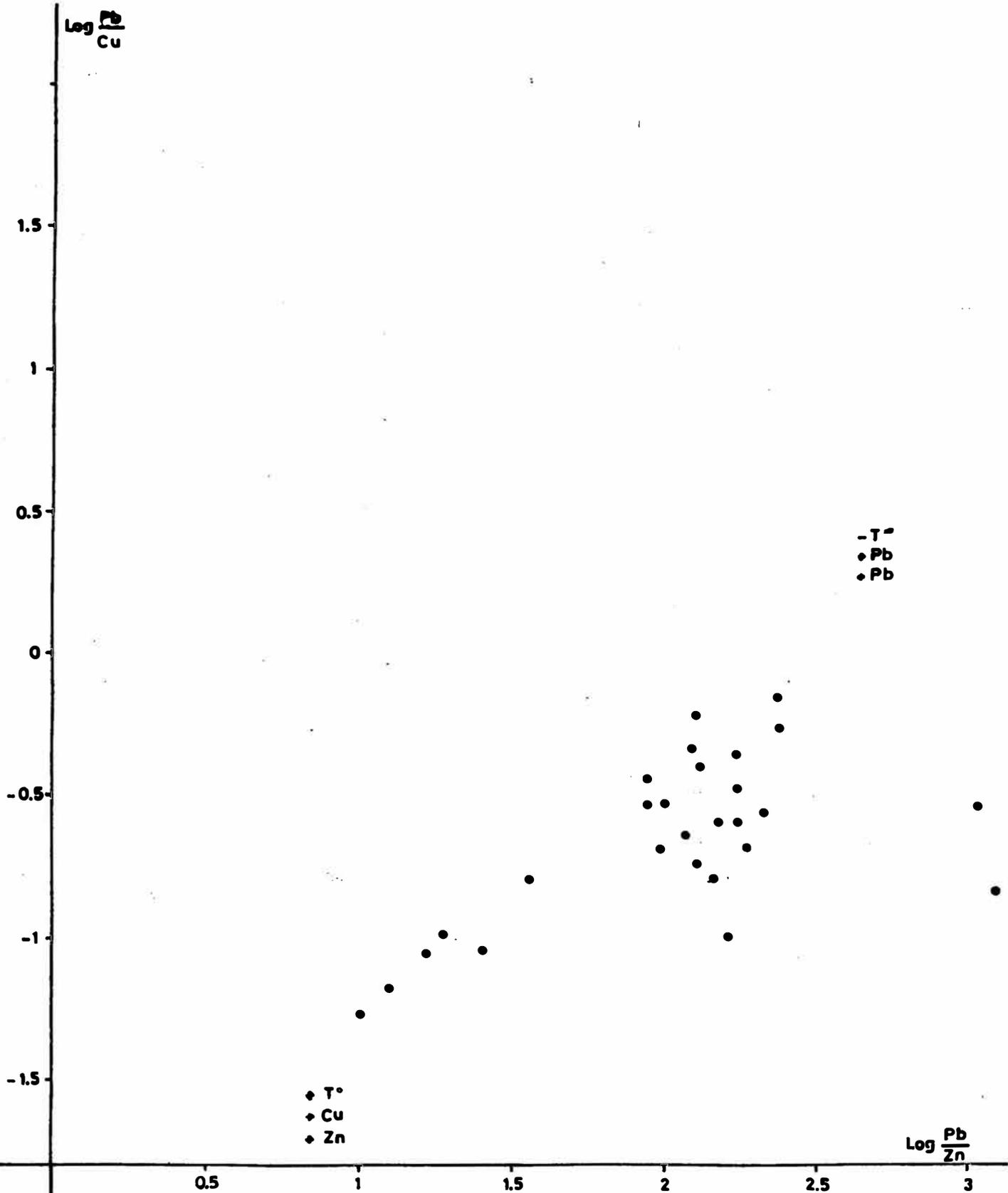


FIG: 23  
 LOGARITMOS DE COCIENTES  
 Log Pb/Zn vs Log Pb/Cu

VETA SAN FRANCISCO  
 Por: R. Cocháchez A.

C. M. U. S. A.  
 MINA MARTE

En la Fig. No. 20, se tiene en el eje de las Y el Log. Ag/Pb y en el eje de las X el Log. Ag/Zn. Los blocks de menor temperatura cerca a superficie tienen más Pb y más Zn y los blocks de mayor temperatura a mayor profundidad tienen más Ag.

En la Fig. No. 21 se tiene en el eje de las Y el Log. Zn/Cu y en el eje de las X el Log. Ag/Cu. Los blocks de menor temperatura cerca a superficie tienen más Zn y más Ag y los blocks de mayor temperatura a mayor profundidad tienen más Cu.

En la Fig. No 22 se tiene en el eje de las Y el Log. Zn/Cu y en el eje de las X el Log. Pb/Cu. Los blocks de menor temperatura cerca a superficie tienen más Pb y más Zn y los blocks de mayor temperatura a mayor profundidad tienen más Cu y menos Zn.

En la Fig. No. 23 se tiene en el eje de las Y el Log. Pb/Cu y en el eje de las X el Log. Pb/Zn. Los blocks de menor temperatura cerca a superficie tienen más Pb y los blocks de mayor temperatura a mayor profundidad tienen más Zn y más Cu.

Por consiguiente se tiene:

Superficie (menor temper.)	Profundidad (mayor temper.)
+ Pb	+ Ag
+ Zn	+ Ag
+ Ag	+ Cu
+ Pb	+ Zn
+ Pb	+ Cu
+ Zn	+ Cu

## CONCLUSIONES

COCIENTE	SUPERFICIE (-T°)	PROFUNDIDAD (+T°)
Ag / Pb	+ Pb	+ Ag
Ag / Zn	+ Zn	+ Ag
Ag / Cu	+ Ag	+ Cu
Pb / Zn	+ Pb	+ Zn
Pb / Cu	+ Pb	+ Cu
Zn / Cu	+ Zn	+ Cu

## ZONEAMIENTO

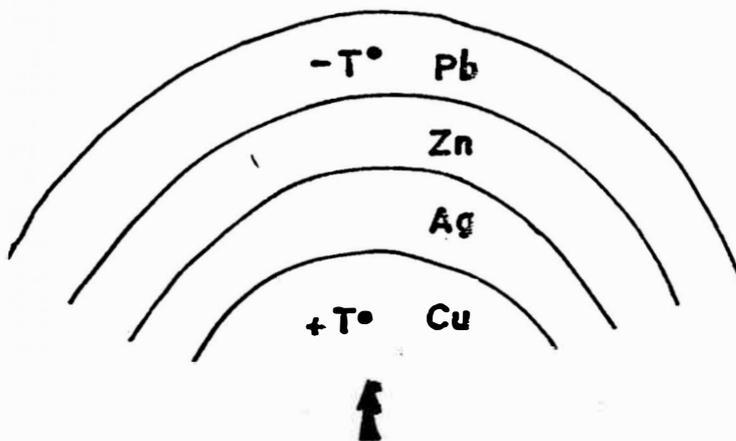


FIG: 24

POR : ROMAN COCHACHEZ A.

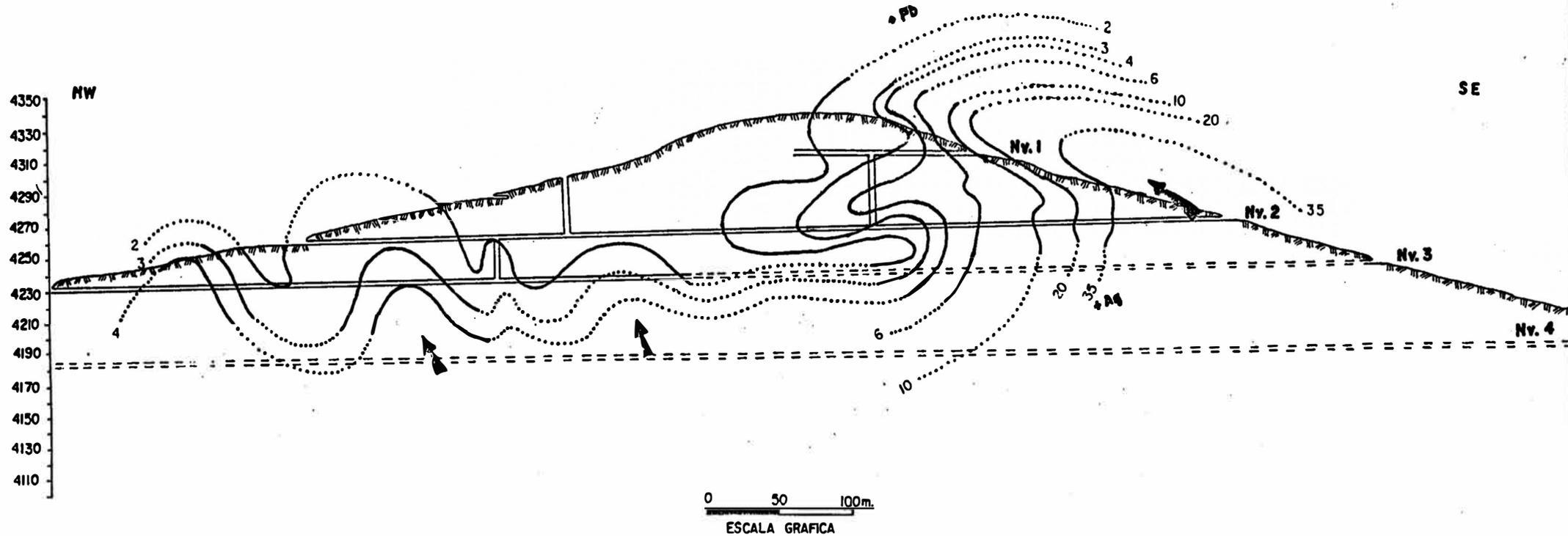
Con la cual se concluye que el zonamiento de superficie a profundidad sería: Pb, Zn, Ag, Cu (Fig. No. 24).

#### 4.6.2.- CORRELACION DE CONTORNOS DE ZONAMIENTO: VETA SAN FRANCISCO.

Obteniendo el zonamiento logrado con logaritmo de cocientes metálicos se contornearon las curvas de isovalores de los cocientes metálicos. Dichos contorneos de curvas isovalóricas nos muestran un zonamiento dómico inclinado y recumbente. La dirección de las soluciones mineralizantes es de Sureste a Noroeste.

- a) Cociente Ag/Pb: El contorneo del cociente nos indica que las soluciones ascendieron en forma de SE a NW. En el sector Este, el zonamiento es domal recumbente inclinándose hacia el Oeste. El cociente disminuye hacia el borde superficial y Noroeste desde valores de 35 hasta 2. Hay una notable disminución de Pb y un incremento de Ag a medida que la veta profundiza. Fig. No. 25.
- b) Cociente Ag/Zn: Se observa un zonamiento oblicuo con ángulo de 65° de SE a NW. El cociente disminuye hacia la parte superficial y Noroeste desde valores de 2.5 a 0.5. Hay una notable disminución de Zn y un incremento de Ag en profundidad. Fig. No. 26.
- c) Cociente Ag/Cu: Se observa un zonamiento domal. las

# COCIENTE METALICO Ag/Pb



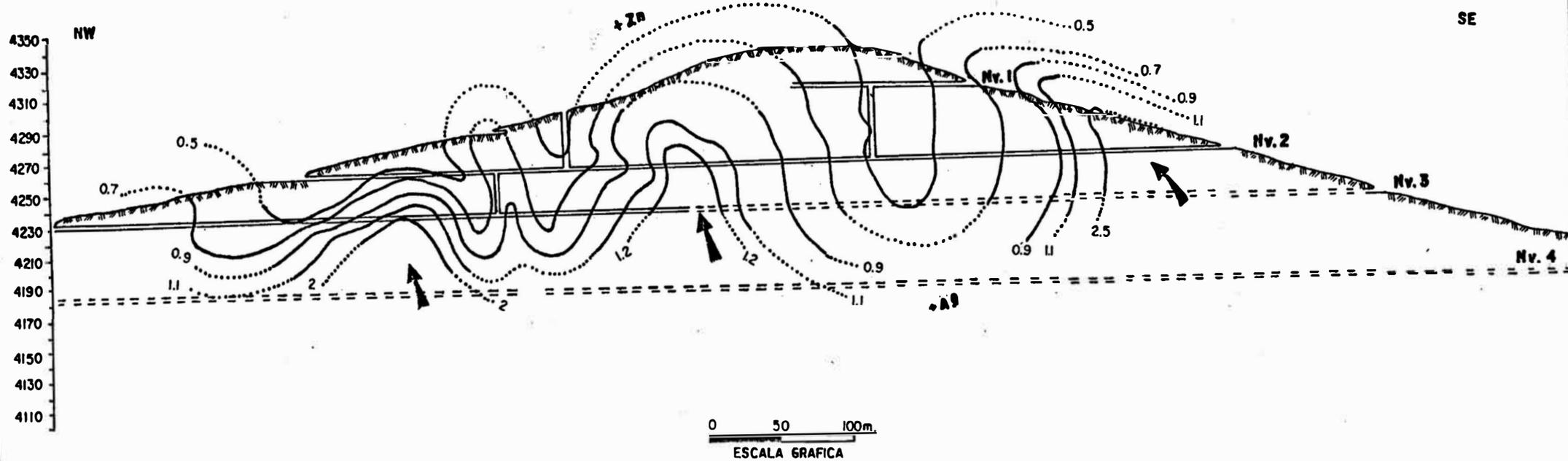
↑  
Dirección de las  
Soluciones Hidrotermales

CIA. MINERA URANO S.A.  
PERFIL LONGITUDINAL-VETA SAN FRANCISCO

Por : Román COCHACHEZ A.

FIG: 25

# COCIENTE METALICO Ag/Zn

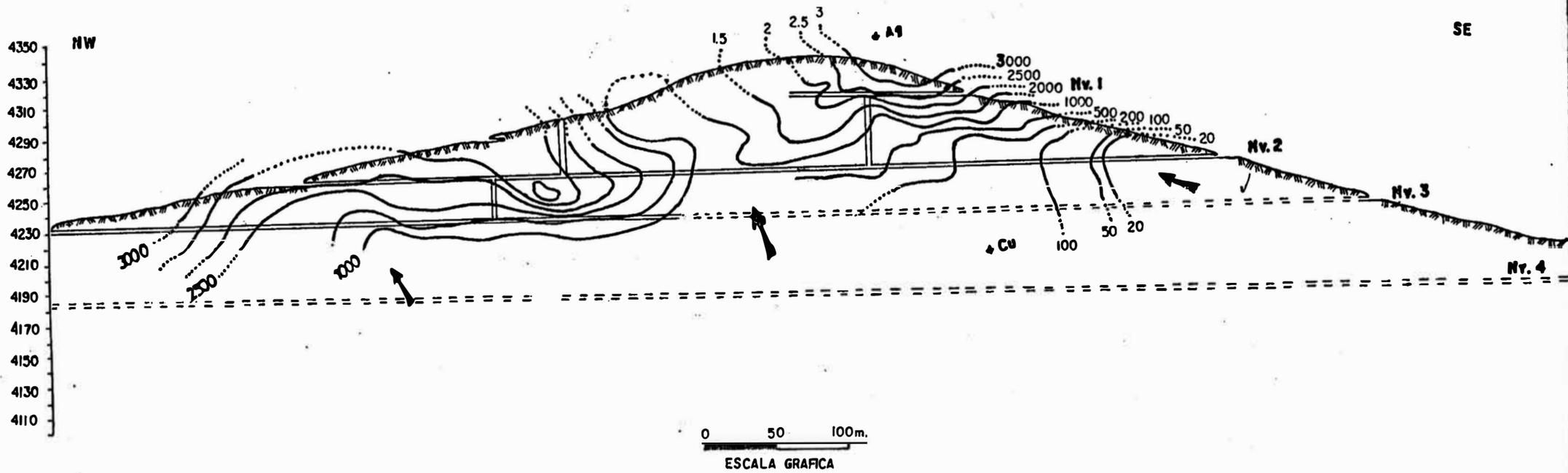


↑  
Dirección de las  
Soluciones Hidrotermales

CIA. MINERA URANO S.A.  
PERFIL LONGITUDINAL - VETA SAN FRANCISCO  
Por: Román COCHACHEZ A.

