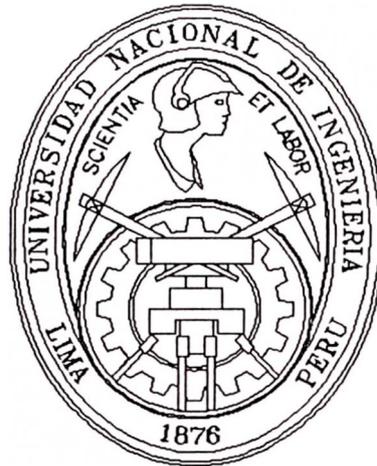


# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA  
MINERA Y METALURGICA



## **"Mineralización del Yacimiento Aurífero Calpa"**

**INFORME DE INGENIERIA**

Para Optar el Título Profesional de :  
**INGENIERO GEOLOGO**

**JAIME ZAMBRANO VALLES**

Lima - Perú  
1995

A MIS PADRES ELISEO Y TERESA  
A MIS HERMANOS  
EN RECONOCIMIENTO POR EL  
CONTINUO APOYO

## TABLAS

1	Producción a la fecha	10
2	Procedencia del mineral tratado	10
3	Composición Química de diferentes andesitas de la Cordillera Occidental	25
4	Estructuras mineralizadas agrupadas por sistemas de vetas	33
5	Abundancia de Minerales (en % de los sulfuros totales), a base de un promedio mensual	43
6	Diferentes generaciones de Pirita	46
7	Porcentajes de Recuperación de Flotación, Cianuración y total por años	62
8	Número de Muestras analizadas para Planta de Beneficio	63
9	Número de Muestras promedio diario analizadas para mina	65
10	Resultados Metalúrgicos de los últimos cuatro años	70
11	Análisis Cuantitativos de Sulfuros de Hierro	73
12	Interpretación de los Valores de la Tabla N <sup>o</sup> 11	74
13	Resultados del análisis Espectrométrico	80
14	Promedio anual del Ratio de Concentración	82
15	Análisis de las diferentes zonas de la ganga en el nivel 2143, galería 280 Oeste, veta Celia	87
16	Relación de S: Fe de la zona central, lugares de mayores Leyes	101

## FIGURAS

1	Condiciones de formación de algunos minerales de Hierro.	4
2	Columna Estratigráfica (anexo)	
3	Esquema normal de la diferenciación y diagramas T - X y P - T	17
4	El ciclo Magmatico en tiempo y espacio	18
5	El ciclo Magmatico relacionado con la profundidad y ciertos tipos de yacimientos de minerales	20
6	Mineralización relacionado al sub-magma siálico - Palingénico (esquemático)	21
7	Esquema del zonamiento de las alteraciones hipógenas de rocas	27
8	Método de tratamiento de Oro vs. su granulometría	55
9	Relación de Oro vs. Arsénico para Piritas escogidas de varias minas	56
10	Ley de Cabeza, Ley de Concentrados y relación Ag: Au	66
11	Desarrollo del pH y Eh durante el ciclo de cristalización	86
12	Esquema paragenético para la mineralización en Calpa	91
13	Fases de la cristalización de un magma	94
14	Composición de la Pirrotita en función a a actividad del Azufre y Temperatura	98
15.	Relaciones Isotermal de las fases en el sistema Fe-As-S.	100

## MICROFOTOGRAFIAS

Muestra K - 129	1
Muestra E - 125	2
Muestra E - 125	3
Muestra I - 132	4
Muestra I - 134	5
Muestra E - 125	6
Muestra F - 119	7
Muestra E - 107	8
Muestra F - 4	9
Muestra E - 108	10
Muestra G - 115	11
Muestra F - 117	12
Muestra E - 120	13
Muestra E - 107	14
Muestra E - 107	15
Muestra D - 127	16
Muestra D - 127	17
Muestra D - 127	18
Muestra K - 129	19
Muestra E - 107	20
Muestra K - 129	21
Muestra F - 118	22
Muestra K - 129	23
Muestra K - 129	24

## MICROSONDAS

Muestra F - 4	Fe vs As ; Cu vs As	1
Muestra K - 129	Ag vs As	2
Muestra K - 129	Ag vs Cu	3
Muestra K - 129	Au vs Fe ; Fe vs As	4
Muestra K - 129	Fe vs As	5
Muestra K - 129	Fe vs As	6
Muestra E - 122	Fe vs As	7
Muestra E - 122	Ag vs Au ; Ag vs As	8
Muestra F - 1	Fe vs As	9
Muestra F - 1	Cu vs As	10
Muestra F - 39	Cu vs As	11
Muestra I - 133	Ag vs Cu	12
Muestra K - 136	Fe vs As	13
Muestra E - 107	Fe vs As	14

## PLANOS

Ubicación Geográfica	1
Geología Yacimiento Calpa	2
Sistema de Vetas	3
Curvas de Isovalores Veta Norte Uno	4
Curvas de Isovalores Veta Julio	5
Curvas de Isovalores Veta Coqueta	6
Curvas de Isovalores Veta Celia	7
Ubicación de Muestras Nivel 2227	8
Ubicación de Muestras nivel 2184	9
Ubicación de Muestras Nivel 2143	10
Ubicación de Muestras nivel 2100	11
Ubicación de Muestras Nivel 2020	12
Ubicación de Muestras nivel 1950	13

## I N D I C E

0	RESUMEN	1
1	INTRODUCCION	6
	1.1 Generalidades	7
	1.2 Objetivos y Alcances	8
	1.3 Método de Trabajo	8
	1.4 Reseña Historia	9
	1.5 Trabajos Anteriores	10
2	GEOLOGIA REGIONAL	11
	2.1 Estratigrafía	11
	2.2 Evolución Magmatica	16
	2.3 Tectonica	22
3	GEOLOGIA LOCAL	23
	3.1 Stock Andesítico de Calpa	24
	3.2 Alteraciones Hipógenas	26
	3.2.1 Alteración Propilítica	27
	3.2.2 Alteración Sericita	28
	3.2.3 Alteración Argilítica Intermedia	29
	3.2.4 Alteración Potásica	30
	3.2.5 Alteración Piritización	30
	3.2.6 Alteración Silicificación	31
	3.3 Geología Estructural	31
4	MINERALIZACION	33
	4.1 Zonamiento del Yacimiento	36
	4.1.1 Zona de Lixiviación	37
	4.1.2 Zona de Oxidación	38
	4.1.3 Zona de Enriquecimiento Supérgeno (Secundario)	38
	4.1.4 Zona de Mineral Primario	38
	4.1.5 Zona de Enriquecimiento Hipógeno	40

4.2	Descripción de los Minerales	36
4.2.1	Pirita	42
4.2.2	Calcopirita	47
4.2.3	Pirrotita	49
4.2.4	Bornita, Covelita y Calcopirita	49
4.2.5	Minerales Accesorios	50
4.3	Control de Calidad del Mineral	60
4.3.1	Recuperación del Oro	60
4.3.2	Muestreo Mina	63
4.3.3	Planos de Muestreo	65
4.4	Trabajos de Investigación	66
4.4.1	Investigaciones con Microsonda	69
4.4.2	Espectrometría	78
4.4.3	Pruebas Metalúrgicas	81
4.4.4	Microscopía	83
4.4.5	Paragénesis	85
4.5	Evaluación de los Controles e Investigaciones	94
4.5.1	Resumen de Resultados	95
4.5.2	Interpretación de los Resultados y Conclusiones	97
5	RECOMENDACIONES	107
6	ANEXO	
6.1	Microfotografías	
6.2	Microsonda (Curvas de las Medidas)	
6.3	Planos	
7	BIBLIOGRAFIA	

## 0 RESUMEN.

El presente estudio es parte de una serie de trabajos de desarrollo e investigación en conjunto con la actividad minera de Minera Aurífera Calpa S.A. en el sur-oeste del Perú y se parte con un marco geológico-petrográfico para el presente yacimiento aurífero de Calpa, de la cristalización diferenciada de un magma toleítico-basáltico.

Las rocas intrusivas y extrusivas de la familia calcoalcalina de la región tienen su origen en este magma, que ha producido -después de una posterior diferenciación intermedia- las Granodioritas, las Andesitas del stock de Calpa con Monzonitas cuarcíferas y Riolitas como también finalmente Andesitas de grano fino en la cercanía de Caravelí. Estas rocas se puede correlacionar a los correspondientes ciclos magmaticos de la evolución tectónica-magmatica de magmatismo inicial hasta el final. A la fase subsecuente corresponde también la fase residual con los componentes volátiles, los cuales se habían acumulado en el techo de la cámara de un sub-magma granodiorítico. De esta fase residual se habían formado en la continuación de la cristalización fraccionada los yacimientos minerales, que están según su evolución ubicados en varias franjas

metalogenéticas diferenciadas en sentido más o menos paralelamente.

Así forman los depósitos auríferos de origen magmático en el espacio circum-pacífico un doble cinturón, en el Perú el interior (hacia el pacífico) en la Cordillera Occidental y el exterior en la Cordillera Oriental. Este espacio circúm-pacífico con sus yacimientos auríferos preferencialmente relacionados a las Andesitas, se designa también de vez en cuando por su aún reciente actividad magmática como "Ring of fire" (anillo de fuego).

A este marco -elaborado por C. RODRIGUEZ F. (1993)- continúa el presente estudio que trata sobre todo de la mineralización en Calpa (las alteraciones hipógenas también trató C. RODRIGUEZ F. (1993)). El presente trabajo es parte de las experiencias que se pudo recopilar durante la operación de 15 años por Minera Aurífera Calpa S.A. y está orientada en especial a la minería práctica y en ese sentido preferentemente a la relación "Pirita y Mineralización Económica". Como resultado de un trabajo de aproximadamente 2 años (investigaciones sistemáticas con microsondas, microscopía de secciones pulidas y láminas delgadas, espectrometría, análisis petrográficas y pruebas metalúrgicas) se presenta lo siguiente en forma condensada:

La distribución según tiempo y espacio de los más importantes elementos (Fe, S, As, Cu) para el yacimiento Calpa como también para elementos asociados (Cu,  $WO_3$ , Ni, Co y Ag) es definido;

La distribución de los minerales individuales y las condiciones de su formación son elaboradas;

Esencial para la futura operación en la Empresa serán los conocimientos sobre el "oro invisible" (refractario) que se han obtenido por éste estudio, o sea la asociación del oro primario de 0,1 u con el arsénico en forma rítmico-cíclico en los contornos de la Pirita II y III. La mineralización ocurría probablemente en tres etapas (hipógenas):

Una pre-fase de la "mineralización" que había traído las alteraciones de la roca encajonante más una Pirita temprana (Pirita I) y subordinado algo de Pirrotita.

Una fase principal de los sulfuros, casi exclusivamente con las dos generaciones de Pirita II (los núcleos) y III (los contornos con arsénico y el oro "invisible")

Una fase posterior de los polimetálicos que es sin importancia en Calpa. Esta fase es separada de la fase principal por eventos tectónicos, que han dejado las Piritas II y III con cataclasas bien marcadas.

La siguiente figura según CH. MEYER y J.J. HEMLEY en H. L. BARNES (1967) trata de reconstruir el carácter de las soluciones mineralizantes respecto a las concentraciones de azufre y oxígeno como también al pH.

El yacimiento aurífero Calpa se le puede clasificar como epigenético, subvolcánico e hidrotermal y se relaciona con el volcanismo subsecuente siálico-palingénico. La deposición del oro primario habrá

ocurrido al final de la segunda fase de mineralización con temperaturas de 250 - 200°C.

La precipitación del oro visible (aquí es considerado como una redeposición) más bien a sido probablemente con temperaturas entre 200 - 175°C, o sea durante condiciones epitermales.

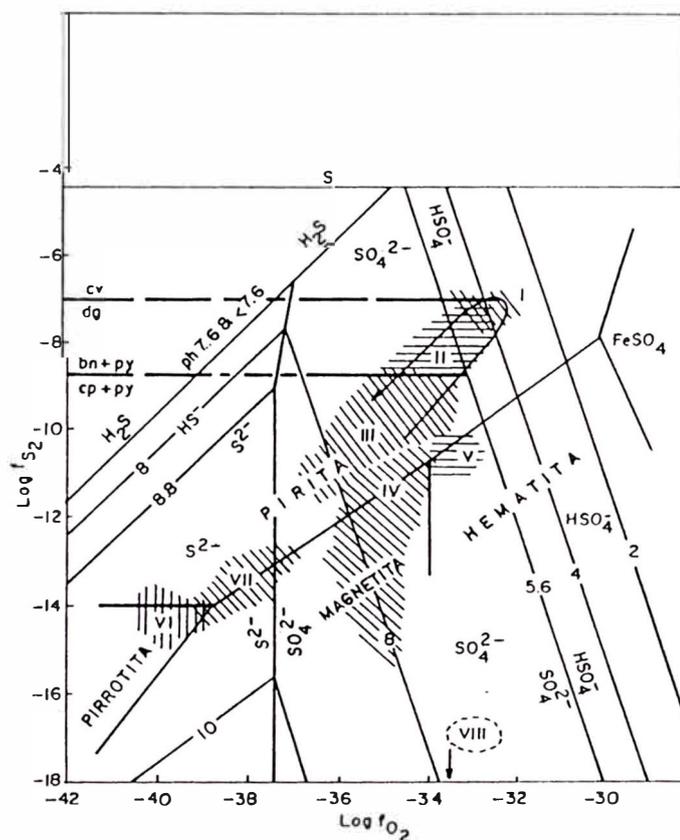


Figura N° 1 Condiciones de Formación de algunos minerales de hierro según CH. MEYER Y F.F. HEMLEY en H.L. BARNES (1967).

Los resultados de este trabajo especialmente lo que se refiere al oro invisible (refractario) contribuirá en un futuro cercano a la desición sobre proyectos que la

Empresa tiene en relación a una mejora en la recuperación del oro; así mismo ayudará a definir la dimensión óptima de la operación. Con todo esto, este trabajo aportará datos básicos y fundamentales para una operación moderna y económica de largo plazo.

## 1 INTRODUCCION

El presente estudio es la recopilación de toda la información necesaria durante los últimos dos años para desarrollar el plan de investigación que se viene realizando en Minera Aurífera Calpa S.A. a través del Departamento de Geología por encargo de Gerencia General y está orientado sobre todo a la mineralización en el yacimiento Calpa y en sentido preferencial a la relación "Pirita y Mineralización Económica" que contribuirán en un futuro cercano a la toma de decisiones sobre proyectos que la Empresa tiene para mejorar la recuperación del oro y definir la dimensión optima de la operación de tal manera que sea moderna y económica a largo plazo.

Los trabajos de investigación fueron realizados en el Perú y en Alemania (en la Universidad Técnica Clausthal Zellerfeld y en el Servicio de Geología y Minería (BGR) en Hannover).

### 1.1 Generalidades

El yacimiento Aurífero Calpa se encuentra ubicado en el flanco Oeste del batolito costanero y en la provincia metalogenética Nazca-Ocoña, a una altura de 2000 msnm y a 56 km al Nor-este de Atico y 45 km al Oeste de Caravelí. Políticamente pertenece al distrito de Atico, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa (plano 1).

La coordenadas geográficas son:

Longitud Oeste 73° 33' 30"

Latitud Sur 15° 46' 30"

El clima es seco y árido típico de estas zonas en donde las precipitaciones pluviales estan restringidas a los meses de Enero, Febrero y Marzo en forma esporádicas.

El acceso desde la ciudad de Lima en camioneta es de aproximadamente 10 horas con una distancia de 757 km el cual se detalla:

De	A	Distancia(km)	vía	tiempo
Lima	Atico	701	asfaltada (panam. sur)	8h. 40min.
Atico	Desvio	40	afirmada	1h. 00min.
Desvio	Calpa	16	carrozable	0h. 20min.
Lima	Calpa	757		10h. 0min.

## 1.2 Objetivos y Alcances

El objetivo para el presente trabajo es la determinación de la mineralización económica haciendo una diferenciación de los minerales (principalmente de los tipos de Pirita) y la correspondiente paragénesis según el zonamiento del yacimiento y de esta manera dar un aporte para una futura optimización en la recuperación del oro. Adicionalmente este estudio servirá como trabajos para la obtención del Título de Ingeniero Geólogo.

## 1.3 Método de Trabajo

Para el presente estudio se realizó la recopilación de información bibliográfica inicialmente, luego se procede a efectuar un extenso muestreo sistemático de las diferentes labores (galerías, chimeneas, etc. con sus respectivos planos, del mismo modo se toman muestras compositas de estas labores (aproximadamente 40 kg) para la realización de las pruebas metalúrgicas respecto a flotación, cianuración y tostación, dichas pruebas se realizaron en el laboratorio de la Empresa. Posteriormente se toman muestras de mano de las diferentes estructuras para realizar las

investigaciones a través de la microsonda, espectrometría, microscopía -con láminas delgadas y secciones pulidas- ésta es realizada en parte en Alemania en la Universidad Técnica Clausthal-Zellerfeld por intermedio del Dr. S. STEPHAN. Finalmente se efectúa las interpretaciones pertinentes.

#### **1.4 Reseña Histórica**

La operación minera en el yacimiento Calpa se inicia por el año 1935 con la Cerro de Pasco Corporation, luego pasa a propiedad de Compañía Minera Caravelí y posteriormente a Consorcio Minero del Perú S.A. que realiza sus trabajos de exploración, desarrollo, explotación y beneficio del mineral (llegaron a tratar 280 t/día) que suspendió todos sus trabajos en el año 1963 y pasan sus bienes al Banco Minero del Perú a la unidad San Juan de Lucanas.

A partir del año 1978 el Sr. Marius Calmet Sampen adquiere los derechos de las concesiones del yacimiento Calpa iniciándose de inmediato los trabajos de rehabilitación necesarios para ir luego paulitanamente incrementándose de acuerdo a los logros obtenidos a la actual operación de 850 t/d.

De informes anteriores se hace un resumen en forma global la producción en la tabla 1.

año	mineral t	extraído g Au/t
1935 - 1963	1 200 000	12,50
1964 - 1968	cerrado	
1979 - 1993	1 040 000	5,29
1935 - 1993	2 040 000	9,15

Tabla N° 1 Producción a la fecha

Dicho mineral se extrajeron de las siguientes vetas:

vetas	t	%
Hilo	837 671	37
Norte Uno	478 138	21
Sin Nombre	369 385	17
Julio	212 114	9
Coqueta	105 170	5
Buena Vista	61 293	3
San Miguel	41 797	2
Celia	36 715	2
Norte Dos	21 231	1
Otros (*)	76 486	3

(\*) Comprenden la vetas Don Ernesto, Athala, San Lorenzo, Buen Paso, Julio tres, M, Juliana, San Juan, Indio, Vizcacha.

Tabla N° 2 Procedencia del mineral tratado hasta la fecha

### 1.5 Trabajos Anteriores

Del Yacimiento Calpa se tienen pocos trabajos realizados entre ellos están el estudio que hizo O. GALARZA A. (1967) titulada "Estudio zonal de la mina Calpa", después están los trabajos regionales editados por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico, Boletines 34 y 37.

De igual manera existe una tesis presentado por C. RODRIGUEZ F. (1993) que trata sobre las "Alteraciones de Roca, Zonamiento Metalogenético y su Importancia para la Explotación del Yacimiento Aurífero Calpa" en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Los demás trabajos son informes internos realizados por Consorcio Minero del Perú y de Minera Aurífera Calpa en actual operación.

## 2 GEOLOGIA REGIONAL (ver plano N° 2)

Las rocas de la región están constituidas por metamórficas, sedimentarias y volcano-sedimentarias que van desde el Precambriano hasta el cuaternario reciente. Dentro de la región no se han observado rocas del Paleozoico, sólomente se tiene rocas del Precambriano; esta suposición se basa porque en las zonas que pertenecen el Paleozoico.

### 2.1 Estratigrafía (Ver figura N° 2)

#### Complejo Basal (Precambiano)

Según BELLIDO Y NARVAEZ (1960) son rocas metamórficas que conforman el basamento y están constituídas por gnéis, granitos potásicos con estructuras gnéisicas, diques de composición básicas a intermedia. La exposición de éstas

rocas se encuentran en las cercanías de Atico y Caraveli.