FIG: 26

# COCIENTE METALICO Ag/Cu

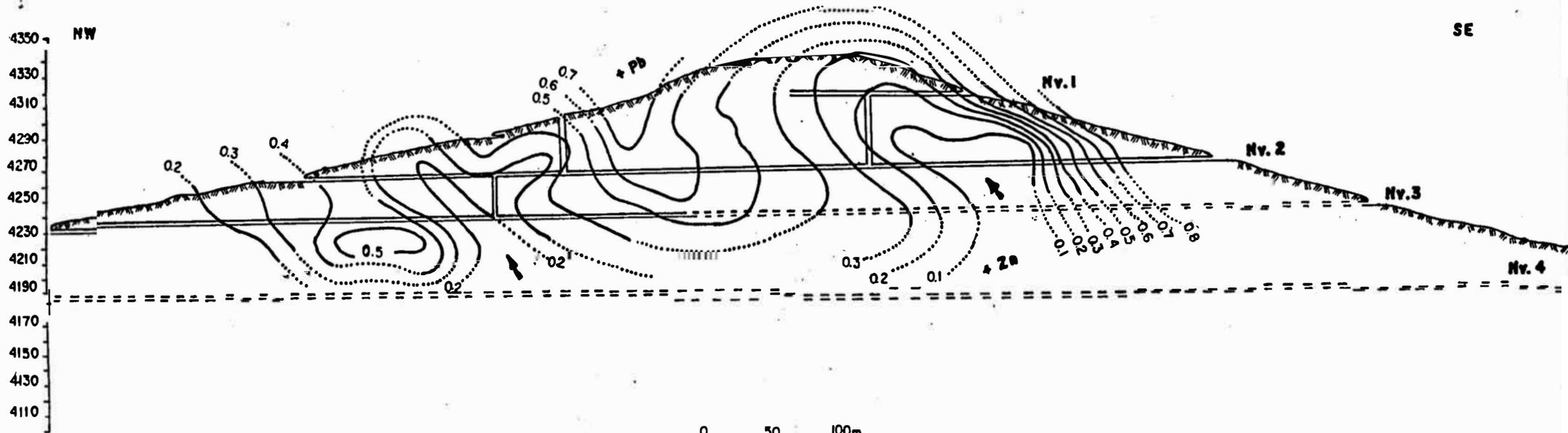


↑  
Dirección de las  
Soluciones Hidrotermales

CIA. MINERA URANO S. A.  
PERFIL LONGITUDINAL-VETA SAN FRANCISCO  
Por: Román COCHACHEZ A.

FIG: 27

# COCIENTE METALICO Pb/Zn



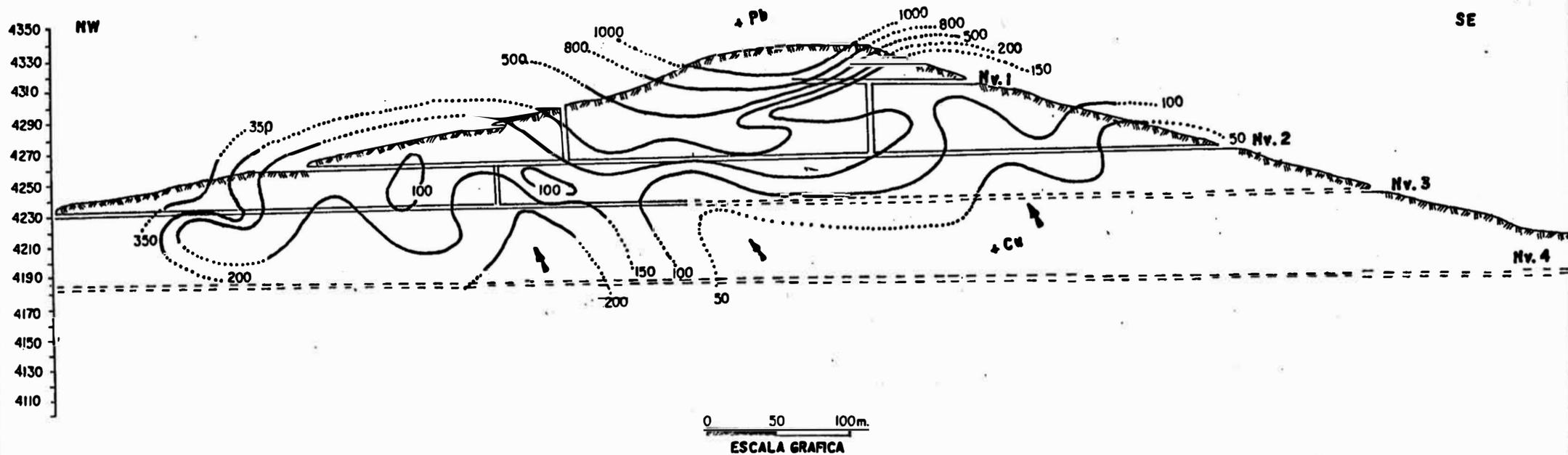
0 50 100m.  
ESCALA GRAFICA

↑  
Dirección de las  
Soluciones Hidrotermales

CIA. MINERA URANO S.A.  
PERFIL LONGITUDINAL VETA SAN FRANCISCO  
Por: Román COCHACHEZ A.

FIG: 28

# COCIENTE METALICO Pb/Cu



0 50 100m.  
ESCALA GRAFICA

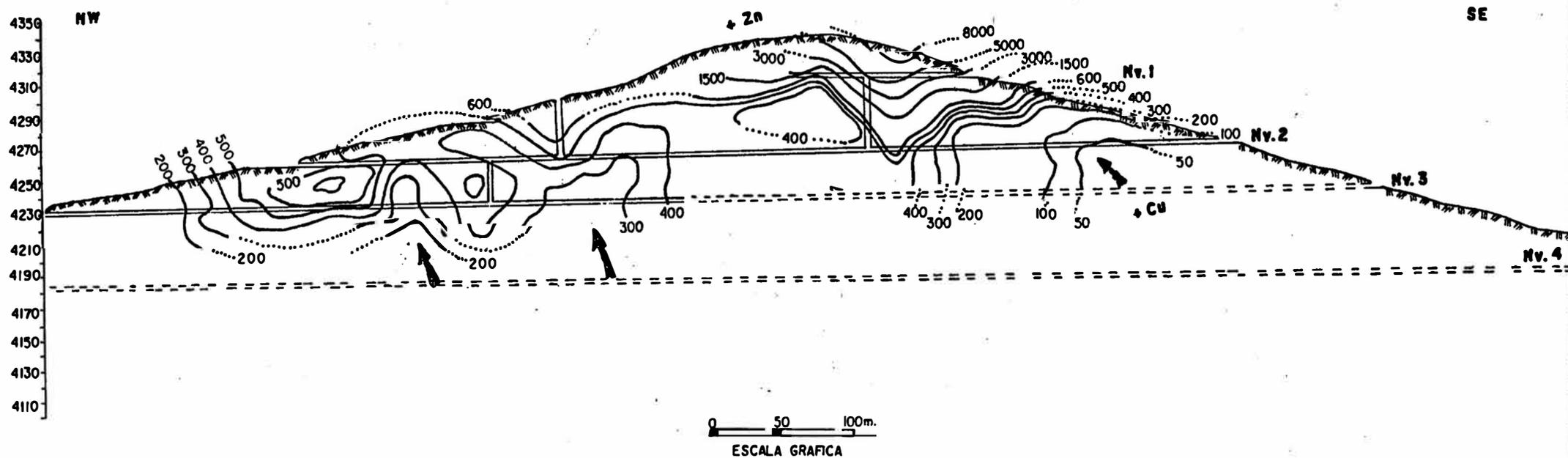
↑  
Dirección de las  
Soluciones Hidrotermales

CIA. MINERA URANO S.A.  
PERFIL LONGITUDINAL VETA SAN FRANCISCO

Per: Román COCHACHEZ A.

FIG: 29

# COCIENTE METALICO Zn/Cu



↑  
Dirección de las  
Soluciones Hidrotermales

CIA. MINERA URANO S.A.  
PERFIL LONGITUDINAL-VETA SAN FRANCISCO

Per: Román COCHACHEZ A.

FIG: 30

soluciones mineralizantes ascendieron oblicuamente de SE a NW con ángulo de inclinación de 55°. Hay incremento de valores del cociente hacia la parte superficial y Noroeste desde valores de 20 hasta 3000; ésto demuestra una disminución de Ag y un aumento de Cu en profundidad. Fig. No. 27.

d) **Cociente  $Pb/Zn$** : Tiene un zonamiento domal con eje oblicuo de 50° de SE a NW, por donde ascendieron las soluciones mineralizantes. El cociente se incrementa hacia superficie desde valores de 0.2 hasta 0.7. Los valores de Pb disminuyen y los valores de Zn aumentan en profundidad. Fig. No. 28.

e) **Cociente  $Pb/Cu$** : El cociente nos muestra un claro incremento hacia la parte superficial en forma oblicua de SE a NW desde 50 hasta 1000. Hay una notable disminución de Pb y un incremento de Cu en profundidad. Fig. No. 29.

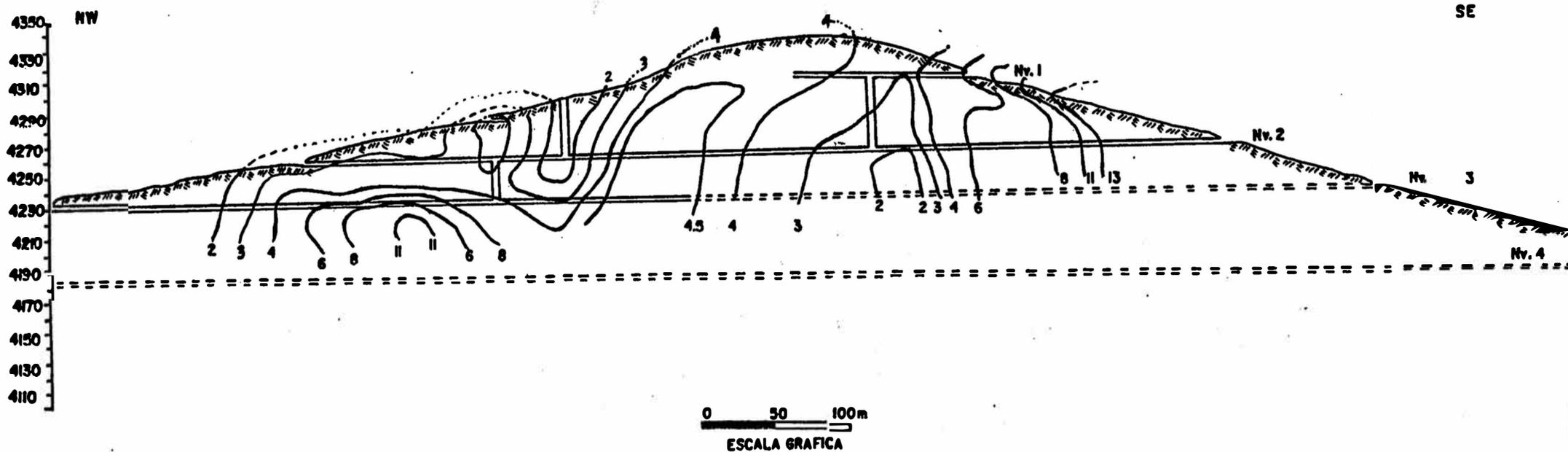
f) **Cociente  $Zn/Cu$** : El cociente tiene un claro incremento hacia superficie de 50 hasta 800. Se observa una disminución de Zn y un incremento de Cu en profundidad.

#### 4.6.3.- CURVAS ISOVALORICAS: VETA SAN FRANCISCO

Se han determinado las curvas isovalóricas de leyes para los cuatro elementos Ag, Pb, Zn y Cu.

Según la dirección del flujo

# ISOVALORES DE Ag

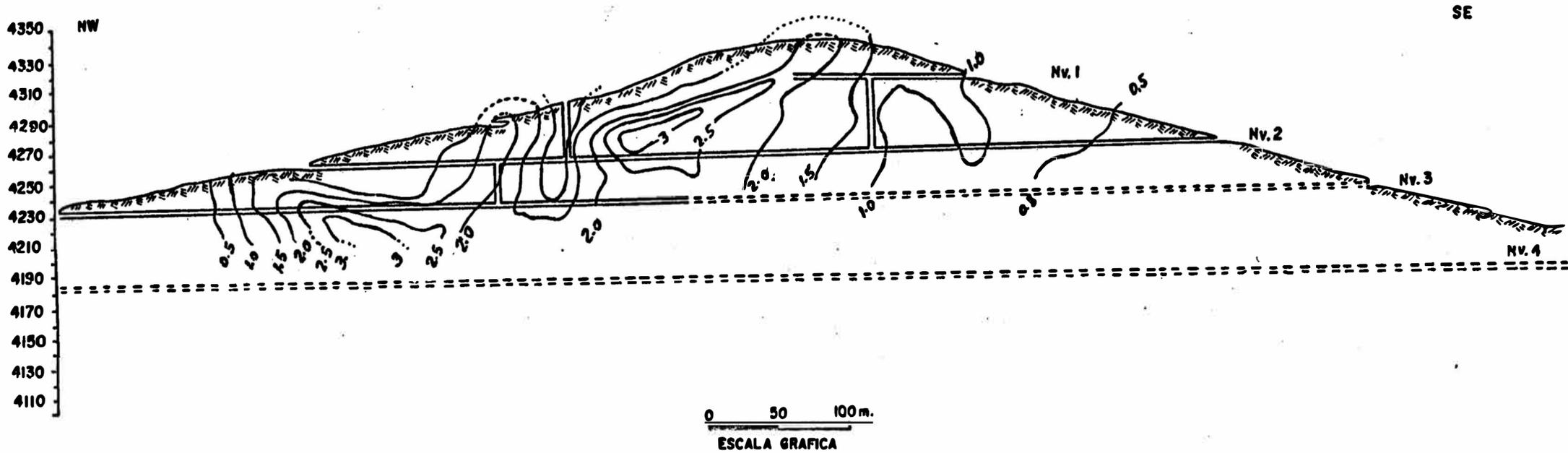


CIA. MINERA URANO S. A.  
PERFIL LONGITUDINAL-VETA SAN FRANCISCO

Por: Román COCHACHEZ A.

FIG:31

# ISOVALORES DE Pb

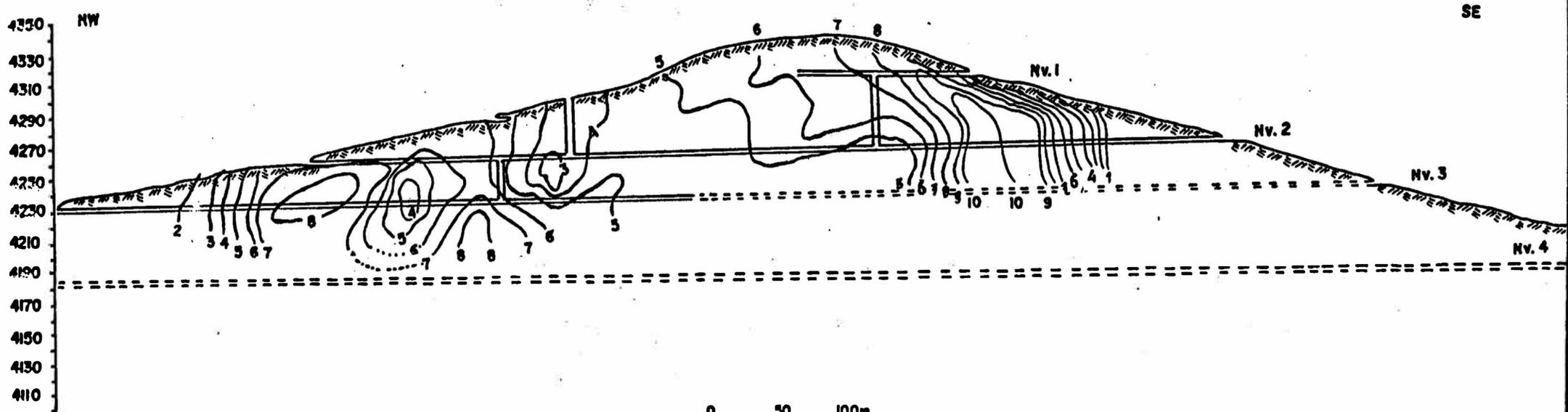


CIA. MINERA URANO S.A.  
PERFIL LONGITUDINAL-VETA SAN FRANCISCO

Por : Román COCHACHEZ A.

FIG:32

# ISOVALORES DE Zn.

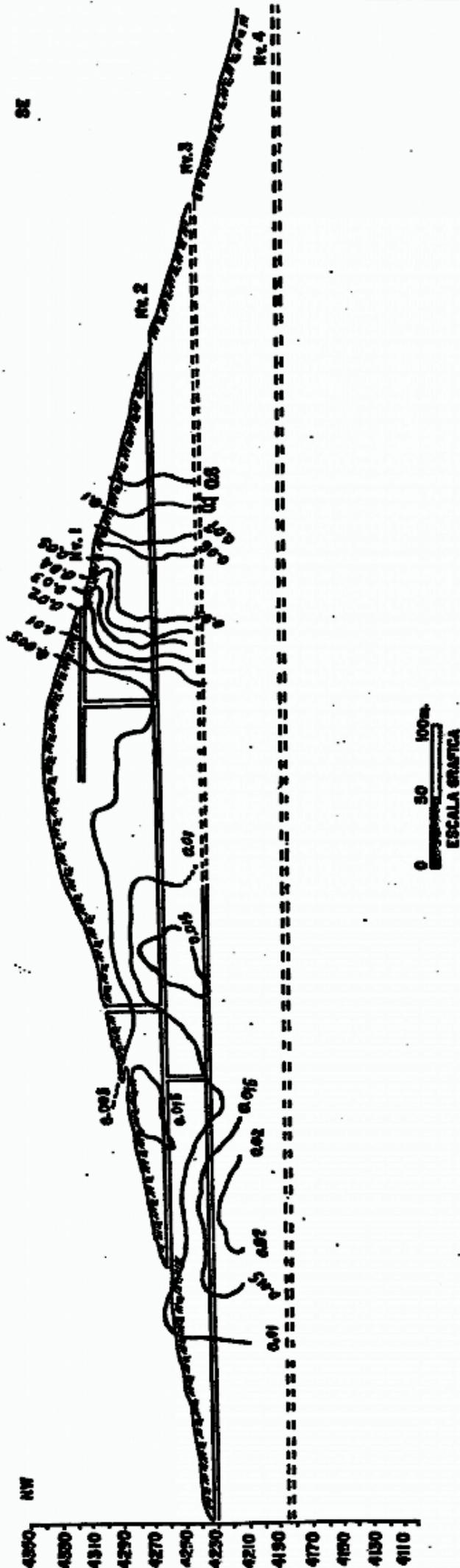


CIA. MINERA URANO S. A.  
PERFIL LONGITUDINAL-VETA SAN FRANCISCO

Per : Román COCHACHEZ A.

FIG: 33

# ISOVALORES DE CU



CIA. MINERA URANO S. A.  
PERRA LONGITUDINAL-VETA SAN FRANCISCO

Por: Ramón COCHACHEZ A.

mineralizante oblicuo de Sureste a Noreste y la secuencia paragenética de Cu, Ag, Zn y Pb hacia el área de menor temperatura, se hallarán los niveles de ley máxima de Pb y Zn, donde el nivel máximo de Pb está ubicado más hacia el Noroeste respecto al Zn. Fg. No 32, 33. Más hacia superficie y Deste del nivel de ley máxima los valores disminuirán.

Los niveles máximos de Ag y Cu se hallan hacia el sector Sureste por debajo de la Galería proyectada del nivel No. 3; es decir en zonas de mayor temperatura. Las anomalías de Ag llegan a valores de 13 mientras que las de Cu recién están en 0.8; esto nos sugiere que probablemente la ley máxima de Cu se encuentre a mayor profundidad y hacia el sector SE. Fig. No 31, 34.

Por las razones expuestas se considera que desde el frente de deposición final de Pb hacia el frente de deposición inicial del Cu se estima una distancia de 400 m. Es decir faltarían explorar 400 metros por debajo del nivel No. 3.

Si Consideramos, que las vetas con afloramientos de gran longitud tienen mayores probabilidades de profundizar y en el yacimiento tenemos un promedio de 10 vetas cuyos afloramientos sobrepasan los 700 metros de longitud.

Por otro lado, en el nivel No. 4 de la veta Urano se observan leyes económicas de Zn y Ag,

estando 260 metros más, bajo del nivel No. 3 de la veta San Francisco (Figs. Nos 36, 37).

Por las consideraciones expuestas; se concluye que las vetas del yacimiento podrían profundizar algunos cientos de metros más por debajo de los niveles conocidos.

#### 4.7.- ESBOZO DEL TIPO DE YACIMIENTO Y GENESIS.

El yacimiento minero Marte se considera:

- Yacimiento Hipógeno: Por haberse mineralizado por soluciones hidrotermales de origen magmático.
- Yacimiento Epigenético: Por que primero se formó la roca encajonante, luego la apertura por fracturamiento y fallamiento; posteriormente se genera la alteración de las cajas y mineralización por relleno de fracturas en el caso de las vetas y reemplazamiento adicional en el caso de los mantos.
- Es un Yacimiento hidrotermal de alcance Mesotermal a Epitermal tipificado por su mineralogía, texturas, alteraciones y otras características geológicas.

El orden de sucesos sería el siguiente:

- Primeramente ocurre la formación de las rocas encajonantes preterciarias y terciarias hasta los volcánicos Tacaza.
- Se produce el evento tectónico del Mioceno inferior que

actúa con fuerzas compresivas en dirección NW - SE, originando los fracturamientos pre-minerales del yacimiento.

- Seguidamente se generó una actividad magmática con la intrusión de rocas hipabisales (pórfido andesítico y pórfido de cuarzo y feldespato) a las rocas sedimentarias y volcánicas pre-existentes; al mismo tiempo que se reactivan las fracturas.
- A medida que la actividad magmática cesaba se generó una fase hidrotermal (Probablemente relacionado a lo intrusivos hipabisales) formando soluciones minerealizantes las que ascendieron para luego alterar las cajas y precipitar la mineralización por relleno y reemplazamiento conocido en vetas y mantos respectivamente.
- Posterior a éste proceso, ocurre la fase tectónica del Mioceno superior - Plioceno inferior con fuerzas compresivas que actuaron en dirección NE - SW generando el fallamiento de las estructura mineralizadas con desplazamiento cortos de pocos metros de longitud.

## CAPITULO V : GEOLOGIA MINERA

### 5.1.- CONTROLES DE MINERALIZACION.

En el yacimiento se han podido determinar los siguientes controles de mineralización:

#### 5.1.1.- CONTROL FISIOGRAFICO.

Está caracterizado por el tipo de relleno mineralógico. La mayoría de las vetas de este yacimiento afloran como crestas salientes y visibles con presencia de cristales de baritina, cuarzo, esfalerita y galena; en muchos casos acompañados por óxido de fierro y manganeso, que le dá una coloración negrusca a estas crestas. En algunos casos los afloramientos presentan brechamiento con fragmentos de roca de caja, cuarzo y algo de sulfuros. Ejemplo las vetas Ana, Lampa, Koya, Nancy, Marte, Negro Sipina y San Francisco.

#### 5.1.2.- CONTROL LITOLÓGICO.

Las rocas más favorables a la mineralización son las rocas competentes, en este caso las rocas volcánicas andesíticas, rocas hipabisales, areniscas feldespáticas y las calizas; por tener mayor susceptibilidad al proceso de precipitación y reemplazamiento favoreciendo la depositación de los

minerales. En el caso de los mantos, el mayor control lito-estratigráfico lo han ejercido los horizontes de mejor receptibilidad química a las soluciones.

#### 5.1.3.- CONTROL MINERALOGICO.

En este yacimiento se puede considerar como mineral guía a la baritina. El bario por ser un elemento con alta movilidad ha migrado hasta los niveles más superficiales de las vetas y mantos donde se ha depositado en forma de sulfato. Por esta razón en todas las estructuras mineralizadas económicamente con sulfuros básicos siempre está presente la baritina, inclusive asociado con la siderita.

La presencia de este mineral, aún como cristales dispersos en los materiales recientes superficialmente nos ha conducido a encontrar vetas mineralizadas, que han estado cubiertas.

#### 5.1.4.- CONTROL ESTRUCTURAL.

De acuerdo al mapeo geológico superficial y subterráneo se han determinado tres sistemas de vetas según el diagrama de esfuerzos y fracturamientos pre-minerales originados por el segundo evento tectónico correspondiente al Mioceno inferior. Fig. No. 7.

- Sistema 1: Rumbo N-89o-W, que son vetas dextrales.
- Sistema 2: Rumbo N-51o-W, que son vetas tensionales.
- Sistema 3: Rumbo N-12o-W, que son vetas sinestrales.

## RESULTADO DEL ANALISIS ESPECTROGRAFICO SEMICUANTITATIVO

<u>Muestra *</u>	<u>E. Mayores</u>	<u>E. Menores</u>	<u>E. Trazas</u>			<u>Vestigios</u>
M-1	Fe.	Pb	Cu	Ag	Ca	Sb
Veta San Francisco Nv: 1,2,3	Si	Mn	Mg	Ti	Ge	V
	Zn	Al		K	Ba	Au
				Na	Cd	
				As		
<hr/>						
M-2	Fe	Zn.	Pb	Cu	Ag	Cd
Veta Urano. Nv: 2	Si	Mn	Al	K	Ti	Ge
		As		Na	Ca	Au
				Mg	Sb	
					Co	
<hr/>						
M-3	Fe	Si	Mg	Ca	Co	Ti
Veta Carmen Nv:1		Mn	Pb	Cu	As	Sb
				Ag		Au
				Zn		
				Al		

**E. Mayores** : Mayores que 10 %  
**E. Menores** : Entre 10 a 1 %  
**E. Trazas** : Entre 1 a 0.001 %  
**Vestigios** : Menores que 0.001 %

\* Compósito de muestras por vetas

a) Siendo las vetas más importantes las que pertenecen al segundo sistema, por su longitud de afloramiento, potencia y mineralización. Además de acuerdo al mapeo de labores subterráneas estas vetas corresponden al tipo tensional.

Por tanto; a mayor buzamiento (más parado) las vetas son más anchas y hay más mineral; contrariamente a menor buzamiento (más echado) las vetas son más angostas y hay menos mineral. Fig. No. 7:b-3.

b) Las vetas del primer sistema han sido poco exploradas con galerías; sin embargo de acuerdo al diagrama estructural y criterios geológicos de campo, éstas son de cizallamiento dextral. Por consiguiente tendremos en cuenta que cuando se inflexionen a la derecha se ensancharán y habrá más mineral; cuando se inflexionen a la izquierda se angostarán y habrá menos mineral. Fig. No. 7:b-2.

c) Las vetas del tercer sistema son de cizallamiento sinextral; no han sido exploradas con labores subterráneas, deberá por tanto tenerse en cuenta, que cuando se inflexionen a la izquierda se ensancharán y habrá más mineral; cuando se inflexionen a la derecha se angostarán y habrá menos mineral. Fig. No. 7:b-1.

d) Las vetas que forman lazos cimoides horizontales tendrán posibilidades de presentar clavos mineralizados más ricos; ejemplo las vetas Urano y San Camilo.

e) Las intersecciones de las vetas forman ensanchamientos con acumulaciones mayores de mineral. En la mina hay muchas intersecciones aún no exploradas.

## 5.2.- RESERVAS MINERALES, MINERAL POSIBLE Y POTENCIAL DEL YACIMIENTO.

### a) Reservas de Mineral.

Para el año de 1991 se han cubicado reservas minerales Probado-Probable en las vetas San Francisco, Santiago y Urano, por ser las vetas con más labores de exploración sistemática.

Para dicha cubicación se ha tenido en cuenta la ley mínima explotable dada por la suma del valor de sus elementos comerciales (Pb, Zn, Ag, Cu) y que es equivalente a 10.95 Onz. Ag/T.C. El resumen del mineral económico se detalla en el cuadro No. 1.

RESUMEN DE MINERAL ECONOMICO POR VETAS

A.- Mineral Económico Probado

VETA	ANCHO CUBIC. ( m )	T.C.	%Pb	LEYES DILUIDAS		
				%Zn	Onz. Ag/T.C	%Cu
San Francisco	1.21	25,404	2.00	8.86	7.14	0.16
Santiago	0.95	1,058	2.03	7.03	3.33	0.17
Urano	1.16	4,486	1.73	2.05	8.19	0.24
TOTAL	1.19	30,948	1.96	7.81	7.16	0.17
- 20 %	1.19	24,758	1.96	7.81	7.16	0.17

B.- Mineral Económico Probable

VETA	ANCHO CUBIC. ( m )	T.C.	%Pb	LEYES DILUIDAS		
				%Zn	Onz. Ag/T.C	%Cu
San Francisco	1.21	24,721	2.05	7.86	6.61	0.10
Santiago	0.95	1,058	2.03	7.03	3.33	0.10
Urano	1.16	4,486	1.73	2.05	8.19	0.24
TOTAL	1.19	30,265	2.00	6.97	6.73	0.12
- 20 %	1.19	24,212	2.00	6.97	6.73	0.12

TOTAL GENERAL

Probado + Probable	1.19	61,213	1.98	7.40	6.95	0.15
- 20%	1.19	48,970	1.98	7.40	6.95	0.15

\* - 20%: Castigo al tonelaje, según criterio geológico

Cuadro N° 1

b) Mineral Posible.

Es aquel que ocurre adyacente a los blocks de mineral probado-probable. Se ha considerado teniendo en cuenta las características geológicas del yacimiento.

El estimado del mineral Posible en las vetas San Francisco, Urano y Santiago, se observa en el cuadro No. 2.