#### **Formación Caravelí (Paleoceano sup.-Eoceno inf.)**

Depósitos de carácter molásico, representada por acumulaciones de pie de monte como consecuencia de un intenso ciclo erosivo que siguió al levantamiento regional, como resultados de la primera fase de la tectónica andina. Litológicamente está representada por conglomeraciones medianos, lutitas tobáceas, arenisca de grano fino y delgadas capas de ceniza volcánica bien compactada.

Esta formación es constituida por tres miembros (de abajo hacia arriba) Cruz Blanca, Cuno-Cuno y Altos de Calpa, donde los miembros inferior y superior están constituidas por gruesas secuencias conglomerádicas, fácilmente deleznable, mientras que el miembro intermedio son clásticos bien estratificadas y compactas. Los miembros yacen entre ellas con discordancia erosional y ésta formación suprayace en discordancia erosional a rocas del batolito de la costa y del complejo Bella Unión e infrayace a la formación Huaylillas.

Sus afloramientos son observados en las inmediaciones de la localidad de Caravelí en los cerros Pan de Azúcar, Indio Viejo e India Vieja situados al sur-este del campamento minero de Calpa.

#### **Formación Huaylillas (Mioceno superior)**

Nombre dado por WILSON Y GARCIA (1962) en el estudio realizado del cuadrángulo de Huaylillas con una litología constituida principalmente por toba dacíticas y riolíticas. En la región los afloramientos se extienden hacia el nor-este de Calpa y en las pampas de Bon Bon al sur-este de Calpa. Esta formación suprayace en discordancia erosional al batolito de la costa. La edad se determina por las relaciones estratigráficas en la zona; pero se han hecho dataciones radiométricas en Arequipa (14 M.A.), en Moquegua (12,5 M.A. y en cuajone (16,8 y 14,8 M.A.) de donde se deduce que pertenecen al mioceno superior (en boletín 37 del INGEMMET).

#### **Formación Millo (Plioceno inferior)**

VARGAS (1970) fue quién dió ese nombre a unos afloramientos en la quebrada Millo en el

cuadrángulo de Arequipa. En la zona la litología esta constituida por conglomerados, areniscas, tobas y cenizas volcánicas y estan expuestas al sur del campamento de Calpa en los cerros Pan de Azucar y Repartición. Se le asigna al Plioceno inferior por la relación estratigráficas ya que suprayace en discordancia erosional a rocas del batolito de la costa y del complejo Bella Unión e infrayacen al volcánico Sencca.

#### **Volcánico Sencca (Plioceno medio)**

La denominación se debe a MENDIVIL (1965) al describir los afloramientos de rocas piroclásticas depositadas en forma levemente horizontal en el fondo de la quebrada Sencca, en la región de Maure (Tacna-Puno). Litológicamente está constituidas en el área de estudio por riocitas. Sus afloramientos se exponen al Norte en los cerros de la quebrada Cachica y hacia el Sur en los cerros Pan de Azucar y Repartición. Los volcánicos Sencca suprayace en discordancia erosional a la formación millo y en otros casos sobre una superficie de erosión subhorizontal a rocas intrusivas plutónicas e hipabisales. La edad es asignada al Plioceno medio a superior basada no sólo por su relación

estratigráfica sino también por las edades radiométricas comprendidas entre 4,3 y 2,0 M.A. (en boletín 37 INGEMMET).

#### Rocas Igneas

Estas rocas corresponden al 50% de los afloramientos en el área de estudio, coincidentes con la unidad geomorfológica de la cadena costera.

#### Rocas Hipabisales

##### Complejo Bella Unión (Cretáceos medio-superior)

Nombre dado por J.CALDAS (1978) al describir un gran volumen de rocas subvolcánicas, en la localidad de Bella Unión (cuadrángulo de Acarí) donde intruye a formaciones del cretáceo inferior-medio. Litológicamente esta constituida por una brecha de intrusión de naturaleza andesítica a dacítica en grandes bloques angulosos a sub-angulosos, desarrollados mecánicamente durante su emplazamiento, los mismos que están intruidas por plutones y diques de andesitas porfiríticas piritizadas.

Se le asigna una edad entre cretáceo medio o superior debido a las relaciones estratigráficas.

## **Rocas Intrusivas**

### **Super Unidad Langan (Cretáceo Superior)**

Constituídas por Granodioritas y Monzonitas que se exponen al Norte y Sur de Calpa. Esta super unidad según dataciones radiométricas efectuadas por NERC (The Natural Environment Council de Gran Bretaña), se le asigna una edad de 97 M.A.

### **Super Unidad Incahuasi (Cretáceo Superior)**

Compuesta principalmente por intrusivas tonalíticos, granodioríticos y dioríticos, originados por fases de pulsaciones magmaticas pero en la zona central de esta super unidad es constituidas por una asociación de granodiorita y tonalita, es difícil de delimitar mediante un contacto, debido a que son mayormente gradacionales.

Por mediciones radiométricas por el método K-Ar, efectuada por los r. W.PITCHER y J.COBBING le asignan una edad de 95 A.M.

## **2.2 Evolución Magmatica**

El yacimiento aurífero filoneano Calpa está ubicado en la franja aurífera del Sur-este del Perú (Nasca-Ocoña).

Según C.E. RODRIGUEZ F. (1933) la evolución magmática en la región partió de un magma "normal" de una composición toleítica-basáltico hacia un sistema residual que contiene como componentes principales silicatos alcalinos-aluminos más las soluciones hidrotermales. Este desarrollo normal de la diferenciación según V.W. GOLD SCHMIDT (1922) en H. BORCHERT (1967) es mostrada en la figura N° 3.

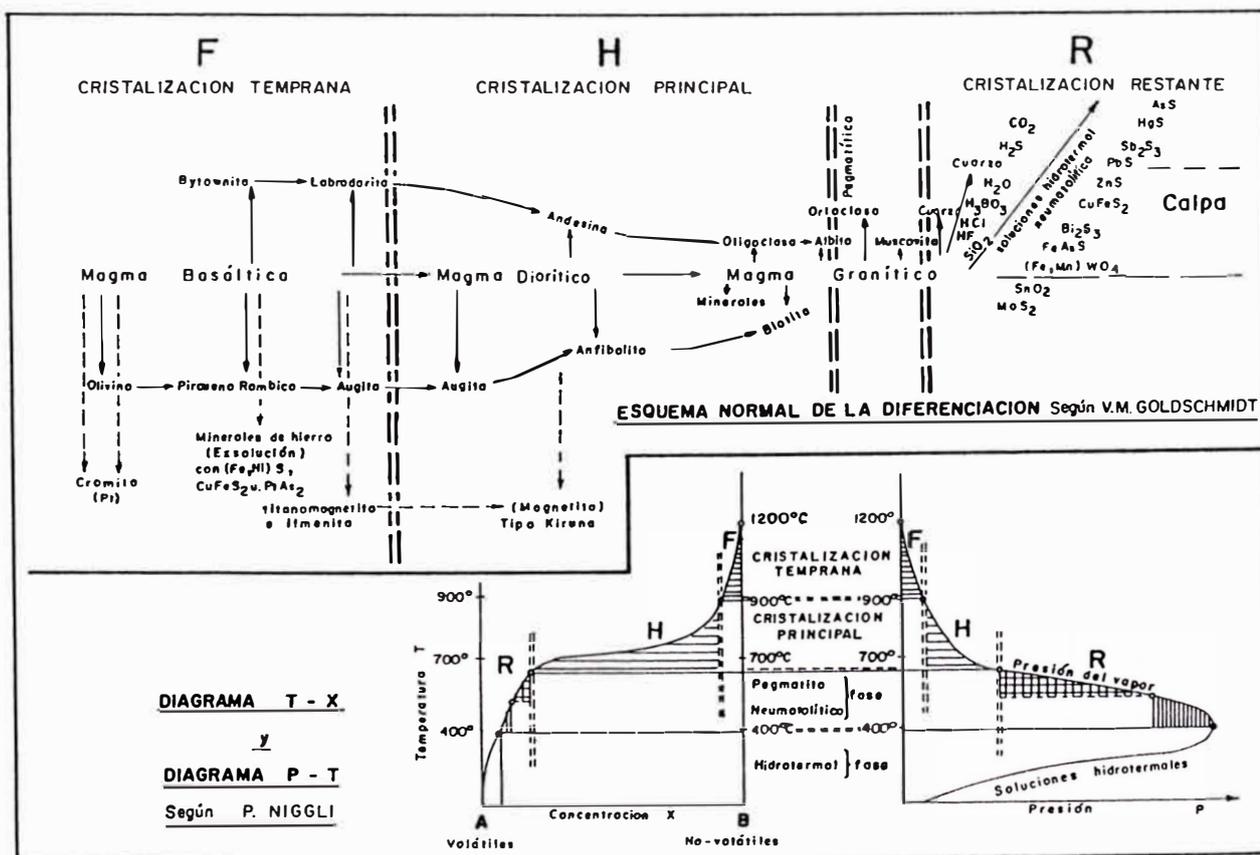


Figura N° 3 Esquema Normal de la Diferenciación según V.M. GOLDSCHMIDT y Diagramas T-X y P-T según P.NIGGLI

Según C.E. RODRIGUEZ F. (1933) el desarrollo del ciclo magmatico progresa en ésta región hacia al Este y produce como producto de esta evolución.

- El Gran Batolito como producto de un magmatismo sin-orogénico tardío; las rocas mayormente están constituidas por Granodioritas.
- Andesitas extrusivas más hacia el Este y Dioritas Cuarcíferas de una fase intrusiva con alto contenido de sílice pertenecen al magmatismo subsecuente junto con la posterior mineralización económica, esta como un producto residual de la diferenciación en el Sur-oeste del Perú.

En la figura N° 4 se resume en forma esquemática el ciclo magmatico y sus características en tiempo y espacio según H. BORCHERT (1967).

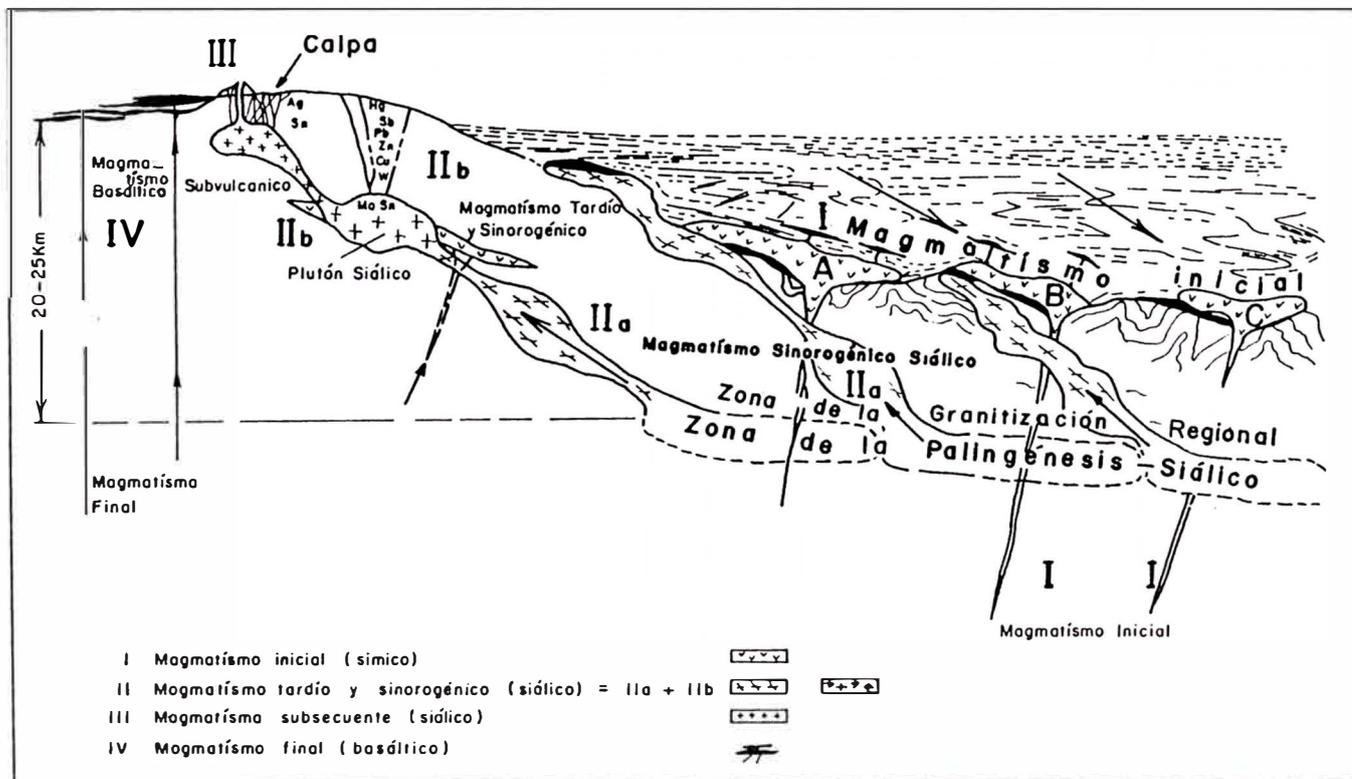


Figura N° 4. El ciclo magmatico en tiempo y espacio según H. BORCHERT (1967).

Las riodacitas como productos ácidos de un magmatismo subsecuente provenían directamente de las Granodioritas.

Un magmatismo final produjo las Andesitas finas en las cercanías de Caravelí, cerrando así el ciclo magmático.

Aparentemente se puede relacionar el magmatismo inicial y final con un magma juvenil-basáltico; y el volcanismo tardío hasta post-oregénico y el subsecuente con la formación de las Granodioritas y Riodacitas por un lado y las andesitas más las dioritas por un lado y las andesita más las dioritas cuarcíferas, inclusive la mineralización hidrotermal por el otro; corresponde aquí las fase principal y residual de un sub-magma de carácter siálico-palingénico.

La fig. N° 5 relaciona estos eventos magmáticos tectónicos para la región Sur-oeste del Perú.

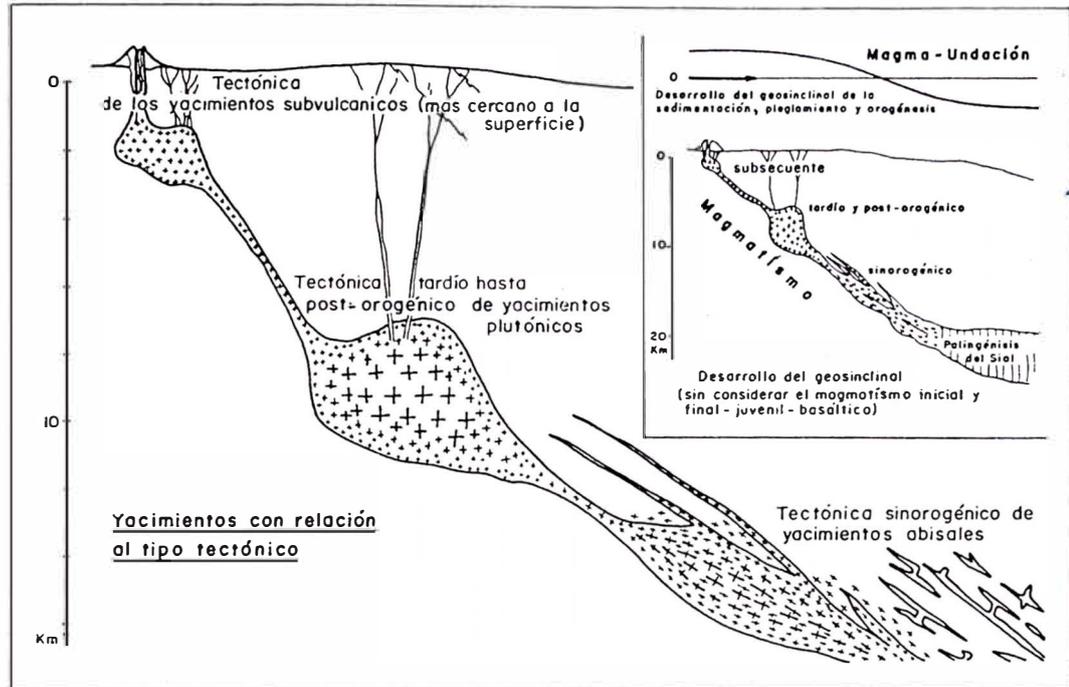


Figura N° 5 El ciclo magmático relacionado con la profundidad y ciertos tipos de yacimientos de minerales según BORCHERT (1967)

La composición química de las diferentes rocas en Calpa indica una evolución hacia los productos residuales de la diferenciación del magma granodiorítico (o sea toléitico-basáltico con asimilación de componentes palingénicos) con mayor contenido de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{K}_2\text{O}$  con una disminución en  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}$  y  $\text{TiO}_2$ . Estas tendencias se pueden observar hasta en los últimos paquetes de la ganga.

Se asume para la evolución en Calpa una temperatura para la cristalización de las primeras plagioclasas de  $800^\circ\text{C}$  y para la

terminación de los máficos primarios 600°C. Las Dioritas cuarcíferas se habrían formado con temperaturas hasta de 400°C a las cuales siguen después los procesos de alteraciones (en Calpa es representado por la silicificación, argilitización, sericitización y una alteración potásica). Esta temperatura también será para la formación de los primeros minerales en las fisuras. La figura N° 6 relaciona la mineralización con el submagma de carácter siálico-palingénico en Calpa. Aquí se considera la mineralización aurífera definitivamente como el proceso brevemente en este capítulo, o sea se clasifica el yacimiento aurífero Calpa como hidrotermal subvolcánico y epigenético.

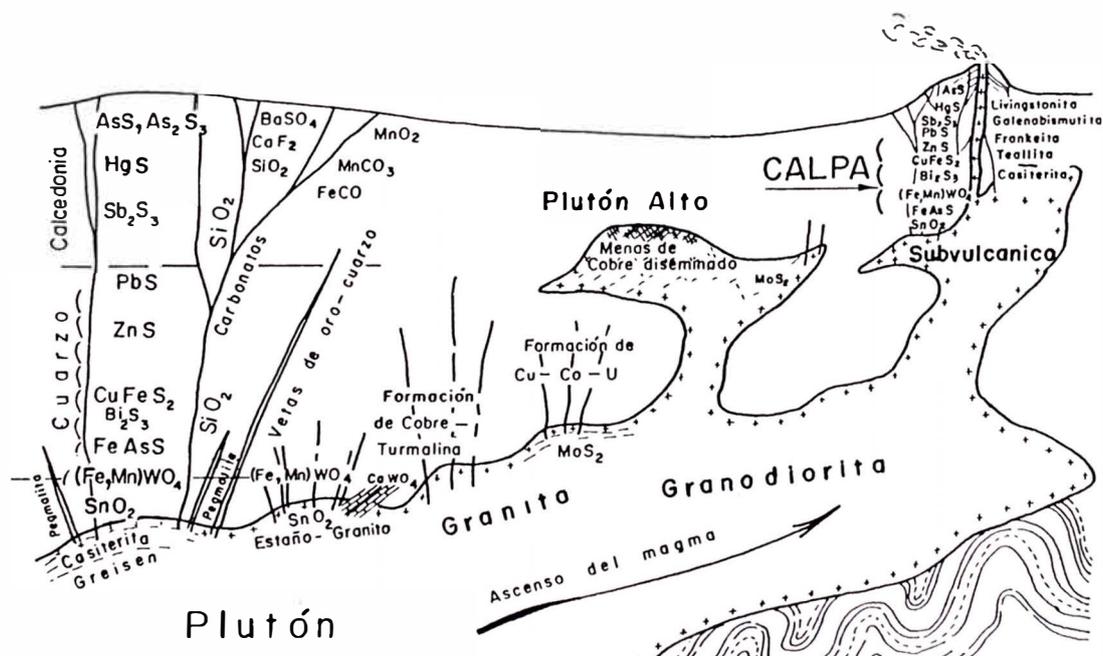


Fig. N° 6 Mineralización rrelacionado al submagma siálico-palingénico (esquemático) según H.BORCHERT (1959)

### 2.3 Tectónica

La actividad tectónica de la Cadena de los Andes se inicia con una serie de eventos desde el Cretáceo superior hasta la actualidad caracterizados por una sedimentación marina, continental o volcano-sedimentaria (según época y lugares) y que son afectados por fallamientos, plegamientos y magmatismo en donde las estructuras del área relacionadas con estos eventos y teniendo un alineamiento NO-SE.

En el Cretáceo superior se originan plegamientos y un levantamiento en la región -movimiento peruano- al mismo tiempo que se emplazan las rocas hipabisales del Complejo Bella Unión y posteriormente continua con el emplazamiento del batolito costanero. A fines del Eoceno se origina la Fase Incaica una de las más intensa de los movimientos andino que produce plegamiento de las rocas terciarias y de otras más antiguas, en donde las estructuras toman el rumbo andino NO-SE. Posteriormente se produce a fines del Mioceno el movimiento "Quechuan" caracterizado por fallamientos en la zona costera y levantamiento en la zona de Caravelí y estos eventos se manifiestan por la presencia de las discordancias erosivas.

### 3 GEOLOGIA LOCAL

En el yacimiento aurífero Calpa la litología está constituida principalmente por rocas andesíticas del Complejo Bella Unión que a su vez están intruidas por rocas plutónicas de la super unidad Linga y suprayaciendo a estas rocas se tiene a los volcánicos Sencca.

COMPLEJO BELLA UNION constituida por andesitas que forman la roca encajonante de las estructuras mineralizadas de este yacimiento que se emplaza en el flanco Oeste del batolito de la costa en una franja extensa con una dirección aproximada de NO-SE. La característica principal de estas rocas andesíticas es la alteración gradual (desde una leve sericitización hasta una descomposición completa) y zonal (alteración intensa cerca a las vetas y disminuyendo con la distancia a las estructuras en una tenue propilitización. Las andesitas son de color gris verdoso hasta gris oscuro.

SUPER UNIDAD LINGA son rocas granodioríticas del batolito de la costa y según C.E. RODRIGUEZ F. (1933) en Calpa se presentan bastante frescas y no muestran ninguna alteración. Las plagioclasas frecuentemente son zonadas, con un núcleo anortítico y los contornos son andesita hasta oligoclasa, estas repeticiones del

zonamiento composicional son los efectos de la pulsaciones de la cámara magmática.

También en estas granodioritas las biotitas son grandes de color gris claro o verde, de hábitos tabulares de algunos milímetro. La hornblenda se presenta de color marrón verdoso en pequeñas columnas con K(poco Na), Ca (Al, Fe<sup>+++</sup>), y mientras que el cuarzo y los feldespatos potásicos muestran frecuentemente una textura gráfica.

VOLCANICOS SENCCA son riodacitas con una coloración blanquesina a rosada que están alteradas solamente por el interemperismo cambiando el color a gris amarillento hasta rojizo y está conformado por feldespatos, cuarzo, laminillas de biotita y matriz vítrea volcánica mostrando una estructura fluidal.

### 3.1 Stock Andesítico de Calpa

Estas rocas Andesíticas pertenecen al Complejo Bella Unión y son las rocas encajonantes de las estructuras mineralizadas y alcanzan una extensión aproximada de 26 km<sup>2</sup> y un grosor de unos 500 metros teniendo un rumbo de NO-SE.

Según W.E. TROGER (1985), en C. RODRIGUEZ F. (1993) la composición mineralógica de las andesitas es de 40% de Plagioclasas en

fenocristales de  $An_{70-35}$ , 31% de anfíboles más fenocristales de piroxeno, 3% de minerales opacos y 20% de matriz vítrea (andesina, sanidina y cuarzo).

En Calpa las plagioclasas frecuentemente son zonadas.

En la tabla N° 3 se tiene la composición química de las andesitas en el yacimiento Calpa y se adjuntan para su comparación de otras andesitas de las diferentes localidades de la Cordillera Occidental Andina.

	R. A. DALY 1933	R. BEARTH 1938	S. STEPHAN 1972 Caylloma	CALPA 1992 K-17/K-18
SiO <sub>2</sub>	59,59	56,16	56,72	60,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,31	18,72		17,93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,33	4,23		
FeO	3,13	3,65	4,70	6,63
TiO <sub>2</sub>	0,77	0,98	0,78	0,70
MnO	0,18	0,27	0,21	0,15
MgO	2,75	2,10	3,80	2,96
CaO	5,80	7,10	5,40	6,30
Na <sub>2</sub> O	3,58	3,78	4,28	2,20
K <sub>2</sub> O	2,04	1,58	2,56	1,35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,26	0,32	0,12	N.A.
H <sub>2</sub> O	1,26	N.A.	N.A.	0,02

Tabla N° 3 Composición química de diversas andesitas de la Cordillera Occidental

Los resultados mostrados en la Tabla tiene una buena coincidencia de sus elementos. En el área de estudio las andesitas estan bien alteradas.

### 3.2 Alteraciones Hipógenas

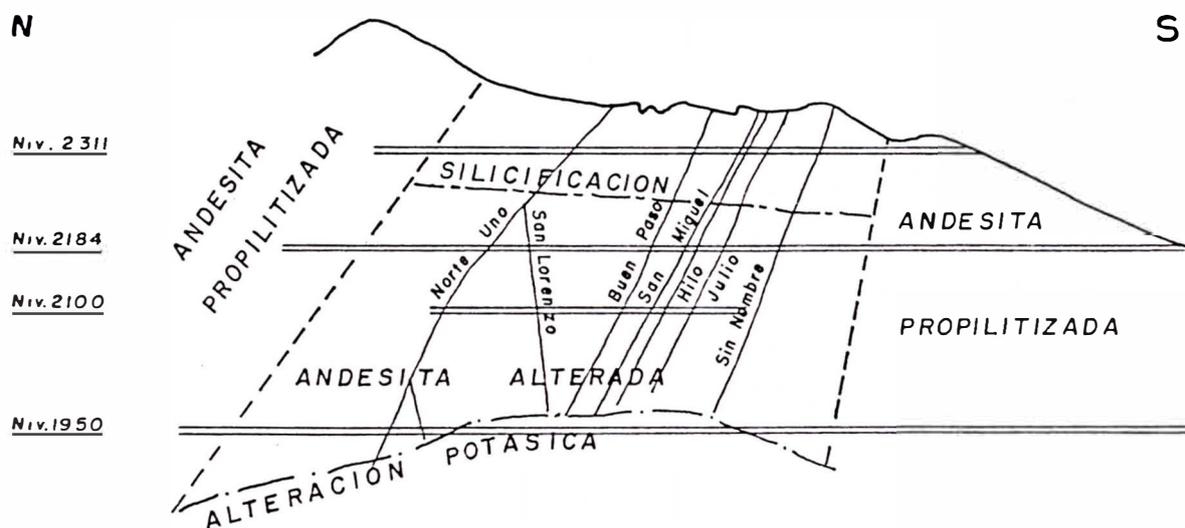
Las rocas Andesitas perteneciente al Complejo Bella Unión son las rocas encajonantes de las vetas y esta se encuentran alteradas como producto de las soluciones mineralizantes en el cual hay un cambio fisico-químico y mineralógico de estas rocas iniciales.

Según, C. RODRIGUEZ F. (1993) en Calpa existe un zonamiento horizontal de las alteraciones de las rocas, empezando con una fuerte sericitización en las cercanías de las vetas y alejándose de las estructuras con una coloración gris clara con tonalidades verdoso es la argilitización intermedia y hacia el exterior en donde la roca tiene una coloración más oscura en el cual se puede reconocer a simple vista pequeñas biotitas y epidotas en la zona de la propilitización. También se ha determinado un zonamiento vertical desde arriba (superficie) hacia abajo (en profundidad). Estos son la silicificación, sericitización y la alteración potásica (figura N° 7).

En la zona más mineralizadas se observa una fuerte sericitización y del mismo modo la mineralización (con contenido aurífero) buena

suele estar acompañada de la silificación-sericitización principalmente.

La sericitización y la argilitización intermedia son contemporáneas pero con una diferencia que la segunda continúa todavía mientras que la primera a concluido.



OBSERVACIONES. Hacia el ESTE : Más silicificación y/o sericitización  
OESTE: Más sericitización y/o argilitización

Figura N° 7 Esquema del zonamiento de las alteraciones hipógenas de rocas en el yacimiento Calpa. (Según C.RODRIGUEZ F. (1992)).

### 3.2.1 Alteración Propilítica

Alteración en que las rocas no han sufrido mayores cambios a excepción de la sustitución de sílice por carbonatos,

siendo la característica principal de esta alteración la formación de plagioclasas (albita), cloritas, epidotas, carbonatos y biotitas, conteniendo en otros casos óxidos de fierro, pirita y sericita. La alteración comprende grandes volúmenes de roca y es la parte exterior de todo un complejo alterado pasando luego a roca fresca.

En Calpa las andesitas propilitizadas son muy uniformes sobre una zona más extensa en donde se reconoce a simple vista pequeñas biotitas y epidota en contraste con las andesitas seicitizadas que presentan grandes cambios sobre pequeñas distancias.

### 3.2.2 Alteraciones Sericítica

Es el producto de la transformación mineralógica de las plagioclasas, feldespatos potásicos debido a las condiciones físico-químico de la soluciones hidrotermales (pH, T, P, Presión de  $S_2$ , Presión de  $O_2$ )

Las zonas de alteración tienen un aumento

en el pH desde la parte interna hacia el exterior. Durante la mineralización las soluciones hidrotermales al inicio y al final fue levemente alcalino debido a la presencia de carbonatos en los extremos Este y Oeste de las vetas en horizontal y vertical, mientras que las soluciones ácidas fue entre las dos fases por el predominio de cuarzo en las zonas mencionadas, como consecuencia de la disminución de pH en esta etapa.

### 3.2.3 Alteración Argilítica Intermedia

Los minerales predominantes son la caolinita, montmorillonita, cloritas y biotitas. Este tipo de alteración se encuentra ubicado entre las rocas propilitizadas y las sericitizadas que son las más alteradas en este yacimiento.

La alteración se desarrolla en rocas que tienen componentes como el Na, Ca (feldespatos) y muestra generalmente un zonamiento en si, con más caolinita hacia las sericitas y biotita, montmorillonita hacia la parter externa.

#### 3.2.4 Alteración Potásica

Esta es reconocida en la parte inferior del yacimiento que es el nivel 1950 en donde se observa el feldespató potásico (ortoclasa) de color rojo claro, hematita, venillas de calcita, biotita clorita y venillas de piritita con algo de calcopiritita. La alteración potásica cambia bruscamente a roca fresca en profundidad.

Seguidamente se menciona las alteraciones de piritización y silicificación que son alteraciones respecto a las formaciones de diversos minerales.

#### 3.2.5 Alteración Piritización

En este yacimiento es común y se presenta en zona de la sericitización y en parte, en la roca encojonante. Esta piritita por lo general contiene muy poco oro y aumenta hacia profundidad y a los extremos de las estructuras.

Para la formación de esta piritita, el fierro proviene mayormente de la descomposición de los silicatos ferrosos, mientras que el azufre es introducido.

### 3.2.6 Alteración Silcificación

Es la introducción y redistribución de cuarzo secundario en la roca encojonante y esta íntimamente ligado a la deposición de los sulfuros en la veta, teniendo aquí leyes de oro por lo general altas.

### 3.3 Geología Estructural

En el yacimiento Calpa se han diferenciado hasta tres tipos de sistemas de fallamiento por donde fluyeron las soluciones mineralizantes, habiéndose reconocido como fallas inversas con buzamientos entre  $60^\circ$  a  $75^\circ$ . El primer sistema es denominado Norte Dos con rumbo promedio de  $N80^\circ E$ , el segundo sistema es Hilo con rumbo promedio de  $N65^\circ O$  y finalmente la tercera es el sistema Sin Nombre con rumbo  $N85^\circ O$  (Ver plano N° 3). Las estructuras mineralizadas de estos sistemas tienen un buzamiento hacia el Norte a excepción de las vetas San Lorenzo, Santo Tomás, Indio que están buzando al Sur y que pertenecen al segundo sistema Hilo, siendo éste el que se presenta con mayor frecuencia y mejor contenido aurífero, principalmente en las vetas Norte Uno e Hilo.

Se ha podido observar fallas inversas y a la vez dextrales con rumbo promedio de  $N(0^\circ - 10^\circ)E$  y buzamiento  $20^\circ E$  (llamado comunmente fallas de corrimiento) que desplaza a la veta de 0,50 m a 7,0m al Sur, tal como se presentan en la veta Norte Uno, Celia y Sin Nombre. Dichos fallamientos son post-mineral.

Las estructuras de todos los sistemas presentan ramales tanto al techo como al piso de las vetas, mostrando una geometría de lazos cimoides tal como es apreciado en las vetas Norte Dos y Sin Nombre principalmente. En la tabla N° 4 se muestra en forma resumida los tres sistemas y las respectivas estructuras que la conforman.

SISTEMA	VETA	RUMBO PROMEDIO GENERAL	B*	LONGITUD RECONOCIDA AFLORAMIENTOS CONTINUADO	DESARROLLO CORRELACIO- NIVEL NADO	SU R*	PROFUNDIDAD RECONOCIDA NIVEL MAS BAJO	OBSERVACIONES	
NORTE DOS N80°00'E	NORTE DOS	N 80°00'E	NW	300	600	2354	250	2184	170
	NORTE UNO	N 65°30'W	NE	700	1000	2184	700	1950	430
	COQUETA	N 60°00'W	NE	350		2184	380	1950	450
	ATHALA	N 74°30'W	NE	90		2184	70	2269	90
	SAN LORENZO	N 65°30'W	SW			2184	250	2184	70
HILO N65°W	BUEN PASO	N 71°00'W	NE	300	400	2184	190	2184	170
	HILO	N 65°30'W	NE	1400	1900	2184	1320	1910	460
	HILO INTERMEDIO	N 64°30'W	NE	150	250	2020	180	2020	210
	JULIO UNO	N 65°30'W	NE	120		2184	500	2060	300
	JULIO DOS	N 65°30'W	NE	120		2311	190	2269	90
	JULIO TRES	N 65°30'W	NE			2100	140	2100	40
	JULIANA	N 62°30'W	NE			2184	90	2184	40
	SIN NOMBRE	N 82°00'W	NE	2000	2500	2184	1400	1950	370
SIN NOMBRE N80°W	DON ERNESTO	N 81°30'W	NE	110		2184	170	2184	180
	CELIA	N 88°30'W	NE			2143	90	2100	100
	BUENA VISTA	N 85°30'W	NE	1500	2000	2184	800	2143	90
	M	N 85°00'W	NE			2184	170	2060	170

Tabla N° 4 Estructuras mineralizadas agrupadas por sismas en el yacimiento Calpa

#### 4 MINERALIZACION

El yacimiento aurífero Calpa esta situado en la Faja Aurífera del Sur-Oeste del Perú. En sentido magmatico-petrográfico corresponde a la Cordillera Occidental. Se suponen que las rocas magmaticas de esta región

tienen un origen en común; la diferenciación fraccionada de un magma basáltico-toleítico que ha avanzado en forma generalizada en dos etapas y que ha constituido la provincia magmatica del Gran Batolito.

En la primera etapa en una profundidad mayor se separaron los magmas de las diferentes provincias petrográficas (sub-magmas) y en una posterior segunda etapa -en menor profundidad- se diferenciaron de estos submagmas los distintos magmas locales, los cuales dan origen a las rocas características de cada yacimiento, inclusive en la fase residual de este proceso de diferenciación fraccionada resulta una mineralización típica para cada yacimiento de origen magmático, pero casi siempre, espacio y la asociación con el magma inicial.

En analogía a estas definiciones relacionadas con el desarrollo del magnetismo, se habían introducido también términos similares para la Metalogenia, o sea la asociación de una cierta cantidad de depósitos de mineral de acuerdo a su composición mineralógica y de acuerdo a la intensidad de la mineralización.

El proceso de la diferenciación fraccionada finalmente es bien reconocida en la mayoría de los yacimientos de origen magmatico y se expresa frecuentemente por

diferencias bien marcadas en la distribución de los minerales, por los mismos minerales, asociación por los minerales individuales, cantidad y hábito, etc. tanto en sentido horizontal y vertical.

En yacimientos del tipo "subvolcánico" estos fenómenos son especialmente bien pronunciados por la cercanía del techo de la cámara magmática a la entonces superficie, lo que resultaba sobre todo en múltiples pulsaciones hidrotermales, repetidas inyecciones de la mineralización e isothermas muy cercanas.

C. RODRIGUEZ F. (1993) establece claro las singulares etapas de la diferenciación que en Calpa han llegado a formar un yacimiento aurífero, subvolcánico, hidrotermal y epigenético. Con estos criterios elaborados en el trabajo del mencionado autor ya está trazado el marco para la mineralización en Calpa.

Las estructuras mineralizadas en Calpa son netamente fisuras de cizalla. En subvolcanismo más bien ha superpuesto sus demás características a un simple relleno de mineral "en un sólo sentido" (fissure filling) "Flat veins", o sea vetas con poco buzamiento y corta extensión pero buena mineralización son muy comunes en varios niveles y refleja aparentemente una formación en la parte superior del

conducto por donde salen las soluciones mineralizadas, una silicificación que había cerrado esta salida y la presión de ellas no sobrepasaba todavía la presión estática. Como resultado de ésta, entraban las soluciones en ciertos casos a las fracturas de las rocas encajonantes mineralizandola en forma de una impregnación con múltiples vetillas, un efecto típico del subvolcanismo.

Las diferentes vetas en Calpa tienen longitudes de hasta 2.5 km. y muestran ramificaciones en los extremos tanto al Este como al Oeste, así también hacia superficie son frecuentes y en profundidad éste yacimiento ha sido reconocido por la actividad minera hasta los 540 m (en veta Hilo, nivel 1950).

En los planos 4,5,6 y 7 se muestran las curvas de isovalores de las principales vetas en donde se observan la distribución metalogenética del oro en dichas estructuras.

#### **4.1 Zonamiento del Yacimiento**

Factores físico-químico (como p.e. la disminución de la temperatura así como la presión en las soluciones mineralizantes acercándose a la superficie) causan diferentes horizontales y verticales en los procesos de

mineralización y alteración.

- Las soluciones al entrar a las fisuras afectan en su flujo en las periferia de las vetas a la roca encajonante, causando diferentes tipos de alteraciones en ella. (descrito por C. RODRIGUEZ F/1993).
- En la manera como bajan la temperatura y/o presión de las soluciones baja también las solubilidades, precipitando los correspondientes elementos.
- Otro factor de influencia podría ser la mezcla de las soluciones con agua meteórica cerca de la superficie.
- El efecto "boiling" (zona de ebullición) es causado por una súbita disminución de la presión de los flujos hidrotermales cerca de la superficie y libera ciertos gases, que más arriba condensan y forman soluciones ácidas, las cuales a su vez afectan las rocas encajonantes, produciendo la Zona de Argilitización.

Aparte de las diferencias bien marcadas en las alteraciones que son originadas por las soluciones hidrotermales (hipógenas) hay ciertos efectos por la descomposición de minerales primarios y/o deposición de nuevos minerales secundarios (p.e. Zona de Lixivización, Oxidación y Cementación).

#### 4.1.1 Zona de Lixiviación

-----

Este zonamiento supérgeno en el yacimiento Calpa es muy irregular y esta limitada aproximadamente a unos 15 m de la superficie hacia abajo, con valores de oro

bajos a muy bajos, debido al proceso de lavado que sufren los minerales por las aguas meteóricas.

#### **4.1.2 Zona de Oxidación**

Zonamiento supérgeno que baja hasta unos 90 m desde el piso de la zona de lixiviación en donde los valores auríferos son por lo general altos.