RESUMEN DE MINERAL POSIBLE POR VETAS

VETA	LONGI- TUD ( m )	ALTU- RA ( m )	POT. ( m )	LEYES DILUIDAS				
				T.C.	%Pb	%Zn	Onz. Ag/T.C.	%Cu
San Francisco	600	50	1.21	89,286	2.20	8.78	8.24	0.19
Santiago	200	60	0.95	31,746	2.36	7.72	5.57	0.12
Urano	200	70	1.16	37,037	1.50	6.00	8.00	0.30
TOTAL	-	-	1.19	158,069	2.07	7.91	7.65	0.20

Cuadro N° 2

**c) Potencial del Yacimiento.**

Para el estimado del mineral potencial del yacimiento se han tenido en cuenta los siguientes criterios geológicos: El zonamiento de la mineralización, longitud de afloramiento de las vetas, Profundización y persistencia de valores metálicos económicos.

En el presente año, el potencial calculado para el yacimiento es del orden de los 2'800,000 T.C.

**5.3.- PROGRAMA DE EXPLORACION Y DESARROLLO**

Para el período de 1991 se ha programado 1230 metros de avance en labores de exploración y desarrollo que comprenden labores horizontales y verticales, que serán ejecutadas en forma inmediata y mediata.

Dicho programa ha sido estructurado considerando toda información geológica de campo y de gabinete tales como: Controles de mineralización, zonamiento, curvas isovalóricas de cocientes metálicos, etc.

Dicho programa se resume en el siguiente cuadro.

VETA	NIVEL	CONCESION	GALERIAS ( m )	CHIMENEAS ( m )	PIQUE ( m )	CORTADA ( m )	TOTAL ( m )
San Francisco	3	Marte	200	90	-	-	290
San Francisco	4	Marte	-	-	-	50	50
San Francisco	4	Marte	100	60	-	-	160
Santiago	2	Marte	70	50	-	-	120
Urano	2	Marte	150	90	30	-	270
Lampa Koya	3	Marte - 1	200	90	-	-	300
Nancy	3	Marte - 1	50	-	-	-	50
TOTAL			770	380	30	50	1230

#### 5.4.- POSIBILIDADES ECONOMICAS DEL YACIMIENTO.

Se puede sintetizar en lo siguiente:

- Las vetas de la mina Marte están emplazadas mayormente en rocas volcánicas del Grupo Tacaza y en menor extensión en secuencias calcareas, las cuales tienen relación metalogenética a yacimientos hidrotermales.
- Las vetas corresponden a estructuras de tectónicas quebrante perteneciente a las fases Miocénicas con acortamiento NW -SE, lo que ha influenciado en cambios de dirección y buzamiento generando zonas favorables para una apertura y relleno de mineral.
- Las vetas principales de rumbo N-51o-W tienen la orientación del fallamiento pre-mineral principal que es de gran longitud y son paralelas a la dirección del plegamiento andino.
- La presencia de baritina en los afloramientos superficiales de las vetas hace suponer que la mineralización profundice con posible contenido de mineral económico en "clavos".
- Las principales vetas de rumbo N-51o-W presentan gran longitud de afloramiento; por consiguiente su posibilidades de profundizar son mayores.
- Los resultados de los muestreos en las labores subterráneas inferiores demuestran que los valores de Zn y Ag continúan en profundidad.
- Las vetas de este yacimiento presentan buen encampane, algunos alcanzan más de 250 metros por debajo del nivel

más bajo.

Por las favorables características geológicas antes mencionadas, las reservas inicialmente cubicadas y el potencial asumido, se concluye que dicho yacimiento tiene buenas posibilidades geo-económicas para continuar su exploración y explotación.

## CAPITULO VI : MINERIA

### 6.1.- LABORES MINERAS ACTUALES.

Debido a que la actual planta concentradora de minerales tiene una capacidad de 50 T.M. diarias y además se cuenta con un buen stock de mineral extraído en cancha; se están efectuando prioritariamente labores de exploración y desarrollo.

Dentro de las labores mineras actuales podemos contar con aquellas que están en operación y las que están paralizadas temporalmente, las cuales se detallan en el siguiente cuadro. (Ver Figs. 13, 14, 15, 16, 17).

VETA	NIVEL	LABOR	AVANCE ( m )	CLASIFICACION	CONDICION
San Francisco	1	Gal. 020 NW	130	Exploración.	Operativa
San Francisco	2	Gal. 650 SE	580	Explor-Desarr.	Operativa
San Francisco	3	Gal. 610 SE	350	Desarrollo	Operativa
Urano	2	Gal. 340 SE	260	Exploración	Paralizada
Santiago	2	Gal. 880 SE	50	Exploración	Operativa
Carmen	1	Gal. 995 NW	110	Exploración	Paralizada
Urano - 3	4	Gal. 760 NW	80	Exploración	Paralizada
Urano - 2	4	Gal. 860 NW	120	Exploración	Paralizada
Tula	4	Gal. 770 NW	150	Exploración	Paralizada

#### 6.2.- METODO DE EXPLOTACION.

Dada las características geológicas del yacimiento como es el buzamiento de las vetas, grado de alteración de las cajas y entre otras consideraciones; el método de explotación aplicado hasta el momento es el Shirinkage.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. CONCLUSIONES.

- 1- El yacimiento minero Marte está emplazado dentro de calizas Jurásicas-Cretácicas del Grupo Lagunillas y Terciarias del Grupo Puno y Tacaza, favorables a la mineralización. Se encuentra ubicado dentro de la franja metalogenética intercordillerana del Sur con mineralización polimetálica.
- 2- El yacimiento es de origen hidrotermal, epigenético de alcance Mesotermal a Epitermal, donde los minerales económicos son:  
  
La esfalerita, cobres grises argentíferos, galena y en menor proporción calcopirita.
- 3- Las vetas principales y de mayor importancia la constituyen las de rumbo promedio N-51o-W, por su gran longitud de afloramiento, ser de tipo tensional y estar alineadas con grandes fallas con rumbo del plegamiento andino.
- 4- Los mantos son de importancia en el futuro a medida a que se profundicen las labores de exploración; por encontrarse las calizas debajo de las unidades litológicas del Grupo Puno y más distribuidos hacia el sector Noroeste.

- 5- La presencia de baritina y óxidos de manganeso en los afloramientos superficiales son de importancia por que son indicativos de la presencia de sulfuros económicos en profundidad.
- 6- En las curvas isovalóricas se han determinado que del frente de deposición final del Pb al frente de deposición inicial, del Cu deben haber unos 400 metros; por consiguiente se habría recién explorado con el nivel No. 3, parte de la deposición final del Pb. En consecuencia faltarían explorar unos 400 metros más por debajo del nivel 3.
- 7- Según los ejes de cocientes metálicos, las soluciones mineralizantes fluyeron de Sureste a Noroeste, en general con ángulo de 60° de inclinación; por lo tanto las mejores leyes de Zn y Ag, en vetas se supone que estarían en profundidad y hacia el sector SE.
- 8- El logaritmo de cocientes metálicos y curvas isovalóricas aplicados para la veta San Francisco, será de gran ayuda para visualizar mejor los frentes de exploración en las otras vetas, en tanto éstas sean exploradas paulatinamente.
- 9- La presencia de varias vetas mineralizadas con buena potencia, longitud de afloramiento, la persistencia de valores metálicos económicos en los niveles más bajos, el estudio de cocientes metálicos e isovalores para la veta San Francisco, así como su importante reserva inicial y su potencial, nos conduce a pensar que el

yacimiento minero Marte tiene buenas posibilidades geoeconómicas.

10- Las reservas minerales Probados - Probables sólo corresponden a las tres vetas exploradas sistemáticamente, siendo el tonelaje y leyes los siguientes: 48,970 T.C. con 1.98% Pb, 7.40% Zn, 6.95 Onz.Ag/T.C. y 0.15% Cu.

El mineral posible es del orden de 158,069 T.C. con leyes de 2.07% Pb, 7.91% Zn, 7.65 Onz.Ag/T.C. y 0.20% Cu.

El potencial de mineral del yacimiento se ha estimado en 2'800,000 T.C.

## **B. RECOMENDACIONES**

- 1- Construir paulatinamente una trocha de carretera por el lado del río Queirane, para explorar las vetas ya que se ganaría mayor encampane y el acceso hacia la planta concentradora sería más cercana.
- 2- Continuar con el muestreo de los afloramiento superficiales donde aún faltan, haciendo trincheras de reconocimiento.
- 3- Llevar un control minucioso del muestreo sistemático subterráneo, elaboración y actualización de sus planos para las distancias vetas, a fin de efectuar estudios de logaritmo de cocientes metálicos para cada una de ellas y definir mejor la continuidad de la mineralización, así orientar técnicamente su exploración.
- 4- Dar impulso a las labores programadas para el presente año ya que están orientados a incrementar reservas minerales y establecer estrategias de exploración por el sector del río Queirane. Ejemplo Fig. No37.
- 5- Priorizar la exploración de las vetas San Francisco y Santiago en el nivel 3 y 4, por el sector Sureste; en las zonas de incremento de valores de Zn y Ag de acuerdo a los gráficos de curvas de cocientes metálicos.
- 6- Investigar la posible presencia de otros elementos como

oro y cadmio.

- 7- En la actualidad los mantos tienen poco empante para su exploración, por lo que se recomienda en lo sucesivo explorarlos a partir de los niveles mas bajos de la veta San Francisco y hacia la intersección de ambos.

## APENDICE DE PLANOS Y DIAGRAMAS

- Fig. No 1: Plano de Ubicación.
- Fig. No 2: Plano Geológico Regional.
- Fig. No 3: Perfil Geológico Regional A - A'.
- Fig. No 4: Columna Estratigráfica Regional Generalizada.
- Fig. No 5: Plano Geológico Superficial Local.
- Fig. No 6: Mapa de Estructuras incluyendo lineamientos principales
- Fig. No 7: Diagrama de Frecuencia de Estructuras.
- Fig. No 8: Diagrama de Esfuerzos y Fallamientos: Fase Quechua I.
- Fig. No 9: Diagrama de Esfuerzos y Fracturamientos: Fase Quechua II.
- Fig. No 10: Diagrama de Esfuerzos y Fallamientos: Fase Quechua III.
- Fig. No 11: Plano de Sistema de Vetas Tensionales.
- Fig. No 12: Sección Transversal de Vetas Z - Z'.
- Fig. No 13: Plano Geológico Veta San Francisco Nv - 1
- Fig. No 14: Plano Geológico Veta San Francisco Nv - 2.
- Fig. No 15: Plano Geológico Veta San Francisco Nv - 3.
- Fig. No 16: Plano Geológico Veta Urano Nv - 2
- Fig. No 17: Plano Geológico Veta Urano Nv - 4
- Fig. No 18: Intercrecimientos y Asociaciones Mineralógicas
- Fig. No 19: Secuencia Paragenética.

- Fig. No 20: Log. Cocientes Ag/Pb vs Ag/Zn
- Fig. No 21: Log. Cocientes Zn/Cu vs Ag/Cu
- Fig. No 22: Log. Cocientes Zn/Cu vs Pb/Cu
- Fig. No 23: Log. Cocientes Pb/Cu vs Pb/Zn
- Fig. No 24: Conclusiones y Zonamiento
- Fig. No 25: Cocientes Metálicos Ag/Pb
- Fig. No 26: Cocientes Metálicos Ag/Zn
- Fig. No 27: Cocientes Metálicos Ag/Cu
- Fig. No 28: Cocientes Metálicos Pb/Zn
- Fig. No 29: Cocientes Metálicos Pb/Cu
- Fig. No 30: Cocientes Metálicos Zn/Cu
- Fig. No 31: Curvas Isovalóricas de Ag.
- Fig. No 32: Curvas Isovalóricas de Pb.
- Fig. No 33: Curvas Isovalóricas de Zn.
- Fig. No 34: Curvas Isovalóricas de Cu.
- Fig. No 35: Cuadro de Resultado de Análisis  
Espectrográfico Semicuantitativo.
- Fig. No 36: Sección Longitudinal Veta San Francisco
- Fig. No 37: Sección Longitudinal Veta Urano.

## REFERENCIAS

- ALARCON J.; MAYTA O.; CASTILLO C. (1978) - Normas para la Evaluación de Reservas Minerales de Explotación Subterránea.
- ALBAN C.; HAWKINS M. (1983) --Mapa Geológico del Cuadrángulo de Funo - INGEMMET.
- ALDANA M. (1987)- El Caloviano en la Hacienda Queirane - Departamento de Funo. Bol. de la Soc. Geol. del Perú No. 79 Pág. 41 - 52.
- BELLIDO B.E. (1969)- Sinopsis de la Geología del Perú. Servicio de Geología y Minería; Boletín No. 22
- BUCHANAN L.J. (1981)- Precious Metal Deposits Associated With Volcanic Environments in the South West. Arizona Geological Society Digest, V, XIV pag. 237 - 261
- CANDIOTTI H. (1989)- Progresos en el Conocimiento de la Geología y Técnica de Exploración de Yacimientos de Ag y Au en Ambientes Volcánicos Cenozoicos. Bol. de la Soc. Geol. del Perú No. 78, pag.1- 22
- EVANS A.M. (1982) Metalization Associated With Acid Magmatism.  
Edit. John Wiley & Sons Ltd.
- GUEVARA C. (1969) - Geología del Cuadrángulo de

Characato. Bol. de la sociedad de Geología y Minería No. 23.

GUEVARA C.; DAVILA D. (1983)- Estratigrafía y Tectónica del Area de Cora Cora y Pacapausa. Bol. de la Soc. Geol. del Perú No. 71, pag. 28 - 289.

HAWKINS.M; KLINCK B.; PALACIOS O.; DE LA CRUZ J. 1991 - Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca Sur del Perú. Bol. No 42 Serie A - Carta Geológica Nacional - INGEMET.

HUAN W.T. (1968) - Petrología. Edit. Hispano Americana.

KAZHDAN A.B. (1982) - Prospección de Yacimiento Minerales. Edit. MIR.

KLOCKMANN F.; RAMDORH P. (1961) - Tratado de Mineralogía Edit. Gustavo Gili S.A. Barcelona.

LAUBACHER G. (1978)- Estudio Geológico de la Región Norte del Lago Titicaca. Bol. serie D- Estudios Especiales - INGEMMET.

MAROCO R. (1971)- Etude Geologique de la Chaîne Andine an Niven de la Deflexión D'Abancay (Perou).  
ORSTOM - Serv. Geol. Francia.

MACKINSTRY H.E. (1970)- Geología de Minas. Edit. Omega S.A. Barcelona.

MCLAUGHLIN D.H. (1924)- Geología y Fisiografía de los Andes Peruanos en los Departamentos de Junín y Lima. Geol. Soc. Am. Bull, 35-1 pl. p.591-632.

MENDIVIL S. (1965)- Geología del Cuadrángulo Mure y Antajave. Bol. Serie A. Carta Geológica Nacional

No. 10. INGEMMET.

- PALACIOS O.; CASTILLO M. (1983)- Compendio Estratigráfico del Jurásico - Cretáceo en el Perú. Bol. de la Soc. Geol. del Perú No. 71, Pag. 263 - 277.
- PASCUALI ZANIN J. (1980)- Soluciones Hidrotermales Formadores de Yacimientos Minerales. Dirección General de Minería y Geología - Venezuela. Vol. XIV, No 26
- PECHO V. (1960)- Geología de los Cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás. Bol. Serie A. Carta Geológica Nacional No. 35 - INGEMMET.
- PETERSEN ULRICH (1982)- Estudio Cuantitativos de Zonamiento Hidrotermal. Seminario de Exploración y Metalogenia de Yacimientos Minerales.
- PONZONI S. EDGARDO. (1980)- Metalogenia del Perú. Edit. INGEMMET.
- RIVERA N. (1970)- Geología del Distrito Minero de Cerro de Pasco. Primer Congreso Latinoamericano de Geología. Pag. 12-40
- SELLEY RICHARD C. (1976)- Medios Sedimentarios Antiguos. Edit. Blume.
- SMIRNOV V.I. (1982)- Geología de Yacimientos Minerales. Edit MIR.
- TEJADA J. (1968)- Informe Geológico Preliminar de la Mina Marte - Puno. Reporte Privado.
- TUMIALAN P.H. (1983)- Logaritmo de Cocientes Metálicos en el Zonamiento de Estructuras Mineralizadas de

Yacimientos Peruanos. Bol. de la Soc. Geol. del Perú No.72. Pag. 213-222.