#### **4.1.3 Zona de Enriquecimiento Supérgeno (Secundario)**

Se encuentra inmediatamente después de la zona de oxidación entre 15 a 20 metro más abajo, estando el oro mayor cantidad en la parte alta de ésta zona y más plata y cobre en las partes bajas y además por su alto contenido de bornita, covelita y calcosita es muy dañino para la cianuración.

#### **4.1.4 Zona de Mineral Primario**

Zonamiento hipógeno que de acuerdo a las labores mineras realizadas hasta el momento en el yacimiento aurífero Calpa se extiende desde el nivel 2311-2269 hasta el nivel 1910 , es decir 360 m verticales, donde la

mineralogía dominante es constituida por oro, pirita, calcopirita y cuarzo.

La evaluación de los planos de muestreo de las diferentes vetas nos da las relaciones de Au: Ag y Ag:Cu que se mencionan p.e. de las vetas Hilo y Norte Uno, de arriba hacia abajo.

#### Veta Hilo

Nivel	g Au : % Cu
2269 - 2143	10 - 500 : 1
2143 - 2060	10 - 20 : 1
2060 - 1985	10 - 20 : 1
1985 - 1910	10 : 1

#### Veta Norte Uno

Nivel	g Au : g Ag	g Au : % Cu
2269 - 2184	2,0 - 0,5 : 1	10 - 500 : 1
2184 - 2143	2,0 - 1,1 : 1	10 - 100 : 1
2143 - 2100	2,0 - 1,0 : 1	10 - 75 : 11

Asi mismo es notable un zonamiento horizontal en el sentido que las vetas contienen:

En el sector Este relativamente más oro y cobre y el sector Oeste relativamente más plata (y subordina mas zinc y plomo).

Para el mineral extraído en los años 1992 (b) - 1994 (e) como resultado de éste zonamiento en la distribución de los metales con el avance de las labores hacia mayores profundidades y los extremos de las vetas se tiene las siguientes relaciones:

1992	Ag: Au	Au: Cu	Observaciones
Marzo	1,32 : 1	70 : 1	relativamente + oro 5,7 g/t ± cobre 0,08% - plata 8,1g/t + oro 5,9 g/t + cobre 0,01% + plata 10,1 g/t
Abril	1,44 : 1	71 : 1	
Mayo	1,61 : 1	84 : 1	
Junio	1,46 : 1	64 : 1	
Julio	1,83 : 1	58 : 1	
Agosto	1,80 : 1	58 : 1	
Setiembre	1,80 : 1	45 : 1	
Octubre	1,98 : 1	48 : 1	
Noviembre	1,46 : 1	67 : 1	
Diciembre	1,99 : 1	68 : 1	
1993	Ag: Au	Au: Cu	Observaciones
Enero	1,49 : 1	46 : 1	+ oro 6,0 g/t + cobre 0,07% - plata 7,7 g/t + oro 5,2 g/t ± cobre 0,08% + plata 7,3 g/t
Febrero	1,38 : 1	46 : 1	
Marzo	1,08 : 1	34 : 1	
Abril	0,85 : 1	36 : 1	
Mayo	1,65 : 1	73 : 1	
Junio	1,47 : 1	74 : 1	
Julio	1,59 : 1	81 : 1	
Agosto	1,11 : 1	54 : 1	
Setiembre	1,12 : 1	54 : 1	
Octubre	1,45 : 1	63 : 1	
Noviembre	1,65 : 1	59 : 1	
Diciembre	1,72 : 1	62 : 1	
1994	Ag: Au	Au: Cu	Observaciones
Enero	1,75 : 1	68 : 1	- oro - cobre + plata
Febrero	1,95 : 1	61 : 1	
Marzo	1,63 : 1	65 : 1	
Abril	2,04 : 1	68 : 1	
Mayo	2,15 : 1	73 : 1	
Junio	2,55 : 1	56 : 1	
Julio	2,80 : 1	57 : 1	

#### 4.1.5 Zona de Enriquecimiento Hipógeno

Se lo ha denominado así a la zona en donde por efectos de múltiples pulsaciones de las soluciones mineralizantes en el yacimiento

que originaron el enriquecimiento de ciertos sectores y en Calpa es reconocible sobre todo en los niveles 2020 y 2060 con una mineralización muy errática (valores altos y bajos) en el contenido aurífero.

#### 4.2 Descripción de los Minerales

En este capítulo se presenta la descripción de los minerales como se les puede observar macroscópicamente, recurriendo para detalles a los resultados de las investigaciones con microsonda y las secciones pulidas.

Como la Pirita es el mineral más frecuente y el mayor portador del oro, además del oro mismo - prácticamente como el único contribuyente a los ingresos - se ha puesto más atención a estos dos temas.

La siguiente Tabla N° 5 es representativa para la abundancia de los minerales individuales, tomando sobre el promedio de un mes. Para ilustrar mejor la composición de los "sulfuros" (incluidos aquí el oro nativo y algo de Goethita) se está mostrando tanto los productos de flotación como también los relaves del siguiente proceso en la Planta de Beneficio - o

sea los relaves de la cianuración- y cada uno de estos dos productos clasificados según granulometría (mallas +200 , -200. +325 y -325).

Los minerales reemplazantes aparecen más finos que p.e. la Pirita. La Calcopirita por ejemplo tiene en los relaves una participación en el total de los sulfuros algo mas elevada que en los concentrados.

Se consideran estas observaciones como un indicio en general para la importancia singular de las Piritas en esta paragénesis y del grupo fino que tiene aquí los minerales reemplazantes.

#### 4.2.1 Pirita

-----

En Calpa se presentan los minerales primarios - los sulfuros casi exclusivamente en forma de Pirita.

Los sulfuros en total arrojan un 14-18% del mineral extraído y la Pirita llega aproximadamente al +95% de los sulfuros. La Pirita se presenta claramente diferenciable a simple vista en varias generaciones. La Tabla N° 6 resume las observaciones sobre este tema.

	CONCENTRADOS			RELAVES		
	+200 M	+325 M	-325 M	+200 M	+325 M	-325 M
Oro nativo	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
Chalcopyrita	0,34	0,45	0,78	0,82	0,76	0,98
Pirita	99,31	99,00	97,65	99,18	99,24	98,84
Galena	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Min.	Min.	Min.
Esfalerita	0,05	Min.	Tzs.	Min.	Min.	Min.
Pirrotina	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.
Arsenopirita	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.
Chalcosina	Min.	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.
Digenita	0,05	0,27	0,37	Tzs.	Min.	Min.
Covelina	0,15	0,23	0,39	Tzs.	Min.	Min.
Bornita	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
Tetraedrita	Min.	Min.	0,06	Min.	Min.	Min.
Marcasita	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.	Tzs.
Limonita	0,10	0,05	0,75	Min.	Tzs.	0,18
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Obs: Min. = minoritario; observable pero no cuantificable  
Tzas. = trazas; menor que minoritario

Tabla N°5 Abundancia de Minerales (en % de los sulfuros totales)  
a base de un promedio mensual

La Pirita I es el primer producto de las soluciones hidrotermales, o sea de los últimos productos de la fase residual de un magma subvolcánico. Esta piritización consiste en la formación de Pirita diseminada mayormente cristales idiomorfos hasta subidiomorfos en la roca encajonante con adición de sulfuro con contenido de  $\pm$  hierro. Eventualmente contribuyen a la formación de estas Piritas el hierro proveniente de la alteración de los máficos de la roca encajonante (en Calpa especialmente de los procesos de la sericitización y de la argilitización).

La generación II (Pirita II) está ubicado sobre toda la extensión de las vetas, pero presentandose en la Zona Central en forma de cristales considerablemente más grandes que en los extremos de las estructuras mineralizadas. Este fenómeno es cruzado por un lado por la mayor velocidad de cristalización por una diferencia de temperatura en los extremos de las vetas (entre solución entrante y roca encajonante) más elevada que en la zona Central. Aquí se forma la Pirita II

sólamente los núcleos de los cristales, la Pirita III los contornos, además la Pirita III cubre las fisuras de la Pirita II que han sido originados por movimientos tectónicos inmediatamente después de la cristalización de la Pirita II (microfotografías 2 y 7). La generación II es casi siempre afectado por eventos de cataclasa. Una cataclasa indica siempre a las soluciones reemplazantes el camino de penetración y acelera su efecto.

Como reemplazante se ha considerado sobre todo a la Calcopirita y oro nativo (microfotografías 8, 10 y 14).

La mencionada de estructura zonada o sea la Pirita III se ha formado inmediatamente después de la generación II, aparentemente en un ambiente levemente ácido, cuando las concentraciones de Fe-As-S-Au permitieron una co-precipitación, mientras que las cataclasis habían facilitado la entrada de las soluciones reemplazantes. La formación de los contornos zonados degrada desde el supuesto ascenso de las soluciones mineralizantes hacia los extremos.

Mineral y su Generación	Formación	Habito	Características
Pirita I	Pre-fase (=pre-mineral de la mena)	agregados cristales individuales piritoedros y cubos, tamaño + 300 $\mu$	Pirita de la fase pre-mineral mena, sobre todo en las zonas cajonante y también en la ganga
Pirita II	Fase principal de los sulfuros	Similar a la Pirita I, forma sobre todo los núcleos de las Piritas de tamaños mayores en la Zona Central de la mineralización; se distingue de la posterior Pirita III por un brillo más amarillento. Casi siempre ha sufrido una cataclasa. El tamaño Pirita II + contornos de la Pirita III es +300 $\mu$	Fase principal de la formación de la Pirita, reemplazando en parte Chalcopirita y/o oro desde microfisuras. En la Pirita II se presenta la mayor parte del oro libre (dimensión macroscópico o sea mayor de 0,1 $\mu$ ). Esta Pirita II compone junto con la posterior Pirita III-que forma la parte exterior de la Pirita de la Zona Central o sea la Pirita aurífera. La Pirita II existe sobre toda la tensión longitudinal y vertical de las estructuras mineralizadas.
Pirita III	Fase "noble" de los sulfuros	cristales individuales más pequeñas que de la Pirita II y forma los contornos de estos en la Zona Central. El color de que el de la Pirita II	Esta Pirita contiene todo el oro "refractario" (oro submicroscópico -0,1 $\mu$ ) y el arsénico, además menos sulfuro que la Pirita II. Su peso específico también es menor. Se ha observado la Pirita III sobre todo en la zona central
Pirita IV	Fase posterior	cristales individuales hasta idiomorfos, cubos mayormente pequeños cristales	La Pirita IV significa el de la mineralización de los sulfuros junto a la Zona Central

Tabla N° 6

Las diferentes generaciones de Pirita

En esta misma dirección aumentan más bien los carbonatos ligeramente.

La Pirita en estos extremos -Pirita IV- forman partículas muy pequeñas ( $\pm 100 \mu$ ). Su peso específico es marcadamente menor que el de las generaciones II y III, así también el contenido de sulfuro.

Estas observaciones se considera criterios para una formación de temperatura baja, especialmente de yacimientos subvolcánicos de caracter mesotermal hasta epiterma. Frecuentemente se puede relacionar estas formaciones con la cristalización de un gel (RAMDOHR, P. 1950). Esta generación no muestra los efectos de una cataclasa. Su ubicación son los extremos de la Zona Central.

#### 4.2.2 Calcopirita

El segundo mineral en importancia (frecuencia y volumen) en la Calcopirita. Aparece casi exclusivamente en la zona Central, y se halla siempre después de la Pirita II y III como reemplazante de ellas. Aquí entra desde microfaturas o también de los contornos (microfotos 8,10 y 14).

Nunca se ha observado cristales idiomorfos sino

siempre agregados en forma elongada o en mancha. La Calcopirita frecuentemente incluye pequeñas partículas de Tetraedrita/Tennantita argentífera de  $0,5\mu$  a  $50\mu$ .

La mayor presencia de la Calcopirita es observada entre los niveles 2143 y 2100 y en Calpa siempre es en la parte Central. Se supone este mineral en las labores como indicio muy favorable para una buena concentración de oro, aunque nunca está íntimamente ligada con el oro mismo. Parece que su lugar paragenético es algo más tardío que el oro en la fase "poble" de los sulfuros y limitado como todo esta fase -a la zona Central. A veces sus partículas muestran gemelos lamelares, aparentemente originado por presión durante el crecimiento.

En la Zona de Oxidación de Calcopirita se descompone bajo la influencia del oxígeno a óxido de hierro, Covelita y Calcosita.

En la Zona de Cementación (o Zona de Enriquecimiento Secundario) la Calcopirita es transformado en Bornita, Covelita y Calcosita. La ley de cobre total del mineral extraído llega a 0,1% proviniendo la mayor parte de la Calcopirita.

Los concentrados con 85-90% de sulfuros, arrojan 0,7% de Cobre.

#### 4.2.3 Pirrotita

La Pirrotita es bastante escaso en Calpa. Su presencia esta limitada a las partes de la Zona Central, donde había una concentración de sulfuro relativamente baja y una relación S: Fe igualmente baja. Estos lugares corresponden a las partes bajas del yacimiento y las partes centrales de la Zona Central, donde empezaba la cristalización de las soluciones mineralizantes con mayores temperaturas.

En las pocas muestras que se ha encontrado la Pirrotita siempre nos indica reemplazamiento por la Pirita (microfoto 1).

#### 4.2.4 Bornita, Covelita y Calcosita

En Calpa estos tres minerales son de origen secundario (supérgeno). La Calcopirita esta afectado cerca de la superficie por los efectos de la atmósfera. La descomposición comienza casi siempre con la formación de una película delgada de Calcosita o Covelita alrededor de la Calcopirita. Pero la mayor fracción del cobre es llevada en solución hacia la napa freática y ahí

en su superficie en precipitado nuevamente. Finalmente queda en la Zona de Oxidación algo de cobre como p.e. Malaquita. Como en Calpa los Carbonatos son pocos este mineral es insignificante.

El proceso de Cementación (Enriquecimiento Secundario) procede siempre en un sólo sentido : De las soluciones cupríferas provenientes de la Zona de Oxidación, se precipita el cobre formándose así, de minerales pobre en cobre a minerales más rico en cobre, p.e. de Bornita se forma Covelita y de éste mineral Calcosita. Los tres minerales se encuentran en otra franja de aproximadamente 100 por debajo de la superficie. Como los tres minerales son cianicidas la explotación en esta zona es selectiva. Las cantidades son pequeños.

#### 4.2.5 Minerales Accesorios

El mineral de mayor importancia de este capítulo es la Tetraedrita/ Tennantita, portadora de la plata en Calpa. Este mineral aparece como reemplazante:

de la Calcopirita y de la Pirita en la Zona Central de Calpa y

de la Pirita, junto con algo de Galena y Esfalerita en los extremos de la mineralización.

Se ha observado partículas de 0,5 - 50  $\mu$  (más frecuente son las inclusiones pequeñas).

La Tetraedrita/Tennantita se forma en Calpa de las soluciones hidrotermales con menor concentración de hierro, o sea pertenece a las precipitaciones mas jóvenes.

La Galena, Esfalerita y Marcasita no tienen ninguna importancia en Calpa. Su contribución a los sulfuros totales es mínima, en suma menor del 1% pero todos los minerales accesorios en conjunto. Los cuatro minerales mencionados se ubican con preferencia en la parte de menor temperatura de las soluciones, o sea en los extremos de las vetas en Calpa (y fuera de la Zona Central).

#### 4.2.6 Oro

La Arsenopirita, Pirita y Pirrotita en general tienen una importancia muy especial en la metalurgia del oro.

Por un lado son estos minerales los portadores del metal preciosos y por el otro en muchos casos estos minerales se escapan con una considerable fracción del oro total a los relaves. Por eso es de suma importancia

determinar el correspondiente portador del oro (sulfuro) en la mena.

En Calpa tenemos que diferenciar el contenido total del oro de cualquier muestreo (la ley en g Au/t) en:

- oro visible y
- oro invisible

El límite para estas definiciones es  $0,1\mu$ . En Calpa ocurre el oro visible como oro nativo con una fracción de aproximadamente 70% del oro total en las siguientes formas:

- como partículas de oro nativo libre
- como inclusiones en la Pirita
- como micropelículas o micro-revestimientos cristalinos que cubren las caras de los agregados de Pirita
- como relleno de microfracturas o microvenillas en la Pirita
- como relleno de espacios intergranulares e intersticiales en la Pirita

La granulometría de las partículas es la siguiente:

- partículas de oro nativo libre : Desde  $0,5\mu$  de  $\parallel$  hasta  $51\mu \times 18\mu$  (longitud x ancho)
- inclusiones de oro nativo en la Pirita : Donde  $1,5\mu \times 0,7\mu$  hasta  $22\mu \times 14,5\mu$ .
- Microvenillas de oro nativo que cortan a la Pirita : Desde  $16\mu \times 1\mu$  hasta  $60\mu \times 4,5\mu$ .
- Micropelículas o micro-revestimientos de oro nativo sobre los cristales de Pirita : Desde  $9\mu \times 3,5\mu$  hasta  $33\mu \times 2,5\mu$ .
- Relleno de oro nativo en espacios intergranulares e intersticios de la Pirita

Resalta la íntima conexión del oro con la Pirita.

Y también en el primer caso, las partículas de oro nativo libre se encuentran muy cercano a la Pirita.

Las partículas de oro nativo exhiben las propiedades ópticas propias del oro nativo con contenido de plata -20% (según MONTREUIL DIAZ, L.A. 1990). No se ha observado electrúm.

HARRIS, D.C. (1990) remarca referente a la granulometrías; Oro depositado posterior a los miembros minerales, con e resultado que la mayor cantidad de este oro visible es de una granulometría mayor. Parece existir una relación entre la ley de oro y la granulometría.

De estas observaciones resulta la conclusión que los contenidos bajos de oro pertenecen mayormente a dimensiones muy pequeñas hasta la categoría invisible.

Por la experiencia en el tratamiento del mineral y por numerosas pruebas metalúrgicas se ha constatado esta fracción del oro (=el oro invisible) es material muy dócil en Calpa con una molienda de  $\pm$  80%, malla -325 (=40  $\mu$ ).

Variando los parámetros de la cianuración (tiempo, molienda o fuerza del NaCN) no se obtiene mejoras significantes en la recuperación

del oro. Aparentemente se trata aquí (aproximadamente 30% del oro total) del oro invisible. En la Figura N° 8 ilustra la relación entre la granulometría y los actuales métodos de beneficio (sin incluir los métodos modernos para el "oro refractario"). Este oro refractario puede ser oro nativo invisible (sub-microscópico) o ocurrir en solución sólida y no es recuperable con los métodos indicados en la siguiente figura sino por tostación, bio-lixiviación o nitrificación.

Esta ocurrencia de oro ha sido últimamente tema de muchas investigaciones y existen numerosas publicaciones, todo como una consecuencia que los trabajos mineros en la mayoría de los yacimientos auríferos llegan a sulfuros en mayores profundidades, donde el problema del oro refractario está presente.