TUMIALAN P.H. (1983)- Fondo Mineralógico, Ley máxima y Frente Final de Deposición de Soluciones Hidrotermales en Yacimientos Peruanos. Bol. de la Soc. Geol. del Perú No.72. Pag. 225-230.

TUMIALAN P.H.; TEJADA J.; COCHACHEZ R. (1987)- Controles de Mineralización de la Mina el Pilar - Cerro de Pasco. CENTRAMINAS S.A. Reporte Privado.

VALERA L. AUGUSTO. (1986)- Depósitos de Minerales Metálicos.

WOLF DIETER. (1968)- Introducción a la Minerografía. Potosí-Bolivia.

WOLFSON F.I; YAKOLEV P.D (1982)- Estudio de los Campos y Yacimientos Metalíferos. Edit. MIR.



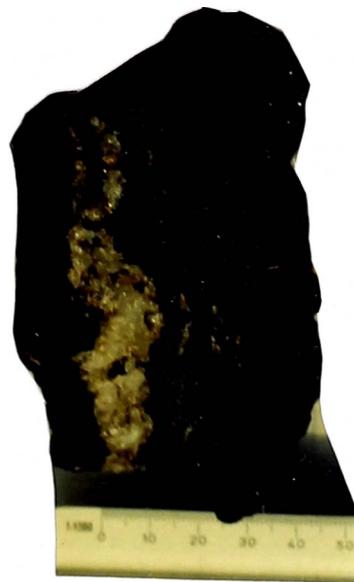
a) Textura brechada: Fragmento de roca alterada en una matriz mineralizada



b) Textura brechada: Fragmento de pirita esfalerita en una matriz de carbonatos y pirita fina.



c) Textura Bandeada: Bandas de pirita, baritina, esfalerita, galena y baritina



d) Textura en Vetillas: Esfalerita atravezada por una vetilla de cuarzo

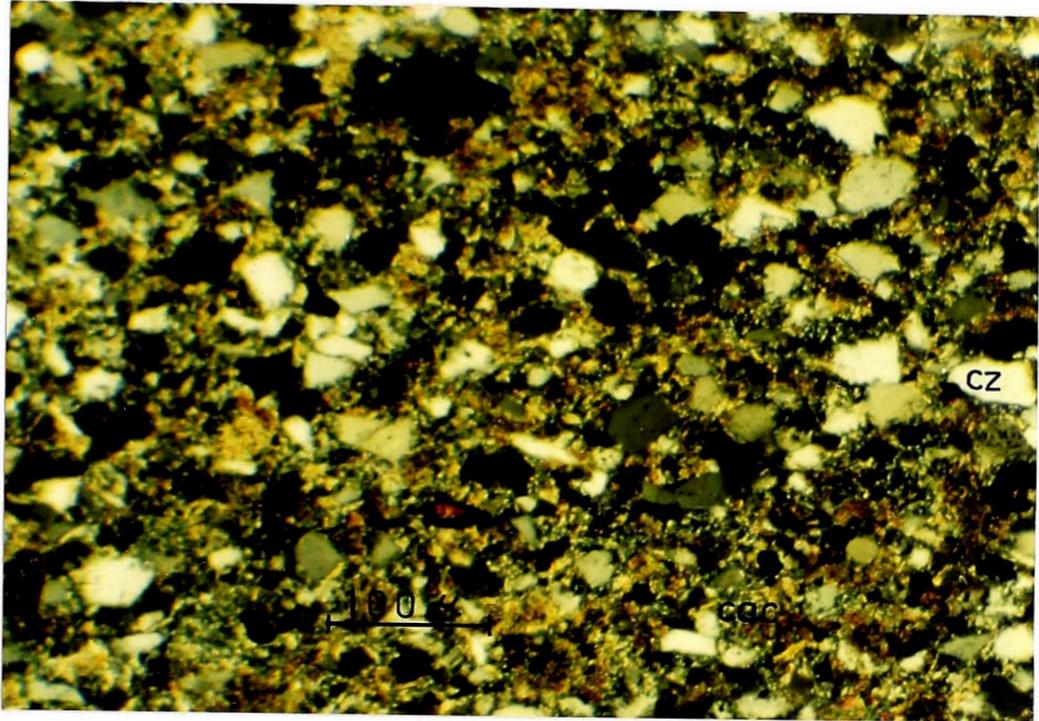


FOTO No. 1: Calcarenita (caliza clástica). Cristales xenomórficos de calcita y cuarzo orientados. Minerales opacos (pirita) relleno las porosidades. 50X.

NICOLES X

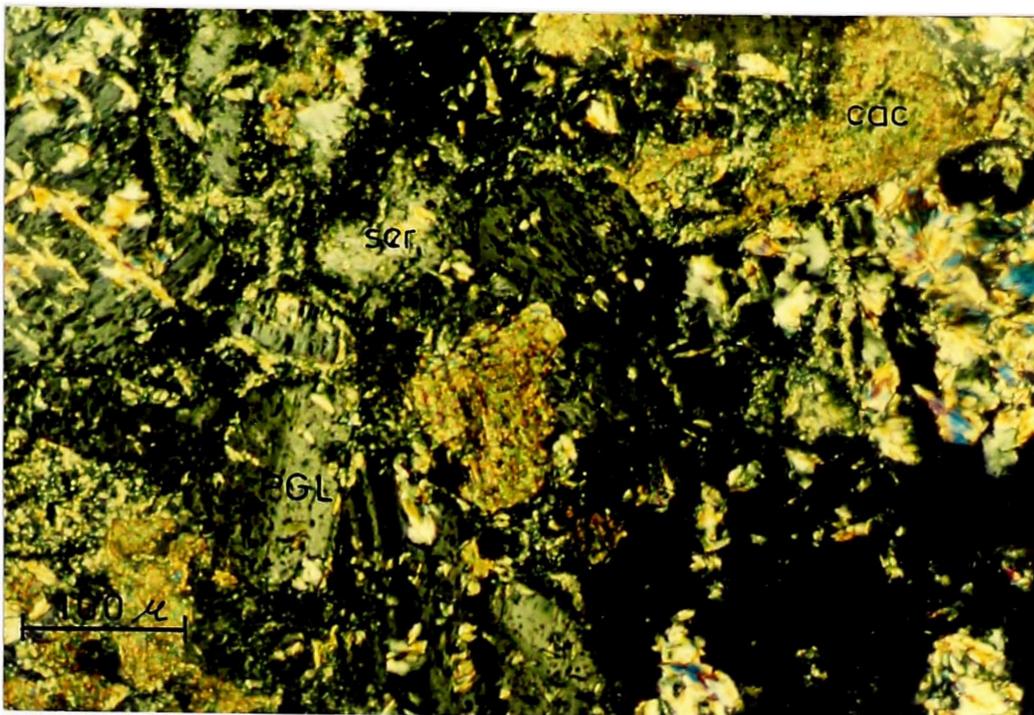


FOTO No. 2: Muestra cerca a la veta Carmen.- Andesita propilitizada. Fenocristales de plagioclasa alterándose a sericita. Hay presencia de clorita, epidota y calcita. 100X

NICOLES X

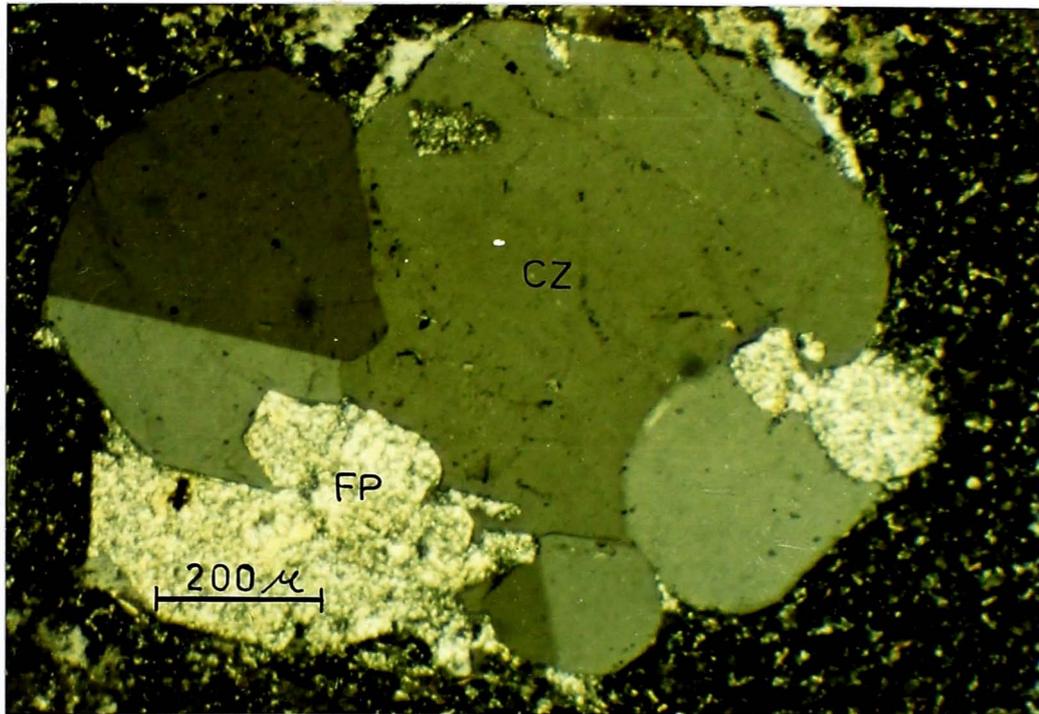


FOTO No. 3: Pórfido cuarcífero feldespático.- Fenocristales subredondeados de cuarzo intercrecido con feldespatos (sanidina) sericitizados en una matriz microcristalina de cuarzo feldespática. 50X

NICOLES X

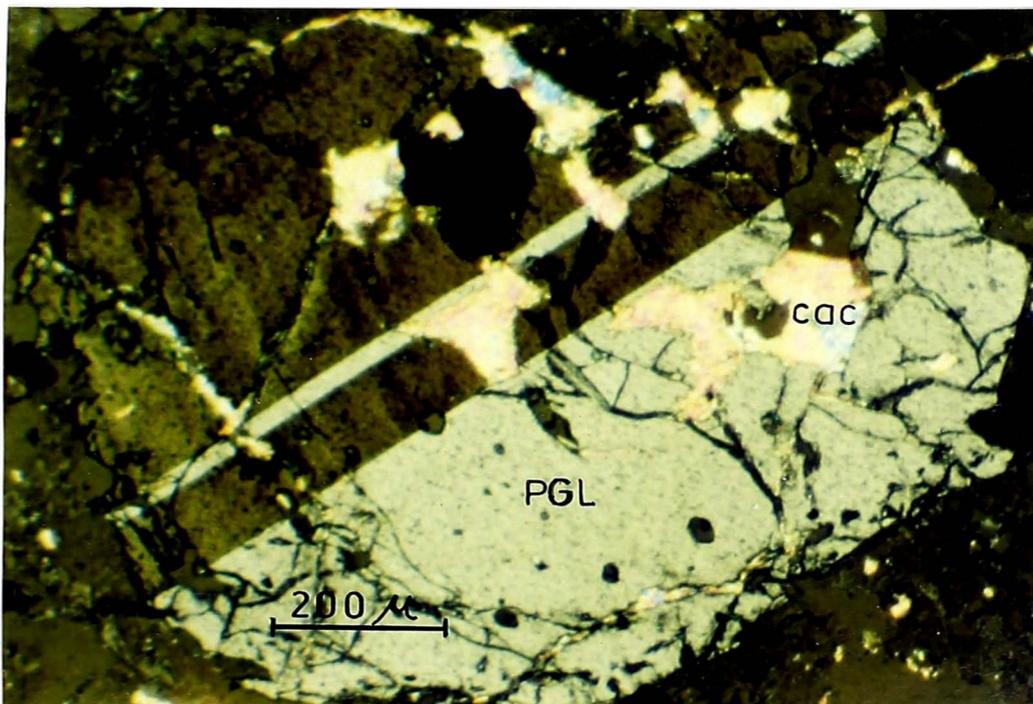


FOTO No. 4: Pórfido andesítico.- Fenocristales de Plagioclasas (labradorita) con macla de albita; rodeado por una pasta de vidrio. Calcita relleno microfracturas y porosidades. 50X

NICOLES X

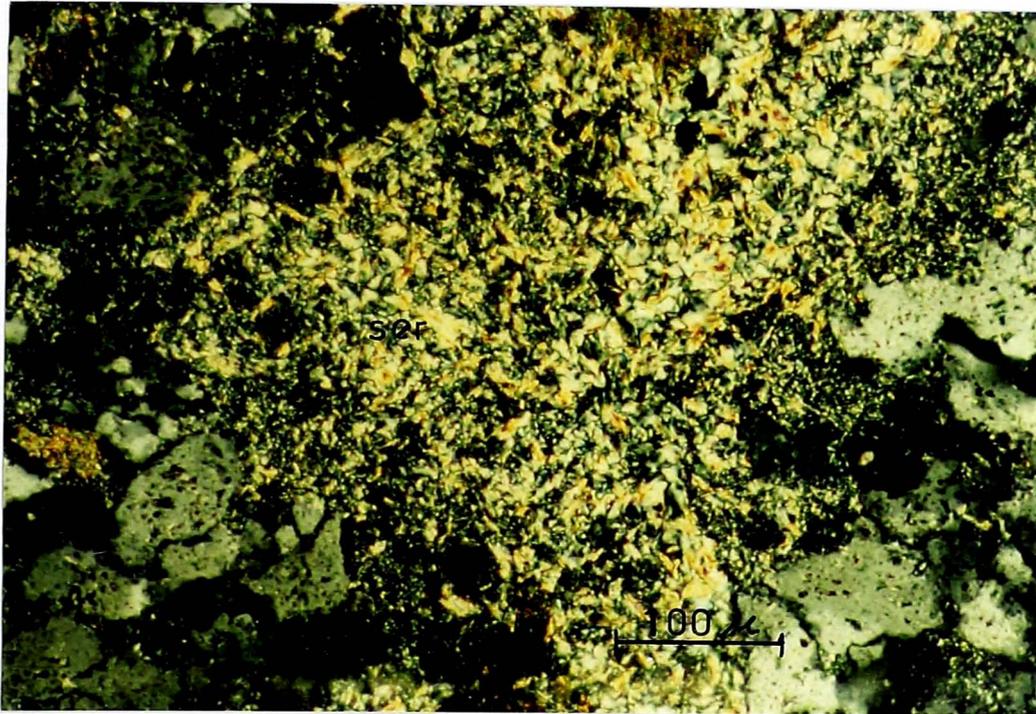


FOTO No. Muestra de roca de caja veta Francisco.- Andesita fuertemente sericitizada. Hay presencia de cuarzo y calcita. 100X