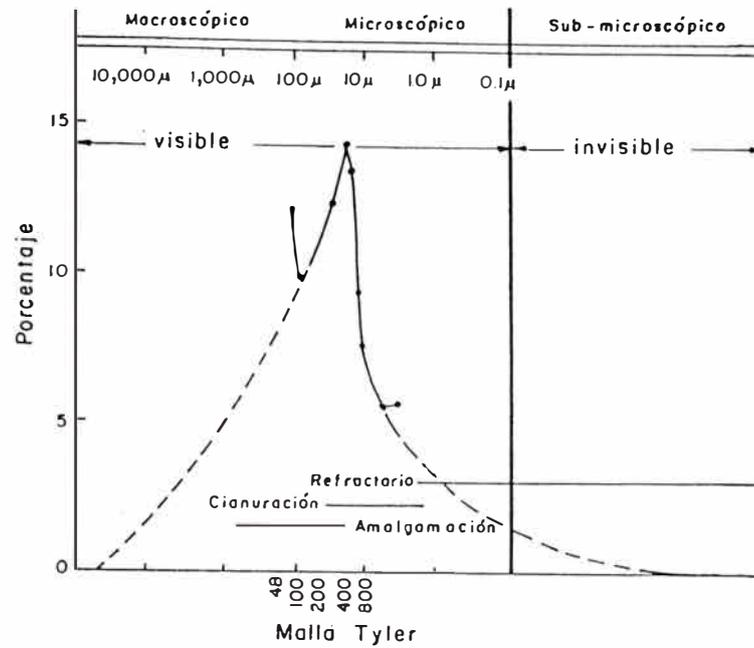


Figura N° 8 Métodos de tratamiento de oro vs. su granulometría según HARRIS, D.C. (1990)

Las conclusiones de los últimos trabajos, relacionan el "oro refractario" y con esto la mayor parte del oro invisible, con el contenido del arsénico y suponen que una cierta fracción está incorporado en la macla de los sulfuros como Arsenopirita o Pirita arsenical. Una co-precipitación del oro junto con Fe, As y S durante la cristalización de la Arsenopirita o pirita arsenical cuando la concentración de los complejos de Au y As es alta (al final o comienzo de la deposición de la Arsenopirita o para las Piritas arsenicales al final de la formación de una distinta generación de la Pirita) es supuesto una distinta generación de la Pirita) es supuesto una distinta generación

de la Pirita) es supuesto por HARRIS, D.C. (1990). Resultan así la distribución interrogante bien marcadas del oro en los agregados individuales, resultando en una concentración bastante fuerte en la periferia de los cristales de Arsenopirita o Pirita arsenical y dentro de microfracturas en colos.

La siguiente Figura N° 9 muestra la concentración del oro con relación al arsénico para Piritas de variadas procedencias según CHRYSSOULIS, S.I. y CARRI L.J. (1990). Para fines comparativos se ha ilustrado las leyes promedias de las Piritas con oro refractario de Calpa.

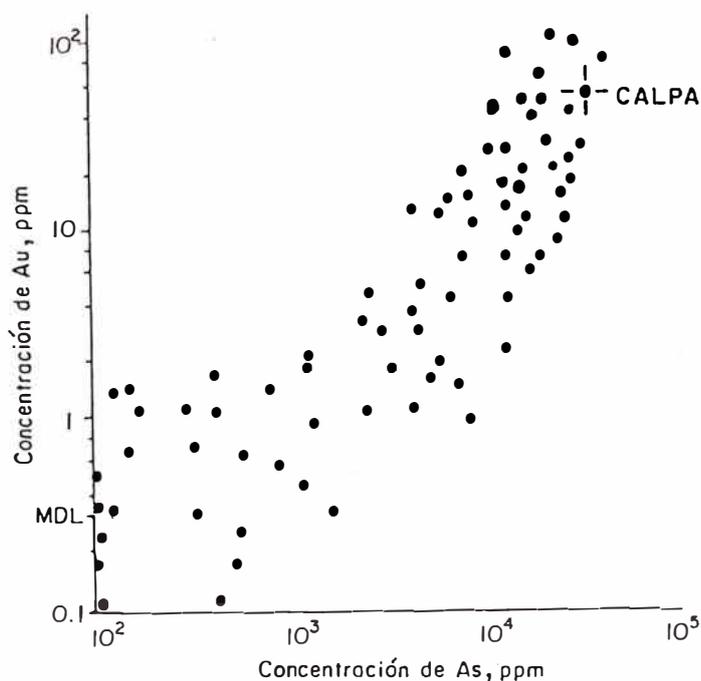


Figura N° 9 Relación de oro vs. arsénico para Piritas escogidas de varias minas según CHRYSSOULIS, S.L. y CABRI, L.J. (1990)

Para una estimación del oro refractario en Calpa (en g Au/t-Pirita) se ha partido del promedio de los relaves de cianuración (fracción de oro refractario), ratio de concentración para la Pirita es 7, llegando aproximadamente a 1,3 g Au/t-mineral x 7 t-mineral/t-Pirita = 9 - 10 g Au/t-Pirita, o sea considerando que la Pirita con oro refractario significa sólo el 50% del actual mineral Mina se tendrá como 20 g Au/t-Pirita con oro refractario (con  $\pm 0,15$  % actualmente en el mineral extraído de la Mina). Las investigaciones más recientes y más profundas a este tema son realizados por AREHART, G.B. KESLER, S.E. y CHRYSSOULIS, S.L. (1993). Estos autores presentan como resultado de sus trabajos la localización y naturaleza tanto del oro como también del arsénico de cinco muestras de yacimientos auríferos diseminados en Nevada/USA. Según estos científicos, el oro se presenta en la Pirita arsenical o Arsenopirita especialmente en los contornos y también en diminutas vetillas dentro de la Pirita no-aurífera. Estas zonas de enriquecimiento en la periferia de los agregados pueden ser una sola zona o también varias oscilaciones. Pequeñas partículas de oro nativo resultan -según ellos- de exsoluciones del oro de la macla de la Pirita

arsenical. Sugieren además que el oro en la Pirita arsenical se presentan en forma de  $Au^{+3}$  y que ha sido depositando junto con el arsénico en forma de solución sólida en la Pirita. La co-deposición del oro y el arsénico se explica como una función del potencial redox, o sea una oxidación del oro y al mismo tiempo una reducción del arsénico.

Con al investigación de muestras sistemáticas de las labores escogidas en las diferentes vetas de Calpa se ha llegado a establecer (ver también la sección 4.4.1).

La mayor cantidad de oro refractario en contornos rítmico-cíclicos de las Piritas III

Para esta generación de Pirita el contenido de arsénico alcanza su máximo (microsonda F-4);

Los diferentes contornos probablemente representan pulsaciones de las soluciones hidrotermales mineralizantes (en nuestro caso se nota 3 a 4 pulsaciones - cada uno con algunas oscilaciones) como es típico para yacimiento subvolcánicos.

Este oro es sub-microscópico y necesita por su fina granulometría ( $-0,1\mu$ ) métodos adicionales a los actuales para su debida recuperación (métodos químicos como p.e. la tostación o el bio-leaching).

La determinación del oro refractario en los contornos de la Pirita III en Calpa es de suma importancia para el futuro proceso adicional de beneficio mineral, como es necesario tostar sólomente los contornos de la Pirita III para

liberar el oro (eventualmente una simple oxidación natural).

Actualmente se realizan prueba metalúrgicas en este sentido.

Como resultado adicional se debería concluir que el oro visible es más limpio, de mayor pureza, que el oro refractario. La práctica confirma esta hipótesis. En la Zona Central (donde hay las leyes más elevadas en oro total, o sea oro visible + refractario) hay menos contenido de plata que en las partes extremas de las vetas (donde hay preferencialmente oro refractario) ver también las observaciones de L.A. MONTREUIL D. (1990) en la sección 4.2.6. Los resultados de los estudios realizados con el material de Calpa comprueban la suma importancia del trabajo geológico-mineralógico para la operación técnico-económico de la Empresa en lo siguiente:

Caracterizan el oro refractario como tal;

Mejoran la recuperación del oro mediante introducción de métodos apropiados adicionales de beneficio de acuerdo al material refractario.

Pueden variar positivamente los ingresos y el balance económico.

Pueden contribuir a una mayor protección del medio ambiente dirigiendo las etapas del tratamiento en la forma más racional

hacia el material refractario, haciendo así eventualmente posible la eliminación de la fracción no-aurífera en menor tiempo, reduciendo así eventualmente la dimensión de la operación en la Planta de Beneficio.

#### 4.3 Control de Calidad del Mineral

Para la buena marcha en sentido técnico-económico se viene realizando un control riguroso y continuo de esta operación de baja ley de oro y de una gran fracción de material refractario.

##### 4.3.1 Recuperación del Oro

Como la ley de los diferentes sectores del yacimiento varían, se tiene que considerar para la planificación del programa de la extracción sobre todo se debe tener presente

su respectivo tonelaje y  
la correspondiente recuperación en la  
Planta

para anticipar la producción futura.

La recuperación del oro en la Planta está compuesta en Calpa por la

recuperación de flotación y la  
recuperación de la cianuración.

Las interpretaciones geológicas y especialmente la minerología juegan aquí un papel muy importante como se tiene que

predecir la calidad y el carácter del mineral por beneficiar. En este sentido se presentan frecuentemente problemas con mineral que contienen oro refractario y/o material cianicida y/o óxidos de los niveles superiores de la Mina.

La Covelita, Bornita, Marcasita y Pirrotita, pero sobre todo el mineral que contiene Oro refractario en mayores cantidades tienen una influencia negativa para una buena recuperación en la cianuración y así también los óxidos para la flotación. Eso lo demuestra la siguiente Tabla N° 7 que resume los resultados desde el inicio de la operación de Minera Aurífera Calpa S.A.

Se trabajó los primeros años (1980-1984) casi exclusivamente en los niveles superiores en la zona de oxidación con recuperaciones bajas en flotación , pero elevadas en la cianuración.

Desde 1988 se explotó mineral primario (sulfuros) lo que resultaba en una flotación muy buena, pero con recuperaciones bastante bajas por el oro refractario. La Zona de Enriquecimiento Supérgeno con Covelita y Bornita se hacía

selectiva su explotación.

Los años 1985-1987 eran años de transición entre las dos clases de minerales

R E C U P E R A C I O N			
Año	Flotación %	cianuración %	total %
1980	59,9	-	-
1981	73,1	65,7	48,0
1982	70,7	89,3	63,2
1983	69,2	80,5	55,7
1984	60,8	83,4	50,7
1985	67,7	87,4	59,2
1986	77,7	81,5	63,3
1987	81,1	81,7	66,3
1988	85,4	74,3	63,4
1989	90,4	80,9	73,1
1990	92,1	74,8	68,9
1991	91,6	77,5	70,9
1992	91,7	73,2	67,1
1993	92,2	74,9	69,1
<hr/>			
A la fecha	87,7	76,6	67,3

Tabla N° 7 Porcentaje de recuperación, flotación cianuración y total por año

Los demás factores que son influenciados por la procedencia del mineral se mencionará en forma generalizada como sigue:

- El consumo de cal y cianuro decrece con mayor profundidad
- La dilución de la Ley sistemática aumenta en el mismo sentido
- El consumo de barrenos es menor avanzado hacia mayores profundidades

Todo lo remarcado indica leve cambios

de un ambiente más ácido y rocas encajonantes más competentes en los niveles superiores hacia un ambiente más alcalico y rocas encajonantes menos competentes en los niveles inferiores.

Los procesos de tratamiento del mineral son acompañados por numerosos muestreos y análisis, p.e. para el mes de diciembre de 1993 nos dió los siguientes promedios diarios (Tabla N° 8).

flotación	cianuración		total	
	sólidos	soluciones		
Au	25	13	18	56
Ag	-	10	-	10
Cu	2	-	2	4
Insolubles	6	-	-	6
<hr/>				
Total diario	33	23	20	76

Tabla N° 8 Número de muestras diarias analizadas para Planta de Beneficio

#### 4.3.2 Muestreo Mina

El mineral destinado para la operación extractiva esta basado en primer lugar en las respectivas leyes de los muestreos. En Calpa se tiene tres tipos de muestreo.

- Muestreo Común Diario  
Es el que se realiza diariamente en todas las labores de desarrollo, preparación, explotación y exploración en cual se esta trabajando.
- Muestreo Sistemático  
Se realiza en Galerías y chimeneas

cada dos metros cuyo resultado nos sirve para la respectiva cubicación, del mismo modo se hace este muestreo en las labores de explotación para ir controlando sus leyes.

#### Muestreo especial

Se realiza en todas las labores como comprobación de algunas leyes que varían en los demás muestreos.

La variación de leyes de mineral de una labor a otra puede ser muy fuerte debido a que el material roto de la mena puede estar muy diluido y aparte de esto puede influir la potencia de la veta, estado las rocas encajonante, sistema de trabajo, método de disparos y carguío, medio de transporte y puntos de transferencia del mineral hasta la tolva de gruesos en la Planta de Beneficio.

Y como la variación de unos décimos de 1 g de oro pueden ser decisivos para el arranque del respectivo material, en estos casos es obligatorio un exhaustivo control del muestreo. Los resultados de estos trabajos (muestreo de frentes, chimeneas, sistemáticos, común disparo y puntos de transferencia) son resumidos mensualmente, eventualmente ajustados a la ley de cabeza de mineral en la Planta y puestos al día en los respectivos planos de muestreo. Cada 10

metros se analizan también las mismas muestras por plata y cobre aparte del oro, se obtiene ya por el simple estudio de estos planos un esquema paragenético muy acertado. La cantidad de análisis por día en la Mina en promedio durante un mes es según la Tabla N° 9.

Elemento	Muestras común diario + especiales	Muestras Sistemáticas	Total
Au	85	25	110
Ag	-	10	10
Cu	-	10	10
<hr/>			
Total análisis día	85	45	130

Tabla N° 9 Número de muestras promedia diario analizadas para Mina

#### 4.3.3 Planos de Muestreo

Para los planos de muestreo se utiliza la leyes de los muestreos sistemático que se toman mensualmente de todos los avances (subniveles y tajeos cada 3 m, galerías y chimeneas cada dos metro). Estos planos son la base para los cálculos de las reservas y para la programación de la explotación, exploración y desarrollos. Nos dan

muy buena información sobre los procesos paragenéticos del yacimiento.

Se resalta que las leyes más altas en oro son en los niveles 2143 y 2100 (el cobre aparentemente tiene aquí también su máximo), la plata mas bien es escaso en estos niveles, pero aumenta hacia las periferias de las vetas. En este sentido la relación Ag: Au es un parámetro muy importante en Calpa (ver Figura N° 10)

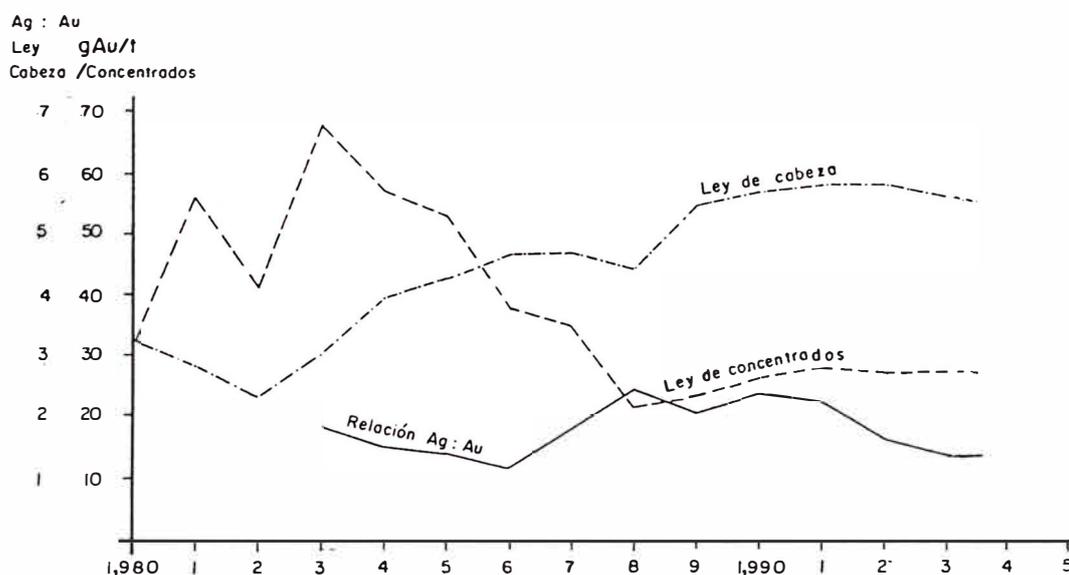


Fig. N° 10 Ley de cabeza, Ley de concentrados y relación Ag : Au.

#### 4.4 Trabajos de Investigación

Minera Aurífera Calpa S.A. reabrió la antigua

mina Calpa desde el año 1979. Como el anterior dueño - el Consorcio Minero- había suspendido todos sus trabajos en el año 1963 y desde ese tiempo no se re-inició las actividades mineras en el yacimiento, muchas labores de rehabilitación, exploración y desarrollo eran necesarias hasta el inicio de la producción. Se había empezado una muy pequeña operación y se iba aumentando su capacidad poco a poco paralelamente a los progresos que se experimentaban hasta la actual operación de 850 t/d.

Con el tiempo los niveles de trabajo entraban a mayores profundidades, al mismo tiempo extendiéndose la operación más hacia el Este y Oeste. Pronto se constató por los resultados metalúrgicos diferencias en el comportamiento del mineral extraído de diferentes lugares.

Con la experiencia se iba conociendo los diferentes minerales siendo muy poco el avance en cuanto al contenido aurífero y por esta razón se empezó extensivos trabajos de investigación tanto en el Perú como en Alemania.

Para conocer más a fondo a la Pirita, el sulfuro más importante de Calpa - en el volúmen y como portador del oro- y su relación con el oro y más los metales accesorios presentes, se han hecho

33 determinaciones con microsonda con muestras escogidas de diferentes vetas de Calpa.

Para definir más aún la composición total de los sulfuros se había determinado 15 elementos en 25 muestras escogidas del yacimiento Calpa con espectrometría. Para este fin se había separado todos los sulfuros de la ganga analizandoles luego.

Numerosas pruebas metalúrgicas (70) se han evaluado para este trabajo, especialmente para su comportamiento referente a la recuperación del oro (variando todos los parámetros correspondiente).

Además se han estudiado 50 secciones pulidas de las labores escogidas para tener mayor información sobre la paragénesis y características de los diferentes minerales que influyen el resultado metalúrgico. (ver planos N° 8, 9 , 10, 11, 12 y 13).

Paralelamente se habían coleccionado, analizado y microscopiado muestras de diferentes yacimientos auríferos con fines de comparación. Como resultado de todas estas investigaciones de aproximadamente dos años de trabajo se presenta en resumen este trabajo. Creemos que ha logrado determinar a fondo todos los factores geológicos-mineralógicos que influyen en nuestra

operación, abriendo así el camino para un vasto programa de exploración, minado, beneficio y protección del medio ambiente y esperamos haber demostrado con los resultados de esta síntesis un camino para una operación técnico-económica para bastante años más.

#### 4.4.1 Investigaciones con Microsonda

La distribución cualitativa y cuantitativa del oro en el yacimiento aurífero Calpa es de vital importancia para una operación económica. Por la historia de la explotación durante las diferentes épocas es conocido que la recuperación del metal precioso no ha variado solamente con el progreso de las labores hacia mayores profundidades sino también en sentido horizontal.

En esta sección se considera solamente lo que se refiere a la zona de sulfuros, o sea al mineral primario. Durante los últimos 4 años de operación (con una explotación casi exclusivamente de sulfuros) se ha logrado los siguientes resultados metalúrgicos (promedios anuales).

Año	Ley Cabeza g Au/t	% Recuperación		%Recup. Total	Relaves (g Au/t)		Total
		Flota- ción	Cianura- ción		Flota	Cianu	
1990	5,75	92,1	74,8	68,9	0,46	1,33	1,79
1991	5,86	91,6	77,5	70,9	0,49	1,32	1,71
1992	5,88	91,7	73,2	67,1	0,49	1,44	1,93
1993	5,66	92,2	74,9	69,1	0,44	1,31	1,75

Tabla N° 10 Resultados metalúrgicos de los últimos cuatro años.

Estos promedios señalan un mineral de cabeza y condiciones de trabajos más o menos uniformes. Sin embargo las ampliaciones de los niveles subterráneos hacia el Este y Oeste y los niveles inferiores 2060 y 2020 causan bastante problemas en variaciones tanto en leyes de cabeza así como en la recuperación del oro en las operaciones diarias. Pero a pesar de tales variaciones quedan los relaves (expresados en g Au/t) para la flotación y también para la cianuración casi siempre constante. Como conclusión se ha deducido que:

La flotación bulk trabaja prácticamente óptima y recoge todos los sulfuros y la cianuración permite una rápida recuperación del oro libre y grueso. Pero debe existir aquí una fracción de oro fino que no es liberado con nuestra actual molienda (+85% , malla -325) y que no podría ser liberado con una molienda más fina aún.