NICOLES X

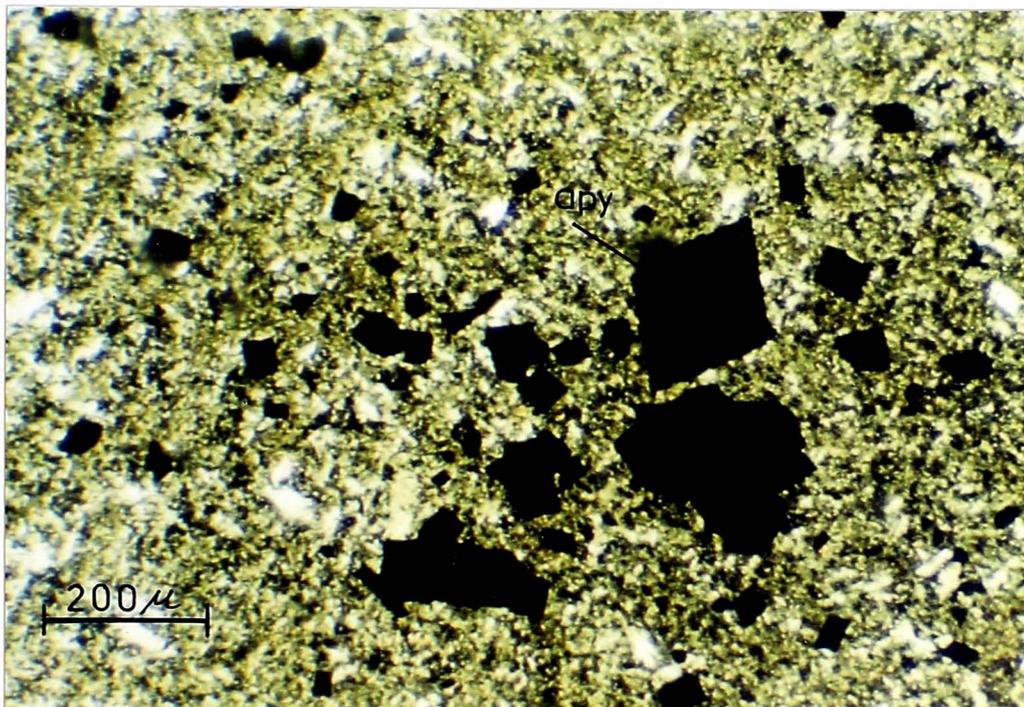


FOTO No. 6: Veta San Francisco.- Alteración sericitica. Cristales sub-idiomorfos de arsenopirita en sericita. 50X (Veta Urano)

NICOLES X

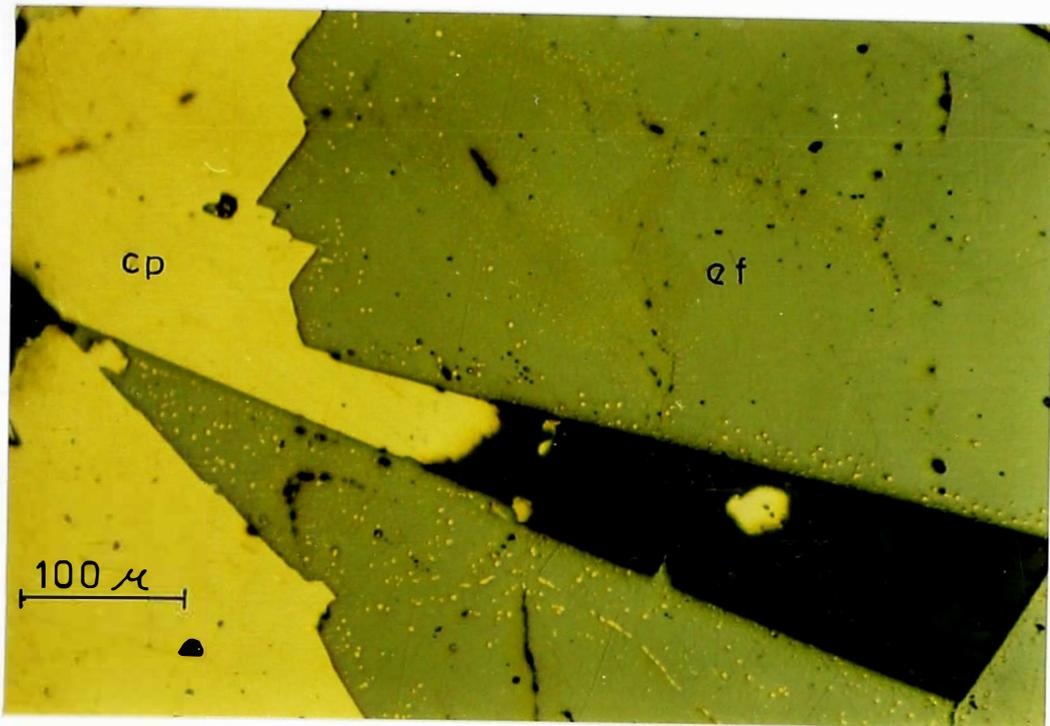


FOTO No. 8: Textura de reemplazamiento, Esfalerita (ef) siendo reemplazada por calcopirita (cp). 100X (Manto Ichuntane)

NICOLES //

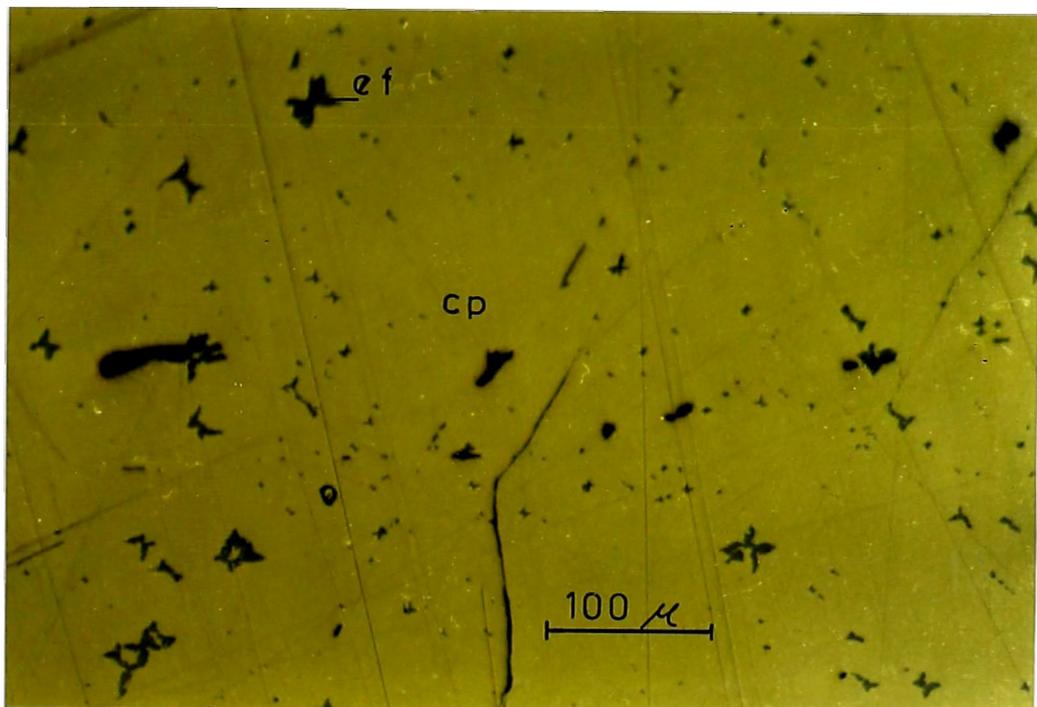


FOTO No. 9: Estrella de esfalerita (ef) en calcopirita. 100X (Manto Ichuntane).

NICOLES X

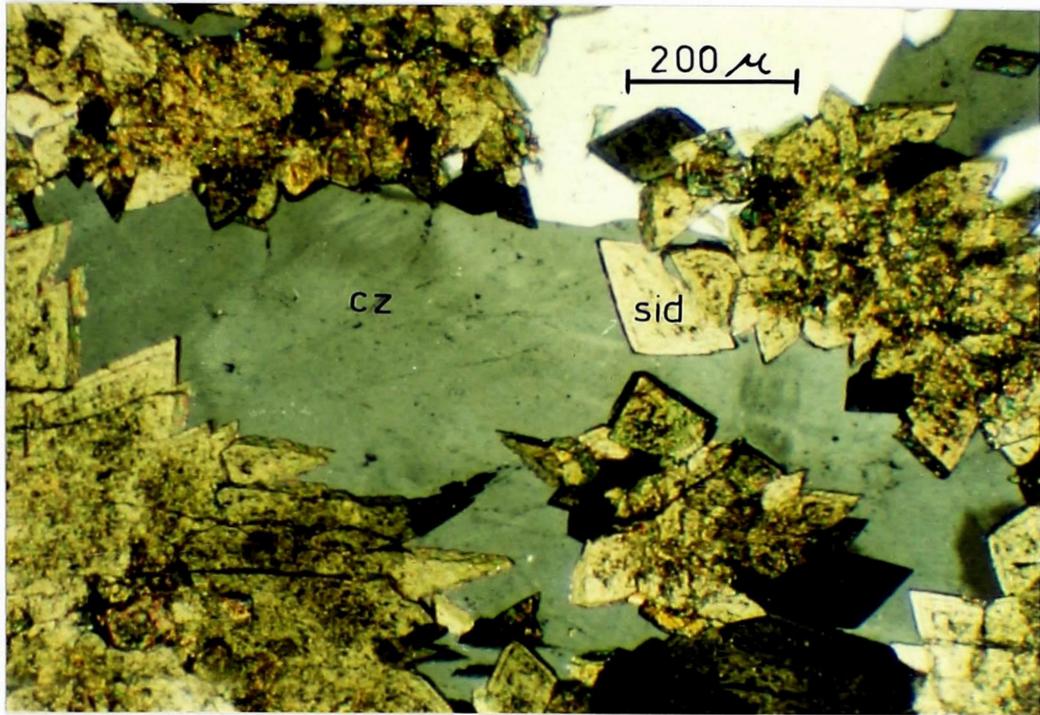


FOTO No. 10: Cristales de cuarzo I, siendo corroído por cristales subhedrales de siderita (sid). 50X (Veta Cármen)

NICOLES X

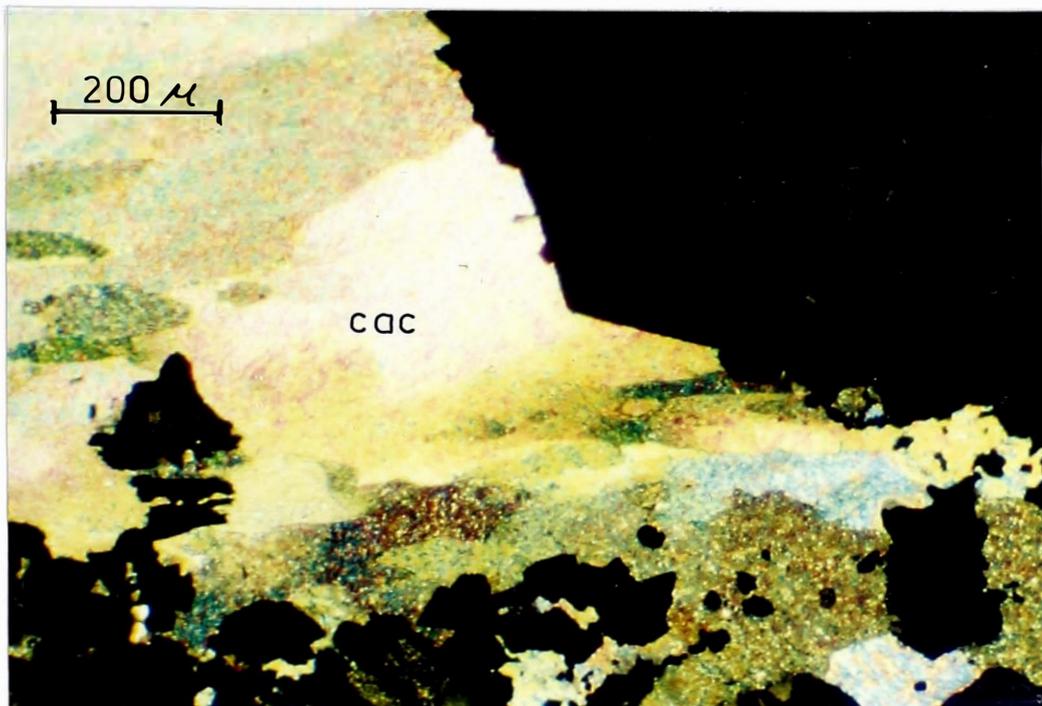


FOTO No. 11: Calcita (cac) relleno microfracturas reemplazando a esfalerita (ef). 50X. (Manto Ichuntane)

NICOLES X

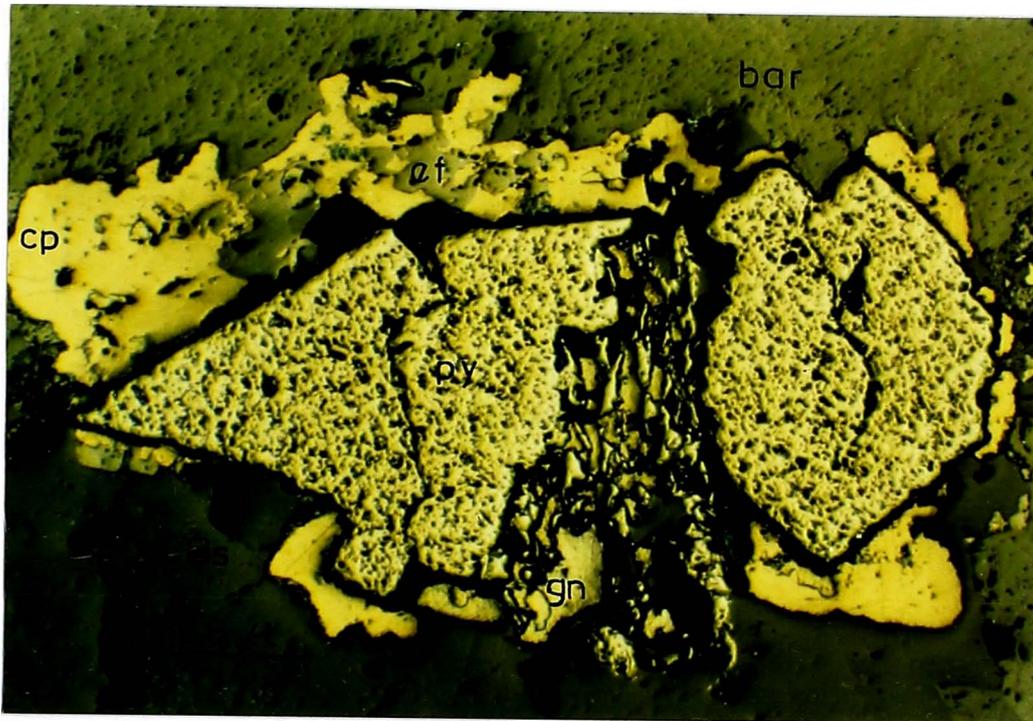


FOTO No. 12: Pirita I, subhedral, microfracturada, rodeada por calcopirita I (cp), rellena por esfalerita (ef) y galena (gn). En playas de baritina (bar) y carbonatos (CBs). 200X (Veta Cármen)