Según todos los datos disponibles debe ser El oro libre y grueso distribuido en forma

errática en la zona central del yacimiento, mientras que el oro fino (invisible con menos de  $0,1\mu$ ) estará contenido más homogénea y extendido sobre todo en la zona central del yacimiento y disminuyendo hacia los extremos de las vetas, probablemente dentro de la Pirita.

Para resolver estas inquietudes se ha realizado extensas investigaciones en la Universidad Técnica Clausthal-Zellefeld/Alemania. En total se tomaron 14 muestras de mineral de diferentes labores y se hicieron con este material 33 investigaciones sobre ciertos metales y sus interrelaciones dentro de las diferentes Piritas, por ejemplo

Fe vs. As	Au vs. Cu
Cu vs. As	Ag vs. Cu
Ag vs. As	Au vs. Sb
Au vs. Ag	

Fe vs. As

Los agregados individuales de Pirita tienen un tamaño aproximado de  $300\mu$ . El contenido de hierro es casi constante sobre todo en la Pirita. El arsénico mas bien alcanza un máximo muy marcado en los contornos exteriores. Este máximo decrece en forma ciclico-ritmico (mostrando 3-4 ciclos) hasta el núcleo de esta Pirita. El núcleo de aproximado  $100\mu$  no tiene arsénico. La franja con elevado contenido de Arsénico es de aproximadamente  $100\mu$  de ancho. Los máximos de arsénico terminan en puntas de aproximado  $3\mu$  de ancho; (microsonda N° 1 es el ejemplo más pronunciado para estas observaciones, muestra F-4).

En la muestra K-129 (microsondas N° 5 y 6) tiene un aspecto similar con un máximo bien pronunciado de 1,4% As en el contorno exterior.

También los resultados para las muestras F-1 (microsonda N°9) y E-122 (microsonda N° 7) muestran las mismas tendencias.

En contrario a las observaciones descritas arriba son los agregados de Pirita en las muestras E-107 (microsonda N° 14) y K-136 (microsonda N° 13) más pequeños y no presentan los enriquecimientos de arsénico en los contornos sino sólo pequeñas pulsaciones sobre todo el agregado.

En relación a este tema G.B. AREHART, S.E. KESLER y S.L. CHRYSOULIS (1933) habían observado la presencia de oro en los contornos de la Pirita arsenical (el arsénico también sólo en los contornos).

En la siguiente Tabla 11 de los mencionados y se suma importancia para conclusiones análogas.

N° de Muestra	Au (ppm)	As (%)	fase	Paragénesis
1203-1	77,0	1,9	py	núcleo de la pirita
1203-3	83,0	1,6	py	núcleo de la pirita
1203-2	116,0	3,4	As-py	contornos de la py
1204-4	265,0	1,4	As-py	contornos de la py
1567-6	58,0	1,5	py	pre-mineral núcleo
1567-7	94,0	1,9	py	pre-mineral núcleo
1567-8	70,0	2,2	py	pre-mineral núcleo
1567-9	385,0	3,8	As-py	contornos + Núcleo
1567-2	690,0	3,8	As-py	contornos + Núcleo
1567-4	570,0	4,0	As-py	contornos + Núcleo
1567-5	470,0	4,4	As-py	contornos + Núcleo
1567-1	220,0	2,0	As-py	contornos + Núcleo
1567-3	290,00	2,8	As-py	contornos + Núcleo
1567-11	210,0	1,7	As-py	contornos + Núcleo
1567-10	385,0	2,8	As-py	contornos de la py
1567-12	285,0	1,4	As-py	contornos de la py
SED86/1277B	66,0	0,98	py	pre-hidro núcleo
SED86/1277C	75,0	1,9	py	pre-hidro núcleo
SED86/1277A	92,0	5,4	As-py	contornos
SED86/1277D	245,0	2,0	As-py	contornos

QRC391/1650A	4,0	0,22	py	py grandes núcleo
QRC391/1650B	2,5	0,03	py	py grandes núcleo
QRC391/1650C	45,0	3,7	As-py	contornos
QRC391/1650D	62,0	5,4	As-py	contornos
QRC391/1650E	4,8	0,40	py	pre-mineral, gemelos

=====

Tabla N° 11      Análisis cuantitativas de sulfuros de  
 hierro según G.B. AREHART, S.E. KESLER  
 y S.L. CHRYSSOULIS (1993)  
 py = pirita As-py=arsenopirita

Un intento de interpretación de los valores de la  
 Tabla N° 11 según su probable cristalización de los  
 agregados resulta la Tabla N° 12.

N° de muestra	fase	Paragenesis	As(%)	Au (ppm)
1650A, 1650B 1650E	Piritas Piritas	Piritas grandes: Núcleo; Piritita I Pre-mineralización: Gemelos " I	0,03 - 0,22 0,40	2,5 - 4,0
1277B, 1277C	Piritas	Fase principal de sulfuros: Núcleos " II	0,98 - 1,90	66,0 - 75,0
1567-6,7 y 8	Piritas	Fase principal de sulfuros: Núcleo + algo de contornos (con contenido de arsenico) Piritita II	1,5 - 2,2	58,0 - 94,0
1203-1,1203-3	Piritas	Fase principal de sulfuros: Núcleo, piritita II	1,6 - 1,9	77,0 - 83,0
1203-2,1203-4	Piritas	Fase de los sulfuros nobles: Contornos contienen Arsenopiritita, Piritita III	1,4 - 3,4	116,0 - 265,0
1567-11	Arsenopiritita	Fase principal y de los sulfuros nobles: Núcleo y contornos (con Arsenopiritita, Piritita), Pirititas II y III	1,7	210,0
1567-10,1567-12	Arsenopiritita	Fase de sulfuros nobles: Contornos con Arsenopiritita Piritita III	1,4 - 2,8	285,0 - 385,0
1567-9	Arsenopiritita	Fase de sulfuros nobles: algo de nucleo + contornos primeros Piritita III	3,8	385,0
1567-2,1567-4	Arsenopiritita	Fase de sulfuros nobles: Contornos primeros con FeAsS Piritita III	3,8 - 4,0	570,0 - 690,0
1567-1,1567-4	Arsenopiritita	Fase de sulfuros nobles: Contornos primeros y tardios con FeAsS Piritita III	2,0 - 4,4	220,0 - 470,0
1567-3	Arsenopiritita	Fase de sulfuros nobles: Contornos mayormente tardios con FeAsS Piritita III	2,8	290,0

Tabla Nº 12 : Intento de interpretación de los valores de la tabla de G.B. AREHART, S.L. CHRYSOULIS & S.E. KESLER (1993) según su probable cristalización.

Los resultados de las investigaciones con la microsonda y del estudio microscópico dejan establecer en Calpa para las Piritas cuatro generaciones de formación hipógena:

- Pirita I            La Pirita de las alteraciones primarias o hipógenas (la piritización)
- Pirita II            La Pirita de la fase principal de los sulfuros (mayormente la formación de los núcleos de las piritas grandes).
- Pirita III            La fase de los sulfuros nobles (la formación de los contornos de las piritas grandes con las leyes elevadas en oro).
- Pirita IV            La pirita post-mineral en los extremos de la Zona Central y extremos.

Estas cuatro generaciones pueden ser correlacionados y también así el enriquecimiento del oro refractario en los contornos (mayormente de los agregados grandes de la Zona Central del Yacimiento). Los resultados han llegado a las siguientes leyes de arsénico para los agregados de pirita de la zona central del yacimiento Calpa:

Núcleo	0,05 - 0,08 % As
Contornos interiores	0,40 - 0,55 % As
Contornos exteriores	1,20 - 1,35 % As

Una estimación a groso modo de la ley de oro en los contornos (sólamente el oro refractario) parte de

un ratio de concentración de la pirita (14% en el mineral de extracción) de 7 1;

relaves de lixiviación correspondiente al oro refractario de 1.2 g Au/t-mineral extraído;

volumen promedio de la pirita de la Zona Central de 0,027 mm<sup>3</sup>;

volumen promedio de las franjas enriquecidas, proximado 1/10 parte del volumen total (arriba indicado);

y de un núcleo sin contenido de oro.

Se llegaría así a 84 g Au/t para el material de los contornos. Considerando que el mineral aurífero primario es prácticamente exclusiva de la Pirita arsenical y no de la Arsenopirita, nos parece un estimado bastante acertado.

Los planos N° 4 y 5 de las secciones longitudinales de las vetas Norte Uno y Julio Uno refleja las extensiones de las áreas con piritas arsenicales (Zona Central del yacimiento).

Como el oro es prácticamente el único elemento de valor en Calpa y que íntimamente ligado con la Pirita o cuarzo en cuya vecindad se a analizado con la microsonda sóloamente las Piritas.

Además del arsénico se ha hecho estudios

respecto al hierro, cobre , plata y oro dentro de la Pirita con los siguientes resultados.

**Hierro** Las curvas para la Pirita de la Zona Central son algo más movidas que para las Piritas de las partes extremas de las fisuras mineralizadas o de las transiciones entre ambas , in mostrar variaciones muy pronunciadas (o sea la Pirita arsenical con contenido de oro muestra ligeras vacilaciones); (k-129, F-1 vs. k-136, E-107 y R-122). Ver microsondas 4, 5, 6 y 9 vs microsondas 13, 14, 7.

**Cobre** No refleja mayores variaciones en la distribución de este elemento en la Pirita, resultan sólo leves contrastes el Arsénico en los contornos del material examinado (ver microsondas 10 y 11 , muestras F-1 y F-39).  
En el núcleo mas bien tiende a subir ligeramente el cobre (microsondas 3, 10 - muestras K-129, F-1).

**Plata** Los resultados indican un contraste al Arsénico (microsondas N° 2 muestra K-129) y un ligero aumento hacia el núcleo; tiene aquí una tendencia similar a la del cobre (microsonda N° 12 - muestra I-133).

**Oro** Aproximadamente una tendencia en contrario a la plata.

Es notable sobre todo que la franja arsenical en el contorno de la Pirita II + III con un ancho de aproximado 75  $\mu$  muestra varios máximos y mínimos bien marcados, pero nunca se tiene una ley uniforme de arsénico; asimismo la subida de la ley de arsénico no se produce en un solo paso, sino en varias etapas ciclicas-rítmicas. Estas observaciones son típicas para una

mineralización subvolcánica con frecuentes pulsaciones de la cámara magmática.

#### 4.4.2 Espectrometría

Para los estudios con este método se ha partido de la mineralización en Calpa donde los sulfuros consisten casi exclusivamente de Pirita y del actual beneficio del mineral que incluye un proceso de una flotación colectiva. Este producto ha sido analizado y los resultados corregidos por la fracción de insolubles, llegando por este modo a los resultados que se resumen en la Tabla N° 13.

Los resultados obtenidos con este método concuerdan bastante bien con los de la microsonda. Además nos ha proporcionado numerosas informaciones sobre metales o elementos que no se han conocido la presencia en Calpa hasta la fecha (p.e.  $WO_3$ , Ni,  $CO_3O_4$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $V_2O_5$  y  $TiO_2$ ). Aunque sin valores económico pero tienen mucha importancia para la interpretación de la paragénesis.

De los resultados de la espectrometría (más de la microsonda y del muestreo) se puede deducir lo siguiente.

Arsénico muestra altos valores en las partes superiores de la Zona Central (en el

	mineral primario).
Cobre	tiene la misma tendencia
Oro	la misma tendencia
	Se encuentra con preferencia en las partes mas bajas del yacimiento, debajo del cobre.
BaO	con preferencia en las partes bajas
Mn	con preferencia en las partes bajas
Ni	con preferencia en las partes bajas
Co	similar al Ni
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	con preferencia en las partes bajas
Pb	en las partes altas y extremas del yacimiento, muy rara o su presencia
Zn	igual al plomo
Ag	igual al plomo y en mayor profundidad

Las siguientes relaciones son significativas para una buena mineralización de Oro en Calpa

S	Fe	alta
Fe	As	baja
Fe	Cu	baja
Cu	As	alta

Es de notar que se ha observado muy poco Arsenopirita. Las muestras F-4 y E-125 representan aparentemente los respectivos centros de mineralización con la deposición tanto de minerales que corresponden normalmente a temperaturas altas como también a las de la formación de un ambiente epitermal.

Muestra	E-39	E-107	E-122	E-125	E-130	F-1	F-4	F-111	F-118	G-5	G-112	G-116	I-133	I-134	K-128	K-129	K-136
	50,8	50,5	50,7	46,5	52,7	45,6	34,8	50,5	49,4	45,7	49,9	49,5	51,0	50,2	48,8	49,4	49,9
TiO <sub>2</sub>	0,2	0,023	0,10 <sup>4</sup>	0,520	0,028	0,046		0,011	0,008	0,29	0,046	0,17	0,14	0,026	0,064	0,092	0,15
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,017	0	0	0	0,015	0	0,26	0	0	0,017	0	0	0,02	0,012	0	0	0,026
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,125	0,15	0,17	0,63	0,29	0,064	1,03	0,096	0,1	0,55	0,33	0,23	0,18	0,049	0,4	0,29	0,49
Fe	48,2	48,8	48,4	49,6	45,9	41,6	46,2	48,8	46,4	52,6	48,6	49,2	47,0	48,0	49,5	49,1	47,4
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,038	0,038	0,05	0,041	0,029	0,025	0,047	0,11	0,3	0,084	0,082	0,051	0,064	0,071	0,052	0,047	0,049
Ni	0,21	0,3	0,27	1,28	0,59	0,13	0,046	0,16	0,2	0,025	0,69	0,41	0,38	0,123	0,79	0,59	0,95
Cu	0,03	0,024	0,008	0,17	0	12,1	0,32	0,032	3,45	0,012	0,01	0	0	0,025	0	0,039	v
Zn	0	0	0	0	0	0	3,03	0	0	0,093	0	0	0	0,007	0	0	v
As	0,131	0	0,14	0,52	0,043	0,124	1,1	0,13	0,24	0,035	0	0	0,24	0,072	0	0,099	0,047
Ag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,015	0		0	0	0,021
Au	0	0	0	0	0	0,009	0,098	0	0	0	0	0	0		0	0	0,051
Pb		0	0	0,16	0	0,004	1,07	0	0	0,032	0	0	0	0	0	0,015	0
WO <sub>3</sub>		0,15	0,130	0,59		0,13	0	0,084	0,084		0,32	0,19	0,21		0,038		

Tabla N° 13 Resultados de análisis espectrométrico

#### 4.4.3 Pruebas Metalúrgicas

Para afrontar mas eficientemente el problema del oro refractario, la operación de planta de beneficio esta acompañada continuamente por pruebas metalúrgicas, mayormente de cianuración. Con los resultados obtenidos por el trabajo de dos años en el laboratorio metalúrgico de Calpa se a podido confirmar que la recuperación por cianuración es relativamente alta en la Zona Central, donde existe el oro visible (oro nativo de grano grueso) además del oro invisible (refractario). Aquí las leyes del oro total son elevadas y la cianuración alcanza su óptimo en poco tiempo. En las periferias de las vetas en donde existe el oro invisible en mayor proporción que el oro visible, la recuperación baja drásticamente. Por eso se puede deducir un límite de explotación hacia los extremos de las esctructuras mineralizadas siempre con las condiciones económicas presentes.

Otro factor de suma importancia en la operación de Calpa es la cantidad de sulfuros dentro de toda la mena. Este parámetro que nos da el ratio de concentración aumenta hacia los contornos de la vetas (tanto en sentido horizontal como vertical) define prácticamente el tamaño de la planta de cianuración e influye grandemente los costos de operación. El ratio de concentración resulta por el trabajo diario de la planta, este parámetro en el departamento de Geología se estima un promedio anticipadamente para la operación futura de acuerdo con los datos obtenidos de las múltiples pruebas metalúrgica de las labores. La tabla N<sup>o</sup> 14 resumen este factor de concentración promedio por año desde el inicio de la operación.

Año	1980	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87'	88'
Ratio	16,3	27,3	25,8	32,5	24,1	18,5	10,5	9,1	5,7
Año	'89	'90	'91	'92	'93				
Ratio	4,7	4,9	5,3	5,1	5,4				

Tabla N<sup>o</sup> 14 Promedio anual del Ratio de concentración.

Las experiencias que se ha podido acumular durante la explotación de algunas vetas desde la zona de lixiviación hasta las mas profundas de la mineralización primaria y la confirmación de estas experiencias por los resultados obtenidos en las pruebas metalúrgicas nos ha perdido:

Una subdivisión del mineral por extraer según su carácter mineralógico y su comportamiento metalúrgico con los resultados favorables para el futuro minado.

Una eficiente planificación de la operación

adelantar las investigaciones y la planificación de un proceso de tostación de los relaves de cianuración (que contienen el "oro invisible") con la consiguiente re-cianuración.

Visualizar una explotación del yacimiento en forma mas racional por un cut-off mas bajo.

#### 4.4.4 Microscopia

Con extensivos estudios de microscopia de secciones pulidas y láminas delgada se ha podido contribuir a la

determinación de un esquema paragenético  
solución de problemas granulométricos

indicación de caminos para alcanzar una mayor recuperación del mineral precioso

Ver también las microfotografías.

La evaluación de los estudios microscópico (secciones pulidas) deja establecer claramente 4 generaciones de pirita:

Pirita I como producto de la alteración de la roca encajonante, encontrándose mayormente en esta.

Pirita II pertenecen a la fase de sulfuros principales, depositadas por toda la extensión de las vetas; de interés especial son los núcleos de las piritas II en la zona central

Pirita III precipitado en forma ritmico-cíclico en los contornos de la Pirita II. Esta pirita es pirita arsenical y contiene prácticamente todo el oro "refractario" ("invisible")

Pirita IV con esta pirita finaliza la deposición primaria de este mineral; especialmente en los extremos de las vetas.

Después de la formación de la pirita II y también de la Pirita II + III, había actividad tectónica que dejó afectada la pirita II + III con cataclasas bien pronunciadas.

La calcopirita entro por las fisuras en la

pirita (II + III) reemplazandola (pero solamente en la zona central.

La esfalerita, galena, tetraedrita/tennantita, pirrotita y arsenopirita no son de importancia en calpa. Los 2 últimos minerales se encontraron en muestra provenientes de los niveles inferiores y del centro de la zona central (aparentemente existían aquí durante la formación estos minerales, deficiencia de azufre y mayores temperaturas) y los tres primeros aparecen en menores cantidades cerca de la superficie y en los extremos de las vetas.

#### 4.4.5 Paragénesis

-----

El desarrollo de la formación de los minerales una acción continua durante varias etapas y fases pero también con características cíclicas-rítmicas es ilustrado por la suma de los resultados de todas las investigaciones.

La figura N° 11 explica la escasa formación de carbonados en la ganga como resultado solamente de una leve concentración de CO<sub>2</sub> en las soluciones hidrotermales y su

ubicación preferencialmente en las "raíces" de las vetas o sus centros de mineralización (ambas alternativas por la elevada temperatura al tiempo de entrar las soluciones) como también en los extremos de las estructuras mineralizadas como efecto de un pH levemente alcalino.

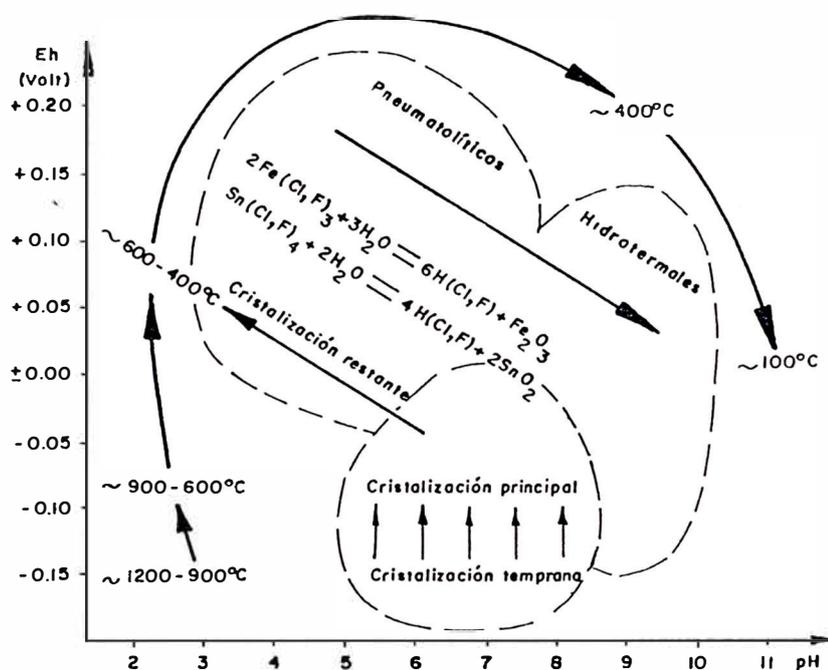


Figura N° 11 Desarrollo de pH y Eh durante el ciclo de cristalización según H.BORCHERT (1967)

Muestras y análisis detallado de las diferentes zonas de la ganga en el nivel 2143, veta Celia, galería 280 oeste han confirmado esta tendencia

Considerando que esta labor se encuentra todavía en la Zona Central; por eso faltan las últimas precipitaciones de la ganga mas al centro de la veta.