NICOLES //

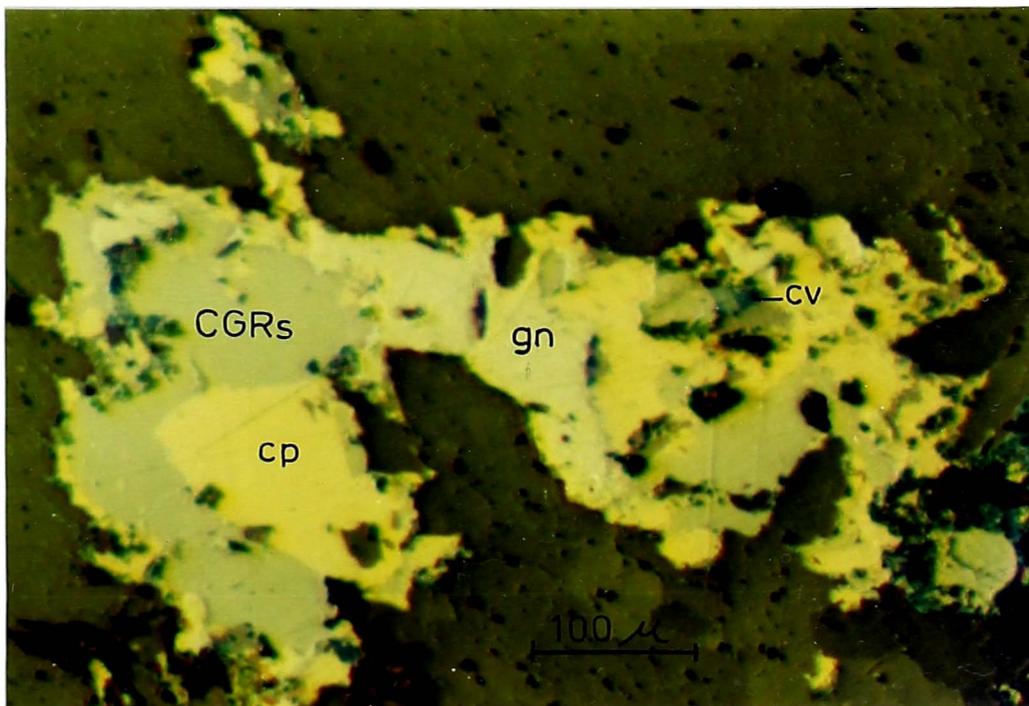


FOTO No. Intercrecimiento en subcorona de calcopirita (cp) y cobre gris (CGRs), ambos corroídos por galena (gn). Calcopirita alternándose a covelita (cv). 100X (Manto Ichuntane)

NICOLES //

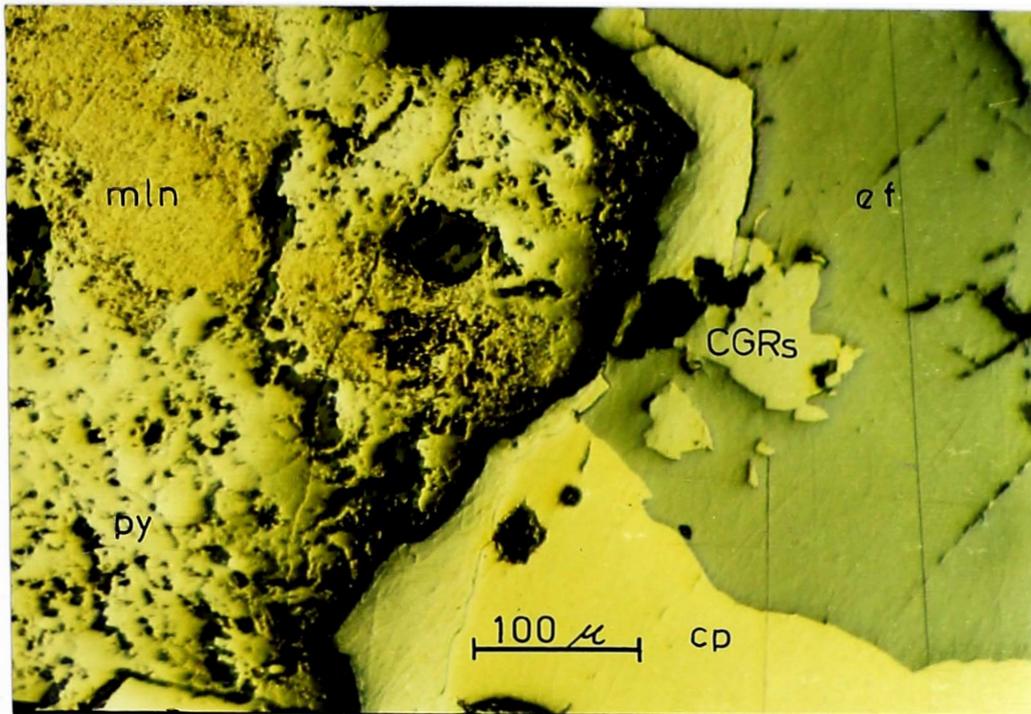


FOTO No. 14: Cobre Gris (CGRs) relleno de espacios vacíos dejados por intercrecimientos de calcopirita (cp), esfalerita (ef) con pirita (py). Melnicovita (mln) cubriendo a pirita. 100X (Veta Urano).

NICOLES //

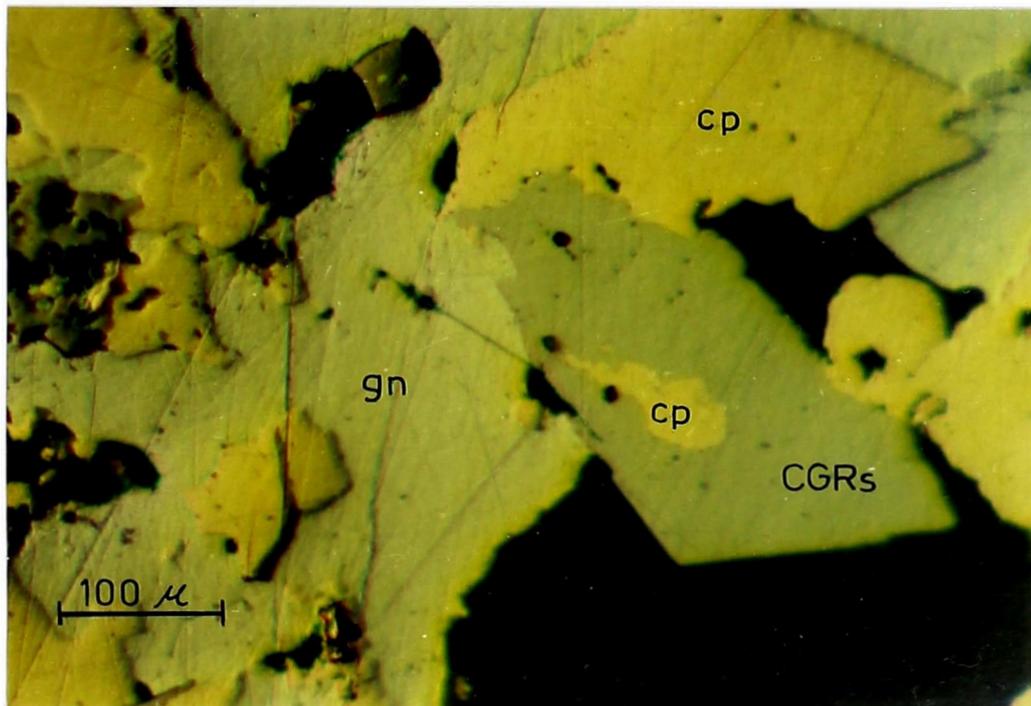


FOTO No. 15: Inclusión de calcopirita (cp) en cobre gris (CGRs). Calcopirita (cp) y cobre gris (CGRs) corroídos por galena (gn). 100X. (Manto Ichuntane).

NICOLES //

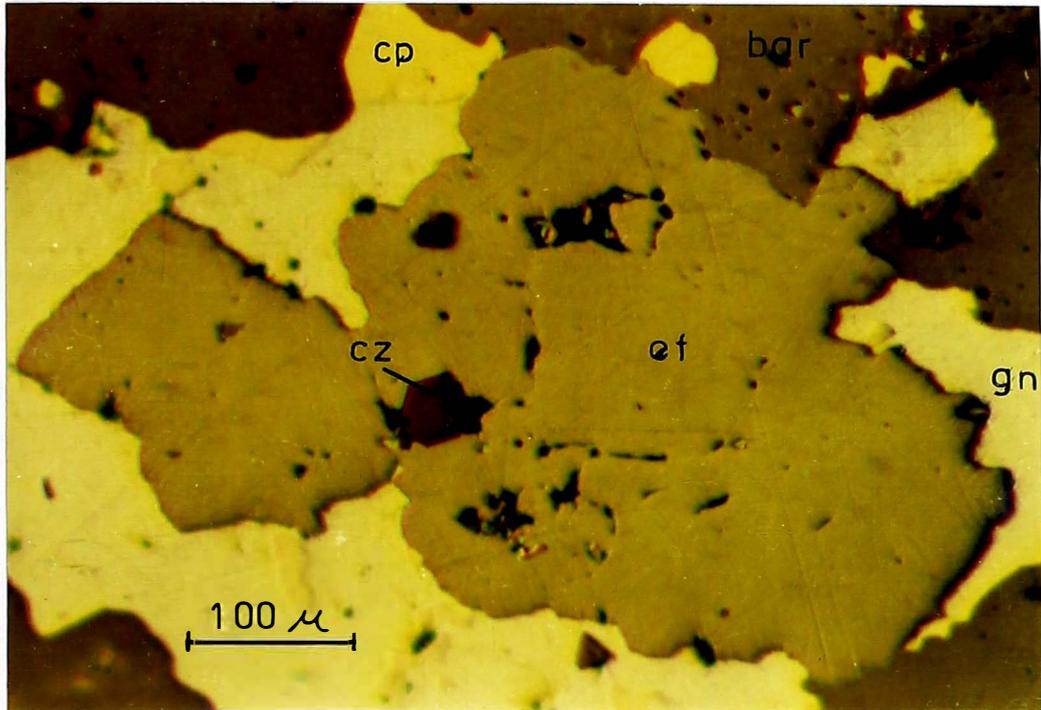


FOTO No. 16: Cuarzo I, incluido en esfalerita (ef). Intercrecimiento en corona de galena (gn) y esfalerita (ef). Inclusiones de Calcopirita I (cp) en galena. 100X (Veta San Francisco)

NICOLES //

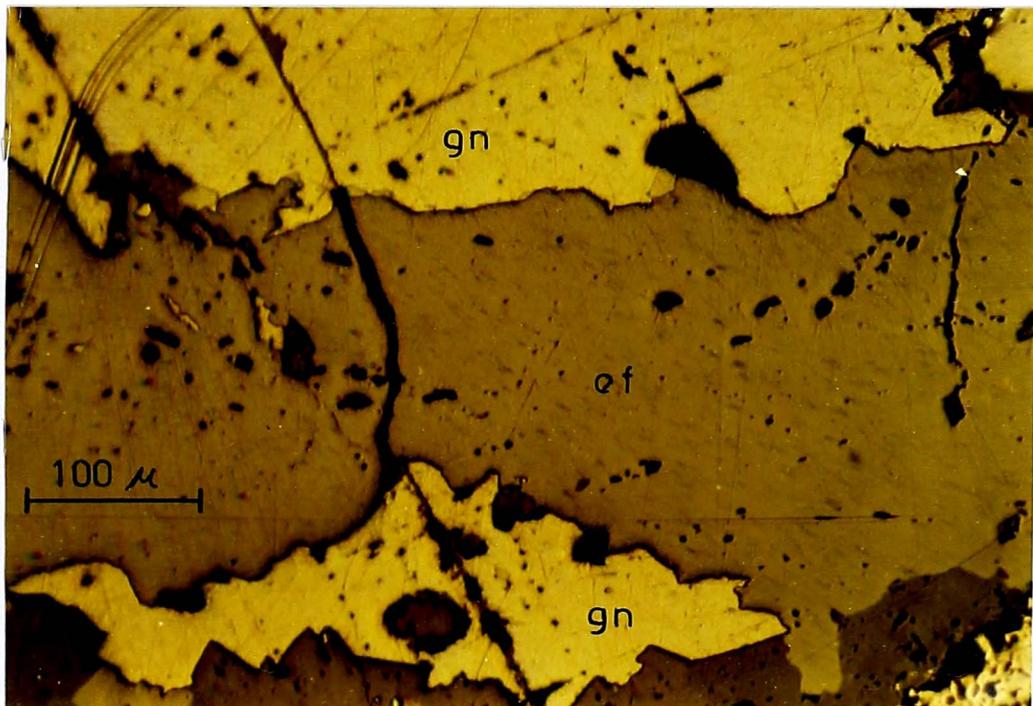


FOTO No. 17: Galena (gn) corroe a esfalerita (ef). 100X (Veta San Francisco)

NICOLES //

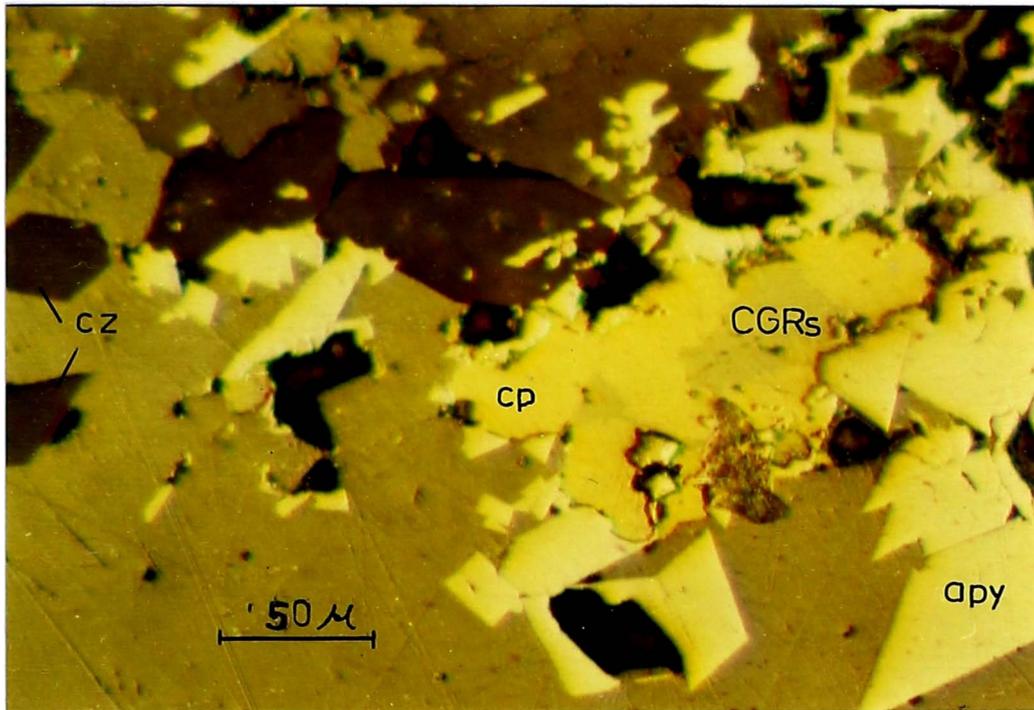


FOTO No. 18: Cristales idiomorfos de cuarzo I (cz) y arsenopirita I (apy) en esfalerita. Calcopirita II (cp) incluyendo a cobre Gris (CGRs). 200X. (Veta San Francisco)