En la tabla N<sup>o</sup> 15 se muestra los resultados obtenidos de un muestreo realizado primero al piso de la veta (F-145), luego un poco mas al centro (F-138), la primera muestra de roca mientras que las dos últimas son de alteraciones (o gangas).

Elemento Número de muestra y su ubicación en la veta

	F-145 Piso	F-138 mas al centro	F-140 centro
SiO <sub>2</sub>	25,01	62,55	76,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	53,53	17,09	13,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,42	14,06	4,17
FeO	2,47	0,06	0,10
MnO	0,08	0,09	0,02
CaO	2,03	3,80	0,73
Na <sub>2</sub> O	3,18	0,17	0,21
K <sub>2</sub> O	0,93	0,01	3,66
MgO	0,87	0,74	0,43
TiO <sub>2</sub>	0,33	1,06	0,28
H <sub>2</sub> O	0,15	0,37	0,39
Total	100,00	100,00	100,00

Tabla N<sup>o</sup> 15 Análisis de las diferentes zonas de ganga en nivel 2143, veta celia, galería 280 oeste.

La tabla anterior esta definido por:

incremento en sílice

disminuciones en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O, MgO

disminuciones en Fe total

- incremento en  $K_2O$  hacia el centro de la veta
- FeO alcanza su máximo en el piso (todavía es alteración)
- $Fe_2O_3$  aquí también es alto, pero tiene su máximo al final de la etapa I durante la fase principal de formación de los sulfuros (pirita II) para bajar durante la fase de los sulfuros nobles y durante la etapa II (la formación de la calcopirita p.e. incluso los escasos polimetálicos ZnS, PbS y  $Cu_3(Sb, As)_4S_4$ ).
- el oxígeno llegó a su máximo al comienzo y al final de la mineralización, mientras
- el azufre alcanzaba sus mayores concentraciones durante la fase principal de los sulfuros (pirita II)

El perfil de la veta celia (que se mostró anteriormente en la Tabla N<sup>o</sup> 14, puede ser tomado como representativo para el desplazamiento de los diferentes elementos. La primera etapa está dominada por la formación sobre todo de sulfuros simples (pirita I, II y III) al final ya con ciertas sustituciones (As y Au) en la macla de la pirita.

La segunda etapa es constituida por complejos de sulfuros con menor contenido de hierro (minerales como calcopirita y tetraedrita tennantita mas ZnS y PbS) y en

profundidad algo de Scheelita.

La distribución de los elementos químicos según el tiempo de deposición y lugar en el yacimiento (en sentido horizontal y vertical) deja conocer las diferentes características ya descritas como son bien definidos para yacimientos originados relativamente a poca profundidad (subvolcánico hasta 2 km). Como condición que caracterizan a un yacimiento subvolcánico H. BORCHERT (1968) resumen lo siguiente:

abruptas caídas de temperatura y presión (isotermas angostas)

lavas y tobas con una secuencia rítmica

múltiples pulsaciones

telescoping (crecimiento lelescópico, donde la corteza terrestre experimentó influencia magnética)

Los minerales complejos son muy frecuentes

son muy pronunciadas las diferencias de la mineralización primaria tanto en sentido vertical como horizontal

las rocas encajonante eruptivas son jóvenes

fuertes alteraciones (propilitización, sericitización etc).

la formación de carbonados por descomposición de la parte mas anortítica de las plagioclasas que

frecuentemente presentan zonamiento rítmico.

En Calpa solamente los sulfuros y en pequeñas escalas algunos óxidos de la zona de oxidación son de interés para la operación minera.

Estos sulfuros entre -10 a 20% de la mena son compuestos casi enteramente de pirita (aparte de la pirita solamente  $\pm$  0,5% de calcopirita y subordinadas minerales asociados como pirrotita, arsenopirita, marcasita, tetraedrita, esfalerita y galena). Macroscópicamente se puede observar un aumento de la pirita mas fina hacia los extremos de las vetas. En cambio la calcopirita y el oro visible van desapareciendo hacia los extremos de la mineralización. En la misma dirección aumenta la relación de Ag : Au.

Según todas las observaciones se puede elaborar el siguiente esquema paragenético para la mineralización primaria en calpa (considerando una probable exsolución del oro invisible con la siguiente deposición como oro visible también como proceso primario)

Fases	Catatermal	Mesotermal	Epitermal
Mineral	400-300°C	300-200°C	200-100°C
Magnetita, Hematita	-----	-----	-----
Pirrotita	-----	-----	-----
Pirita I	-----	-----	-----
Pirita II	-----	-----	-----
Pirita III	-----	-----	-----
Pirita IV	-----	-----	-----
Chalcopyrito	-----	-----	-----
Esfalerita	-----	-----	-----
Galena	-----	-----	-----
Arsenopirita	-----	-----	-----
Oro invisible	-----	-----	-----
Oro visible	-----	-----	-----

Figura N° 12 Esquema paragenético para la mineralización en Calpa

Bajo las condiciones catatermales clasificamos la piritización y formación de agregados aislados de pirrotita. La deposición de pirita II mas la pirita III con el oro invisible al final de la fase mesotermal, que es seguido por fuertes movimientos tectónicos (menores movimientos había entre la deposición de la pirita II y la pirita III) que a su vez habrían traído también la precipitación del oro visible preferentemente en las fracturas creadas en la pirita II + III mas los muy escasos

polimetálicos. O sea la precipitación del oro visible (el oro que es actualmente recuperado con el respectivo tratamiento) es interpretado aquí como una redeposición a causa del reemplazo de la pirita II + III (sobre todo en la pirita III) por soluciones cupríferas que habían seguido relacionados a los movimientos tectónicos posterior a la formación de estas piritas (que es arsenical y auríferas), un proceso similar a una tostación de una pirita aurífera.

Las soluciones residuales de la cristalización diferenciada del magma al momento de entrar por las fisuras abiertas, eran levemente alcalinas, alteraban las rocas encajonante y formaban la pirrotita mas la pirita I, neutralizandose con esta actividad. La pirita II ya debía haberse depositado en un ambiente ácido. Estas condiciones predominaban hasta el final de la mineralización primaria cuando las soluciones se convirtieron nuevamente algo alcalino.

Es probable que las pulsaciones (Ver sección 4.4.1) también han sido influidas por variaciones del pH. La deposición del

oro en la Pirita arsenical (y/o arsenopirita), de complejos de bi-sulfatos puede ocurrir como resultado de una reacción redox (oxidando el oro para reemplazar el hierro y reduciendo el arsénico para sustituir el azufre).

Las temperaturas de las soluciones mineralizantes se relacionan aproximadamente con las alteraciones y se les puede estimar como sigue:

Etapa I	( ( (	Pre-fase	(400 - 300)°C
		Fase principal de los sulfuros	(300 - 250)°C
		Fase de los sulfuros nobles	(250 - 200)°C
Etapa II		Fase polimetálica	(200 - 100)°C

Según la figura Nº 13 se puede clasificar la mineralización en Calpa entre catatermal hasta epitermal, estimado la mineralización de oro como mesotermal (el oro invisible) y epitermal para el oro visible.

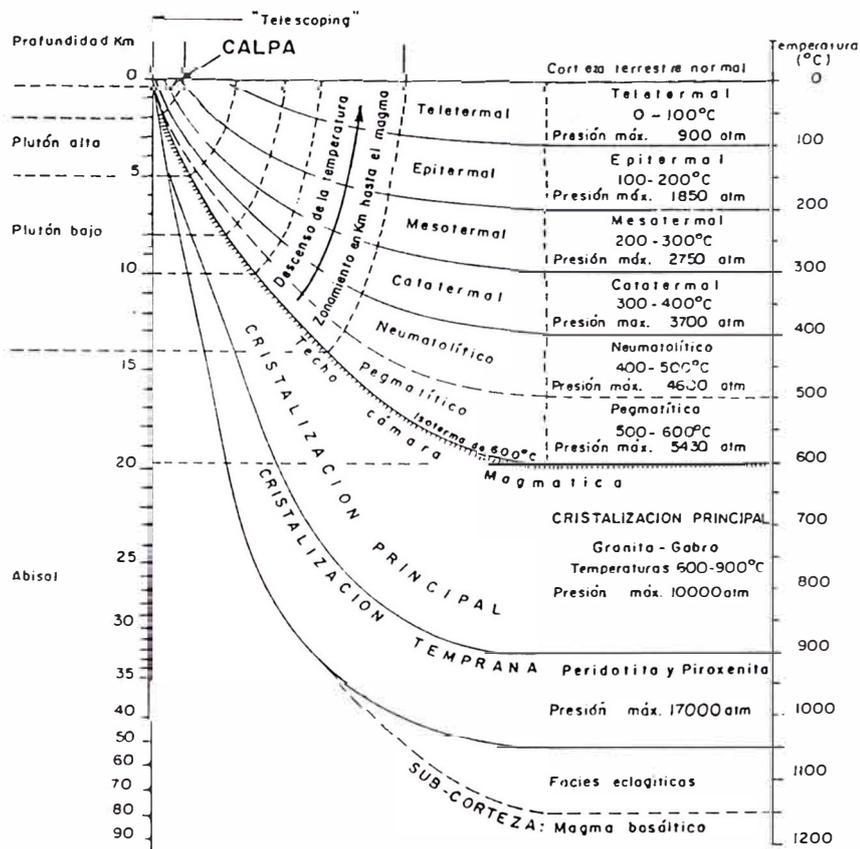


Figura N°13 Fases de la Cristalización de un Magma, ampliado por H. BORCHERT (1967)

#### 4.5 Evaluación de los Controles e Investigaciones

Los trabajos de exploración y beneficio de mineral desde los afloramientos hasta las "raíces" de las vetas mineralizadas (en varias estructuras) del yacimiento aurífero Calpa durante 15 años han permitido obtener bastante experiencia y conocer la mineralización en lo que se refiere a la distribución de valores de oro y los elementos accesorios plata y cobre y también su comportamiento metalúrgico.

La inquietud y necesidad de tener un conocimiento mas profundo en la materia que solo

se conocía muy poco por los trabajos anteriores, se tenía una buena recuperación de flotación y un descenso en la cianuración (al inicio de la operación 1988).

Además en ese tipo no se conocía todavía la real extensión del yacimiento, teniendo solamente una cantidad reducida de reservas de mineral a disposición. Por eso se empezó los trabajos de investigación que son detallados en la sección 4.4.

Mientras se intensificó los trabajos de exploración y desarrollados, se aumentó la extracción de 200 a 850 t/d. Para asegurar la buena marcha de la operación se incrementó las reservas de mineral. Con el tonelaje incrementado baja también el cut-off, por este motivo, pronto sería posible incluir mineral a la explotación de la categoría "marginal". Este material existe en cantidades considerables en los extremos de las vetas. Generalizando se puede decir, que estos trabajos de investigación que acompaña permanentemente la operación en Calpa crean la base para la continuidad de la operación minera en Calpa para un largo plazo.

#### 4.5.1 Resumen de los resultados

Como los sulfuros en Calpa representan el mineral beneficiable y la pirita su mayor componente con el oro íntimamente ligado a ella (prácticamente el único contribuyente a los ingresos) se ha dirigido todas las investigaciones con preferencia a la pirita y al oro, cuyos resultados son:

En el mineral de la actual extracción aparece la pirita mayormente en dos generaciones.

El oro también se presenta en 2 variedades

Una generación de pirita II (que sigue a la de las alteraciones) se extiende desde los probables ascenso de las soluciones mineralizantes casi hasta las periferias de las estructuras. El tamaño de los agregados individuales es de + 300 y disminuye hacia los extremos de las vetas.

Otra generación, la pirita III se localiza sobre todo en la zona central y va desapareciendo hacia las periferias. Esta pirita (mas fina y con brillo mas blanquecino) forma los contornos cíclicos rítmicos y contienen también el oro invisible de estas zonas. Este tipo de metal precioso actualmente no se puede recuperar todavía por el grano finísimo.

El oro que se recupera muy rápido con los actuales métodos de tratamiento y casi completo (son aproximado 70% del oro total) es el oro visible (oro nativo). esta clase de oro se encuentra mayormente en fisuras o fracturas de la pirita o como reemplazante desde los contornos de ella. También es encontrado con cuarzo pero siempre muy cerca a la pirita. Este oro es posterior a la

pirita II y III.

Las investigaciones con microsonda han dado como resultado también la presencia de arsénico en los contornos, o sea la pirita III es una pirita arsenical. Se supone que esta c-precipitación de pirita mas el arsénico y el oro ha resultado en forma de una solución sólida en la pirita. El oro visible (+ 0.1 u) y nativo esta casi limitado a la zona central.

#### 4.5.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

De las soluciones hidrotermales que entraban a las fisuras pre-existentes por la actividad tectónica se formó como primer sulfuro la pirrotita en la parte mas profunda del yacimiento. Aumentando la concentración del azufre por el descenso de la temperatura y de la presión de las soluciones mineralizantes se precipita la pirita I en las rocas encajonadas causando aquí los efectos de una alteración hipogena. Esta cristalización fue casi contemporánea con la cristalización de la pirrotita, pero era influida por una elevada diferencia de temperatura entre la roca encajonante y la solución

entrante. Esta hipótesis es ilustrada en la figura N° 14.

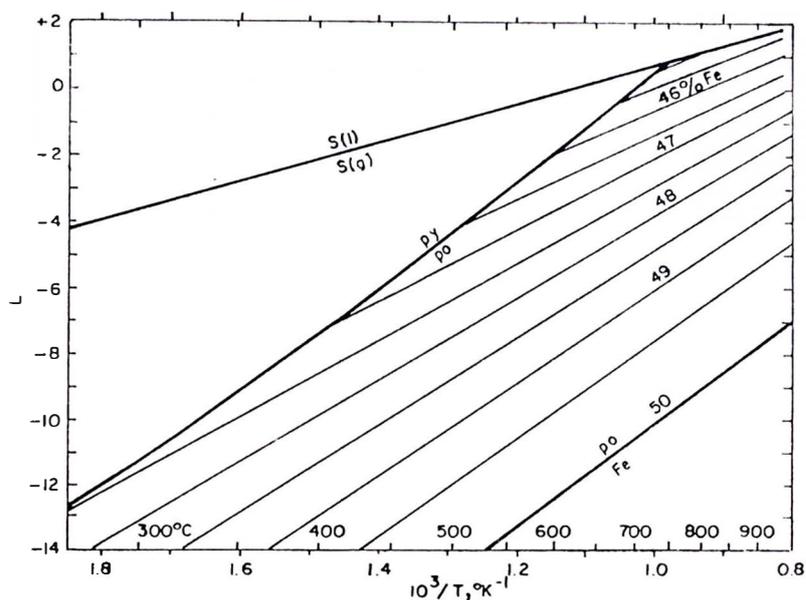


Figura N° 14 Composición de la Pirrotita en función a la actividad del azufre y temperatura según P. TOULMIN & P.B. BARTON (1964) en H.L. BARNES (1967)

Según P. RAMDOHR (1950) la pirita reemplaza a la pirrotita con incremento en la concentración del azufre. Esto se produce cuando las temperaturas y presiones de las soluciones mineralizantes bajan. Bajo estas condiciones se precipitó la pirita II sobre toda la extensión de las fisuras. De los cristales de pirita II en la zona central resultan posteriormente los núcleos de los agregados de pirita II y III.

En Calpa hay marcadas diferencias en la granulometría de las piritas. Las de mayores tamaños (300 - 600 u) se encuentran preferentemente en la zona central, las de menores dimensiones en los extremos Este y Oeste de las vetas. Según P. TOULMIN y S. CLARK (1967) en H.L. BARNES (1967) este fenómeno puede ser el resultado sobre todo en la disminución de la temperatura de las soluciones en la dirección del flujo. P. RAMDOHR (1950) mas bien relaciona estas diferencias con variaciones de las temperaturas y formación de cristales, en tal sentido: según el un descenso leve de la temperatura produciría pocos cristales pero grandes, una mayor variación resultaría en muchos cristales pero mas fina.

De las investigaciones de S. CLARK (1960) en H.L. BARNES (1967) resulta que una asociación de pirrotita + (As,S) en forma líquida con temperaturas menores de 491°C ya no es estable (termómetro geológico) (Ver figura N<sup>o</sup> 15)

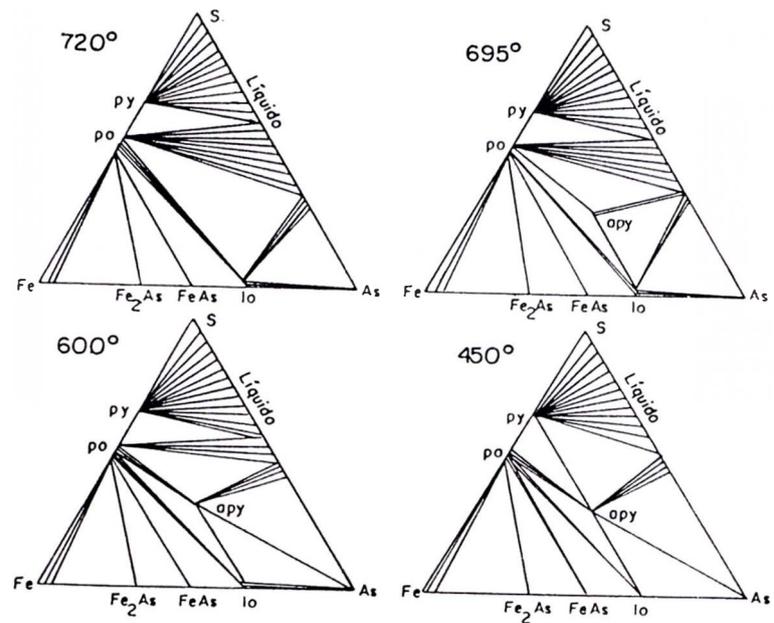


Figura N° 15

Relaciones isothermal de las fases en el sistema Fe-As-S (cuatro temperaturas) según S. CLARK (1960).

Aparece solamente la co-existencia de pirita + arsenopirita. Al mismo tiempo se ancha la franja que significa el contenido del Arsénico en la pirita en forma líquida. Cuando las soluciones hidrotermales alcanza la concentración suficiente de arsénico y oro, habrá una co-deposición de As + Au en la pirita en forma solución sólida. G.B. AREHART, S.L. CHRYSSOULIS y S.E. KESLER (1993) explican esto como reacciones del

potencial redox (oxidando al oro y reduciendo al arsénico).

Esta pirita arsenical con contenido de oro invisible se forma al final de la primera etapa de la mineralización. Los múltiples zonamiento indican probablemente las pulsaciones de los fluidos hidrotermales subvolcánicos. Característica es el cambio de hábito de la pirita (en parte). Se forma contornos zonados, pero muestran en un estadio más temprano una orientación bien definida (los cristales de la pirita III perpendicular a la pirita II). La relación S:Fe en el conjunto de todos los sulfuros de cada muestra de los lugares de mayores leyes de oro, tienen una deficiencia en azufre. (ver la tabla siguiente).