NICOLES //

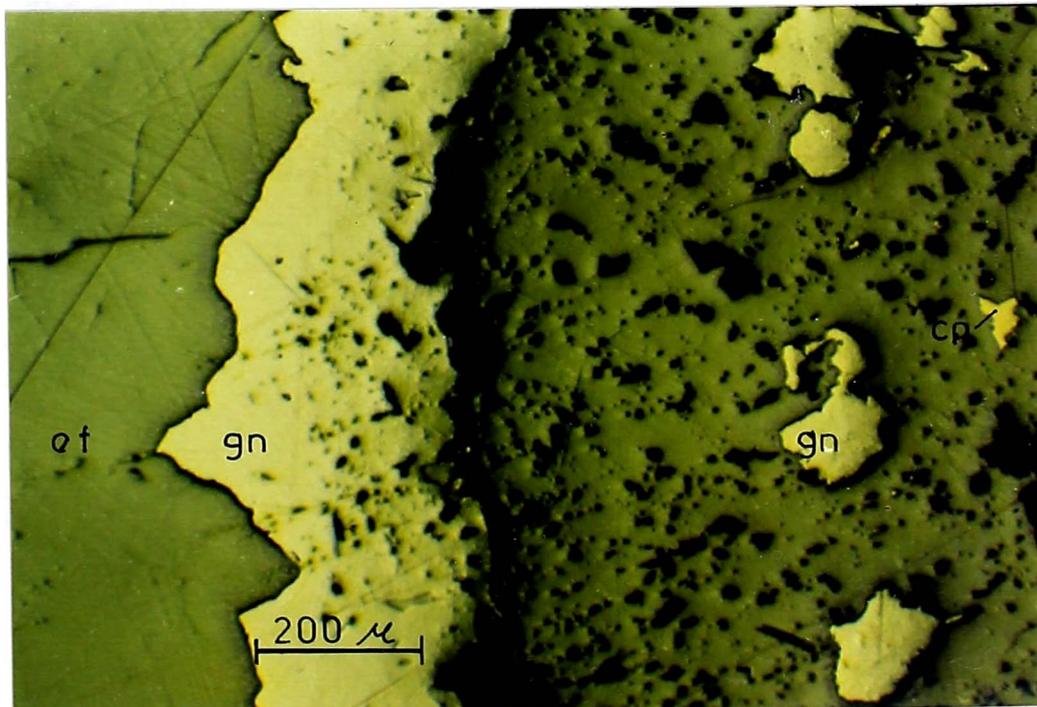
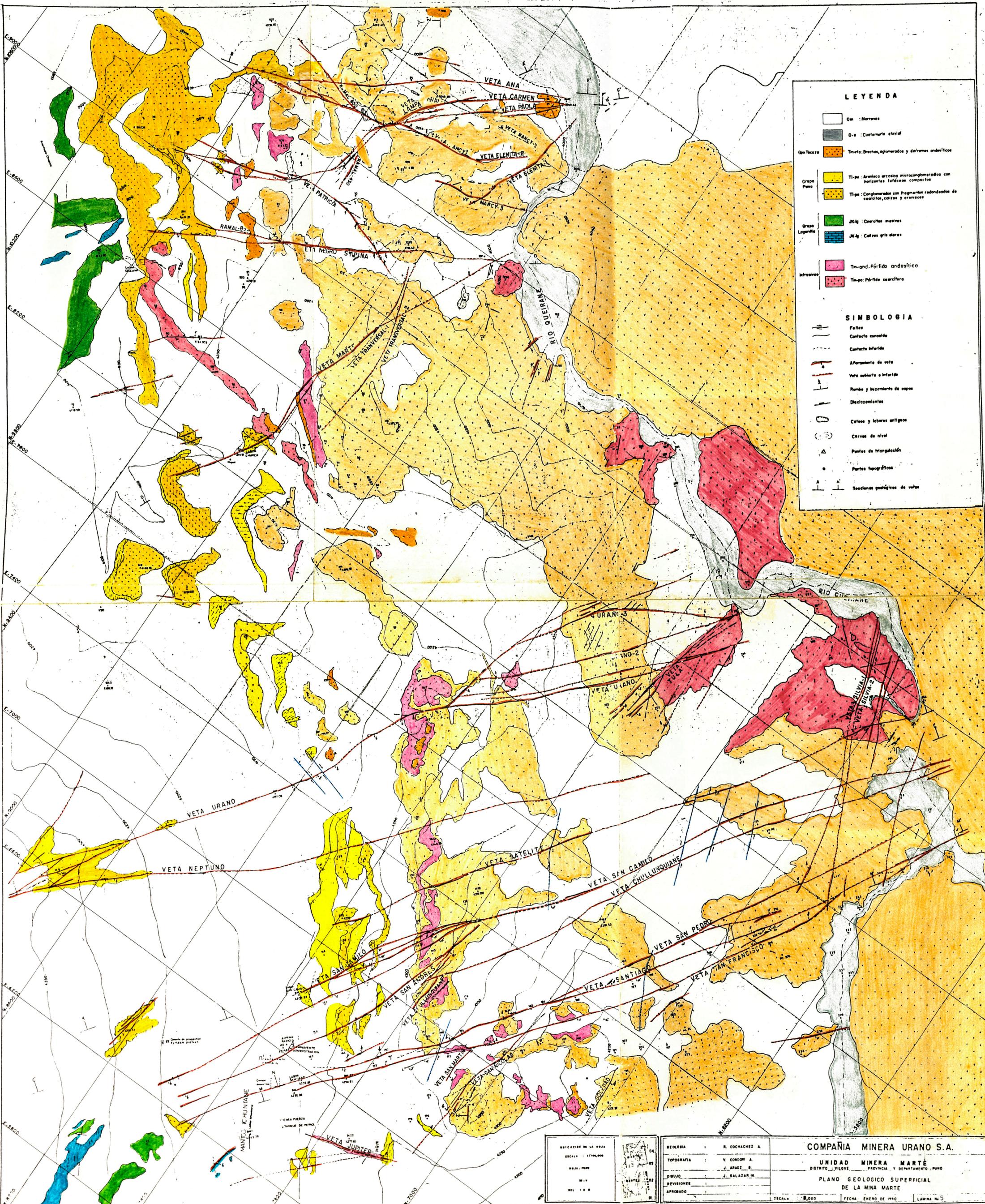


FOTO No. 19: Esfalerita (ef) corroido por galena (gn), calcopirita II (cp) en carbonatos (CBs). 200X (Veta San Francisco).

NICOLES //



**LEYENDA**

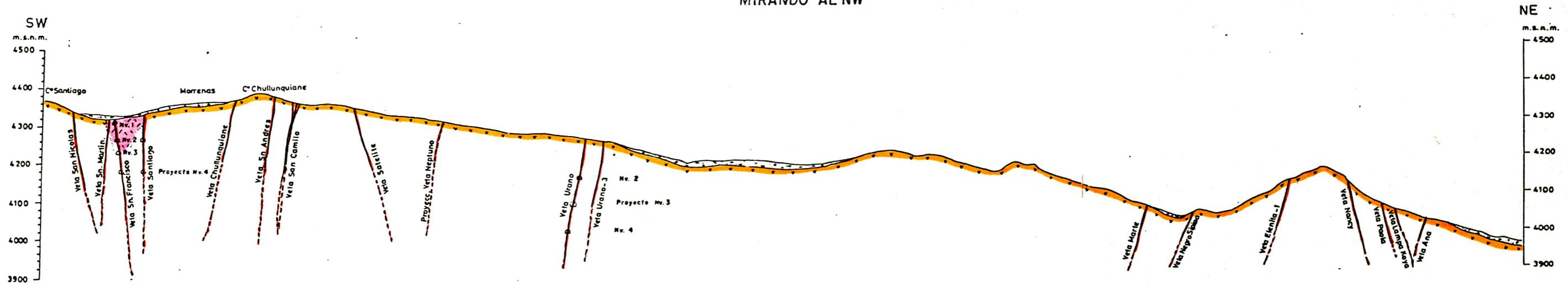
- Qm : Moranas
- Q.e : Cuaternario estival
- Geo.Tecosa : Tl-2: Brechas, aglomerados y detritos andesíticos
- Grupo Pava : Tl-2: Andesita arcuosa microcomglomerada con horizontes fúlficos compactos
- : Tl-3: Conglomerado con fragmentos redondeados de cuarzos, calizas y granates
- Grupo Lagunales : M-3: Cuarzos masivos
- : M-4: Calizas gris azules
- Intrusivos : Tm-and: Pórfido andesítico
- : Tm-p: Pórfido calcáreo

**SIMBOLOGIA**

- Fallas
- Contacto concordante
- Contacto discordante
- Afueramiento de veta
- Veta sobuerta o bifurcada
- Rumba y bezamiento de copes
- Deslizamientos
- Cercos y labores antiguas
- Cercos de nivel
- Puntos de triangulación
- Puntos topográficos
- Secciones geológicas de veta

UBICACION DE LA HOJA ESCALA : 1:750,000 HOJA : P-20 DEL : 1-A-III			GEOLOGIA : R. COCHACHEZ A. TOPOGRAFIA : V. CONDORI A. DISEÑO : J. BALAZAR M. REVISIONES : APROBADO :	<b>COMPANIA MINERA URANO S.A.</b> UNIDAD MINERA MARTE DISTRITO : VILQUE    PROVINCIA : Y DEPARTAMENTO : PUNO <b>PLANO GEOLOGICO SUPERFICIAL</b> <b>DE LA MINA MARTE</b> ESCALA : 1:8,000    FECHA : ENERO DE 1940    LAMINA No. 5
--	--	--	--	--

SECCION TRANSVERSAL Z-Z'  
MIRANDO AL NW



LEYENDA

-  Morrenas
-  Volcanica Andesítica (Grupo Tacaza)
-  Intrusivo hipabisal Pórfido Andesítico

SIMBOLOGIA

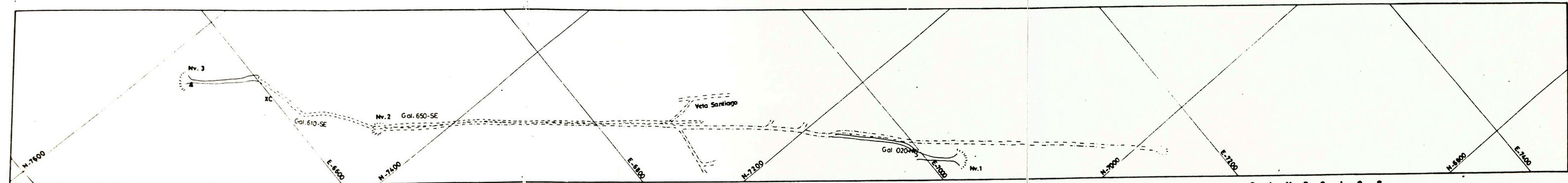
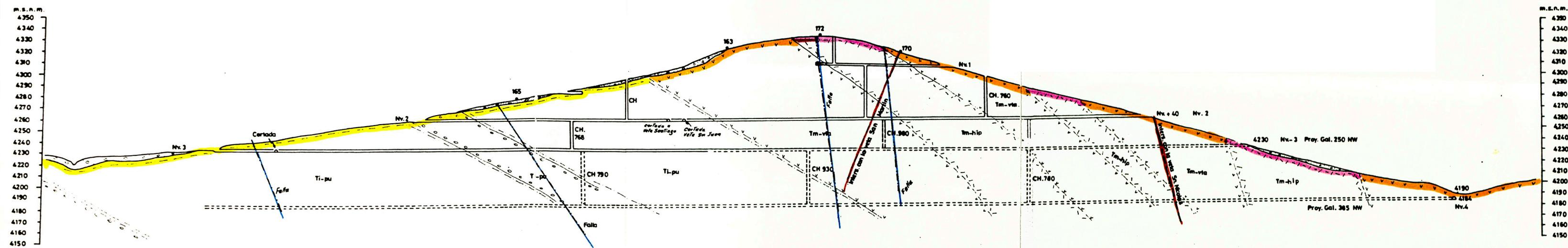
-  Vetas
-  Vetas inferidas
-  Niveles
-  Proyecto niveles



CIA. MINERA URANO S.A. - MINA MARTE

Por: ROMAN COCHACHEZ A.

SECCION LONGITUDINAL M-M'  
 VETA SAN FRANCISCO  
 MIRANDO AL NE



- LEYENDA**
- Q m Morrenas
  - Tm-va Lavas andesíticas, brechas y aglomerados túrdicos
  - Ti-pu Conglomerados con fragmentos subredondeados de cuarcitas, calizas
  - Ti-pu Areniscas microconglomerádicas
  - Tm-hip Intrusivo hipabisal: Porfido andesítico

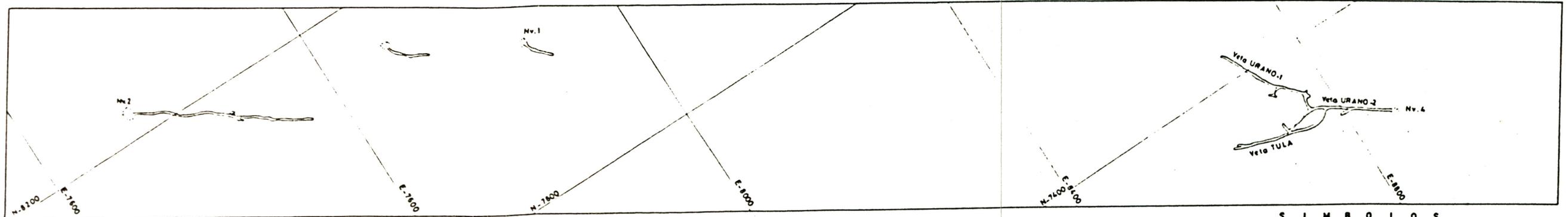
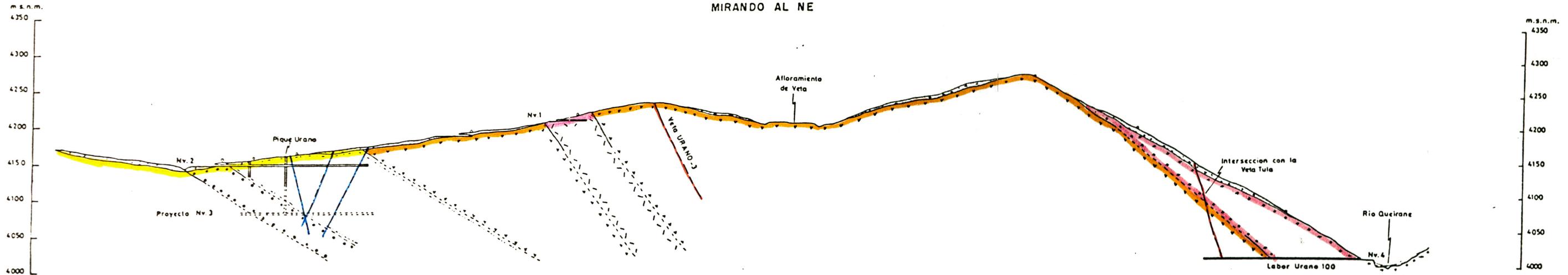


CIA. MINERA URANO S.A. - MINA MARTE

POR: R. COCHACHEZ A.

- SIMBOLOS**
- Contacto inferido
  - Afloramiento de vetas
  - Proyecto de galerías y cortadas
  - Punto topográfico
  - Galerías y piques antiguos
  - Fallas

SECCION LONGITUDINAL J-J'  
VETA URANO  
MIRANDO AL NE



LEYENDA

- Q m Morrena
- Tm-via Lavas andesíticas, brechas y aglomeradas tufáceas
- Tr-pu Conglomerados con fragmentos subredondeados de cuarcitas, calizas
- Tr-pu Areniscas micraconglomerádicas
- Tm-hip Intrusiva hipabisal: Pórfido andesítico



CIA. MINERA URANO S.A. - MINA MARTE

POR : R. COCHACHEZ A.

SIMBOLOS

- Contacto interido
- Alloramiento de vetas
- Proyecto de galerías y cortados
- Punto topográfico
- Galerías y piques antiguos
- Fallas

Fig. 37