Muestra F-4	F-125	F-118	K-128	K-129
S: Fe 0,753	0,937	1,065	0,986	1,006

Tabla Nº 16 Relación de S Fe en lugares de mayor ley.

Las piritas II y III de la zona central muestran signos de cataclasis, indicios de movimientos tectónicos después de la formación de estas Piritas.

Aparentemente después de la cristalización de la Pirita III hubo un movimiento que movilizó nuevas soluciones hidrotermales y trajo consigo el cobre y en menor importancia el tungsteno. Ambos elementos se encuentran casi exclusivamente en la Zona Central, el cobre en la Calcopirita y algo de tungsteno encima.

Una cataclasa indica siempre la dirección para las soluciones reemplazantes y acelera sus acciones. Pero la estructura zonada de la Pirita III también favorece reemplazamientos selectivos. En las microfotos 2 y 3 p.e se observa la oxidación en el límite entre el núcleo y la franja de la Pirita III y el núcleo mismo (Pirita II), probablemente por tener mas azufre la Pirita II que la III.

G.B. AREHART, S.L. CHRYSOULIS Y S.E. KESLER (1993) supone el oro visible como producto de exsoluciones de la macla de la Pirita arsenical. Este oro (aprox. 70% del total) se habría formado inmediatamente después de las

cataclasas y un poco antes que la Calcopirita.

La Calcopirita reemplaza claramente las Piritas II y III desde los contornos de ellas y desde pequeñas fisuras o fracturas dentro de las Piritas. Además se le encuentra con el cuarzo. La Calcopirita no presenta ninguna exsolución ni indicios de contener arsénico. La Calcopirita está limitada prácticamente a la Zona Central.

Algo más bajo en esta zona se ha detectado valores de tungsteno. R.W. BOYLE (1979) manifiesta la presencia de Scheelita como portador de  $WO_3$  en todos los yacimientos auríferos estudiados del tipo oro cuarzo vetiforme. El relaciona esto con similares solubilidades del oro y tungsteno. Aparte de esto menciona actividades de explotación de bolsionadas de Scheelita con 0,05-0,75%  $WO_3$  en minas de tales yacimientos.

El mismo autor relaciona leyes bajas de Ni y Co en vetas de oro-cuarzo con la Pirrotita, las primeras Piritas,

Arsenopirita y Tennantita/Tetraedrita. En Calpa se a detectado por espectrografía estos elementos en muestras provenientes de los niveles más bajo y algo en las Zona Central de la mineralización.

Cromo mas bien -según él- proviene en vetas auríferas con cuarzo, de los minerales de la roca encajonante, p.e. de la Clorita, Biotita, Sericita, Pirita, Magnetita. No existen interrelaciones entre el oro y el cromo en yacimientos hidrotermales del tipo oro-cuarzo según R.W.BOYLE (1979). En Calpa se deduce la proveniencia del cromo de las rocas encajonantes por este motivo.

Asimismo menciona leyes elevadas de Ni, Co y Mn en las partes mas profundas y en la Zona Central por precipitaciones tempranas, muy probable como inclusiones en la Pirrotita y/o Pirita II.

El Ni es comprobado en casi todos los yacimientos del tipo como el presente. Y se relaciona este metal sobre todo con la Pirrotita, Pitita,

Arsenopirita, Calcopirita y Tetraedrita/Tennantita.

Lo mismo se puede constatar para el Cobalto. Pero las cantidades comprobadas son considerablemente menores que para el Niquel.

Una alta movilidad para ambos elementos en soluciones casi neutrales hasta ácidas es indicado para esta deposición temprana.

Generalmente el transporte del oro en las soluciones mineralizantes de depósitos hidrotermales es asumido en forma de un complejo bisulfato  $Au(HS)^2$  y el arsénico como un ión de arsénico o -bajo condiciones extremadamente reductivas- como un tioarseniuro  $AsHS^2$  o  $AsHS^3$ , pero el arsénico esta siempre en el estado +3.

G.B. AREHART, S.L. CHRYSOULIS Y S.E. KESLER (1993) sugieren una deposición del oro con arsénico como una sustitución en la macla de la Pirita a consecuencia de una acción redox, o sea una oxidación del oro ( $Au_{+j}$ ) y como consecuencia una reducción del arsénico.

sea una oxidación del oro ( $Au_{13}$ ) y como consecuencia una reducción del arsénico.

Los mencionados autores sostienen que las Piritas auríferas con arsénico en exceso de 0,5 % son metaestables, por eso se deduce como origen del oro "visible" como una exsolución del oro de la macla de la Pirita arsenical, por consiguiente una acumulación a granos de mayores dimensiones en la cercanía de los agregados primarios (un proceso similar a los efectos de la tostación del material aurífero refractorio, cuando se descompone el material original y el oro se acumula agrupándose en la periferia de los agregados primarios quedando partículas visibles).

Por regla general en Calpa el ratio Plata y Oro (Ag Au) aumenta hacia las periferias o extremos de las vetas, es probable por la disminución del oro en estas direcciones, además por la presencia de algo de Tetraedrita que se ha encontrado junto

## 5 RECOMENDACIONES

Al haberse establecido con este trabajo la paragénesis y extensión de este yacimiento ahora si se puede canalizar estos resultados para los siguientes trabajos:

Seguir el crucero hacia el Sur para intersectar la Veta Buena Vista a partir de la Veta Celia del nivel 2143 a la altura de las Coordenadas E98900, N100300 y desarrollar intensamente esta estructura y dependiendo del resultado en este nivel, continuar el crucero 515 Sur con dirección a Buena Vista.

Realizar los trabajos Geológicos y topográficos en superficie la zona comprendida entre San Miguel (bocamina del Nivel 2184) y la quebrada Cachica donde se tiene halos de alteración muy extensos.

Continuar con los desarrollos de la Veta M en el nivel 2100 con la Galería Olo Este y Oeste. Del mismo modo seguir en este nivel hacia el Oeste la Veta Sin Nombre.

Hacer un Pique en el nivel 1950 en la zona de veta Hilo hacia el nivel 1910 y posteriormente de acuerdo a los resultados en este nivel continuar un nivel mas abajo (Nv. 1870).

Continuar con el estudio de alteraciones de la roca encajonante con microscopía y con los minerales del mismo modo, así también analizar el contenido de arsénico con las microsondas y pruebas metalúrgicas.

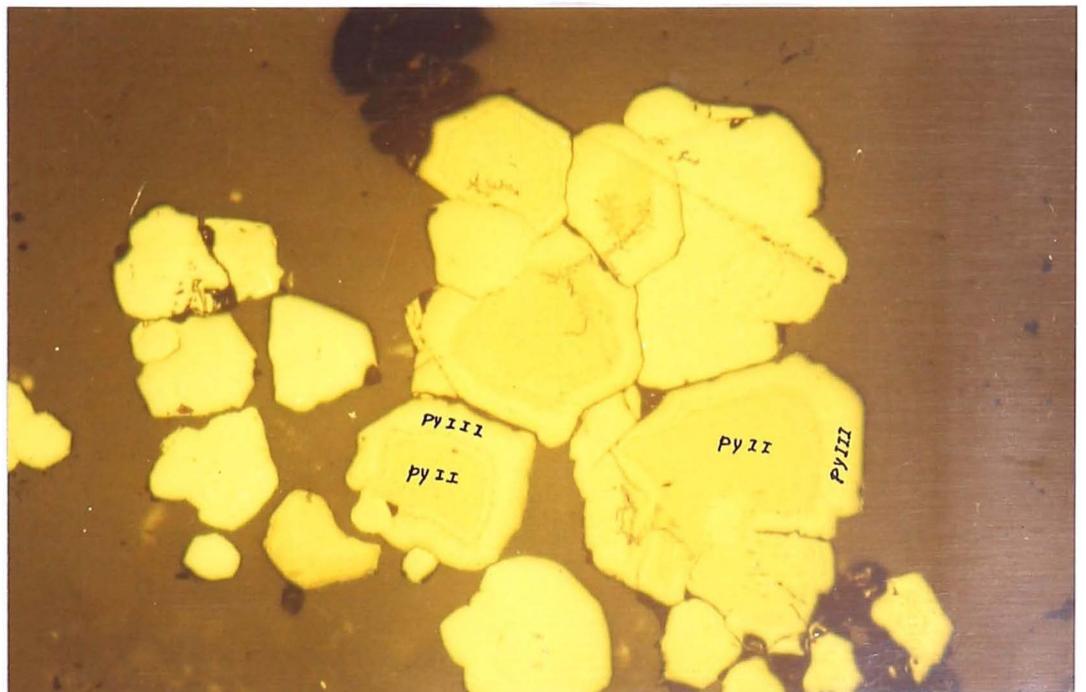
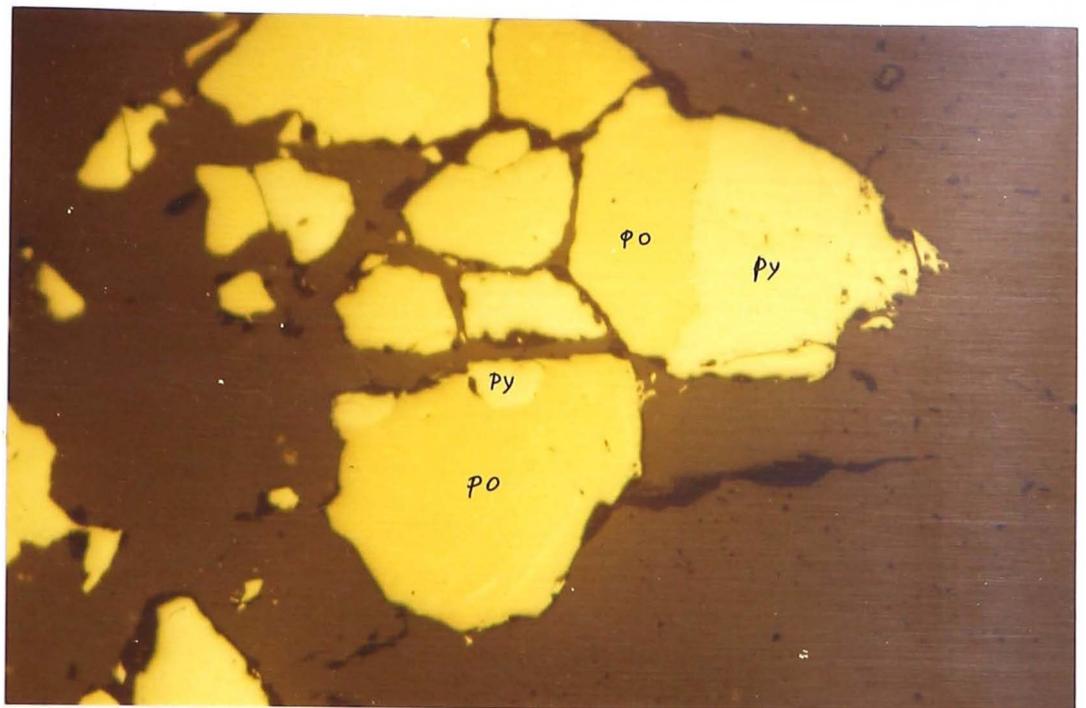
## 6 ANEXO

### 6.1 Microfotografías

Microfoto 1: Muestra K-129; Nivel 1950, Veta San Juan 125X, foto 13,5X; 41 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida); Nicóles X :  
En el nivel más bajo (1950) aparece la Pirrotita (el mineral más amarillo en la fotografía), parcialmente reemplazado por Pirita (más claro). El agregado de Pirrotita abajo muestra "rayos" más claros que podrían ser segregaciones (eventualmente Pentlandita indicado por las elevadas de Ni en este sector).

Microfoto 2: Muestra E-125; Nivel 2184, Veta Coqueta 250X; foto 13,5X; 58 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida):  
Los comienzos de la oxidación en forma concéntrica en los contornos de la Pirita retrasa la estructura zonada en los contornos de la Pirita.

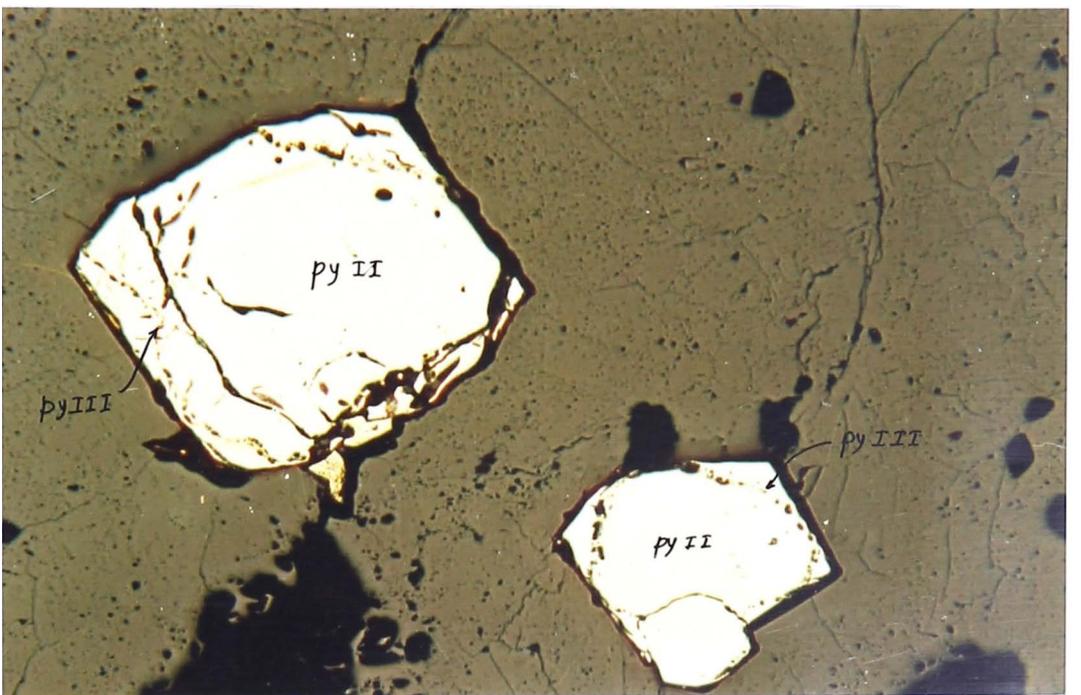
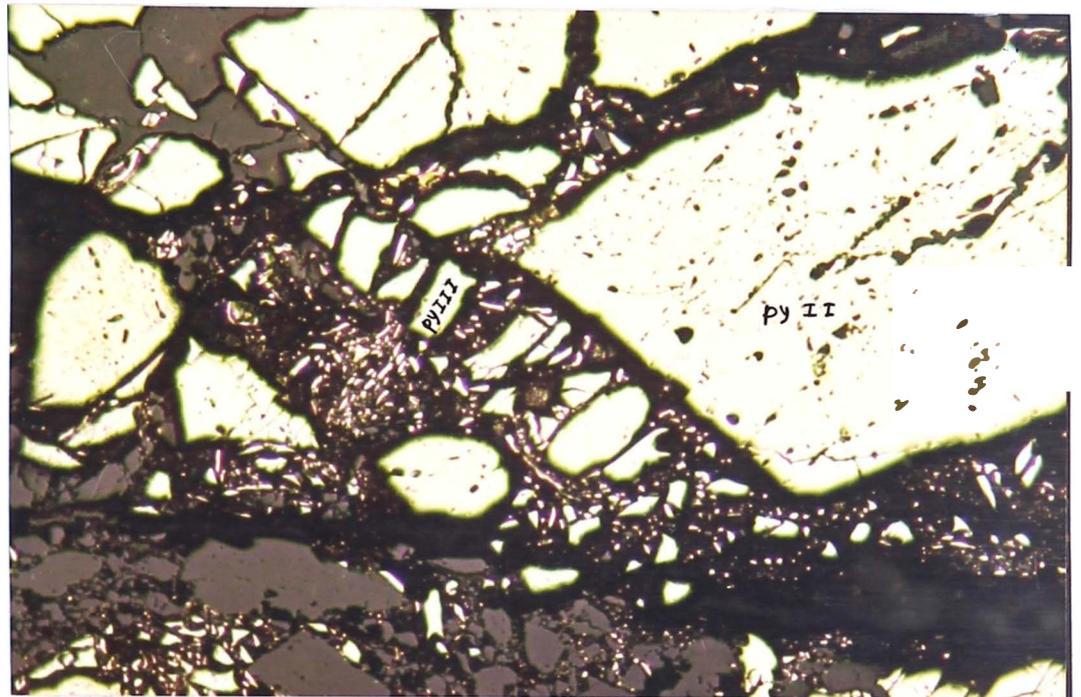
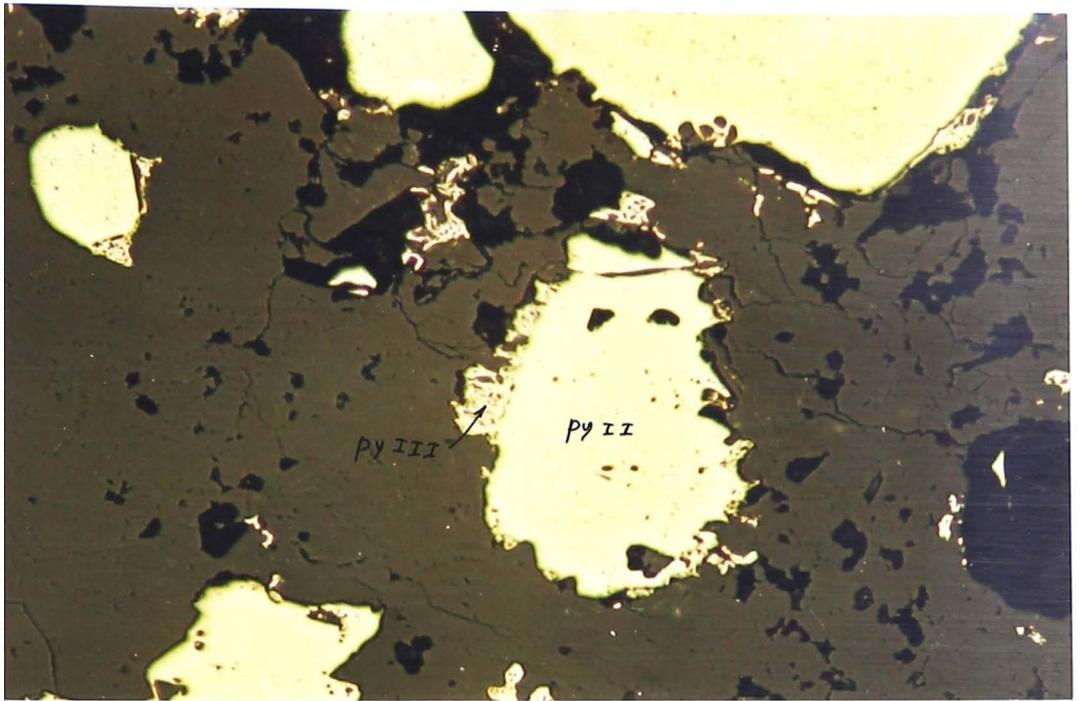
Microfoto 3: Muestra E-125; Nivel 2184, Veta Coqueta 250X, foto 13,5; 58 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida)  
El comienzo de la oxidación en forma concéntrica hace ver las diferencias en la composición química de las Piritas.



Microfoto 4: Muestra I-132; Nivel 2020, Veta Norte Uno  
125X, foto 13,5X; 41 mm (foto) = 1 mm  
(Sección Pulida):  
A las Piritas grandes, casi idiomorfos se  
agregan partículas de una Pirita de la  
tercera generación (2da. y 3ra. generación).

Microfoto 5: Muestra I-134; Nivel 2020, Veta San Miguel  
250X, foto 13,5 X; 58 mm (foto) = 1 mm  
(Sección Pulida):  
La fotografía muestra el mismo fenómeno como  
en la microfoto 4, pero en un estado más  
avanzado, orientando sus agregados la 3ra.  
generación de Pirita- ya mas crecidos-  
aproximadamente perpendicular al núcleo  
grande de la generación anterior.

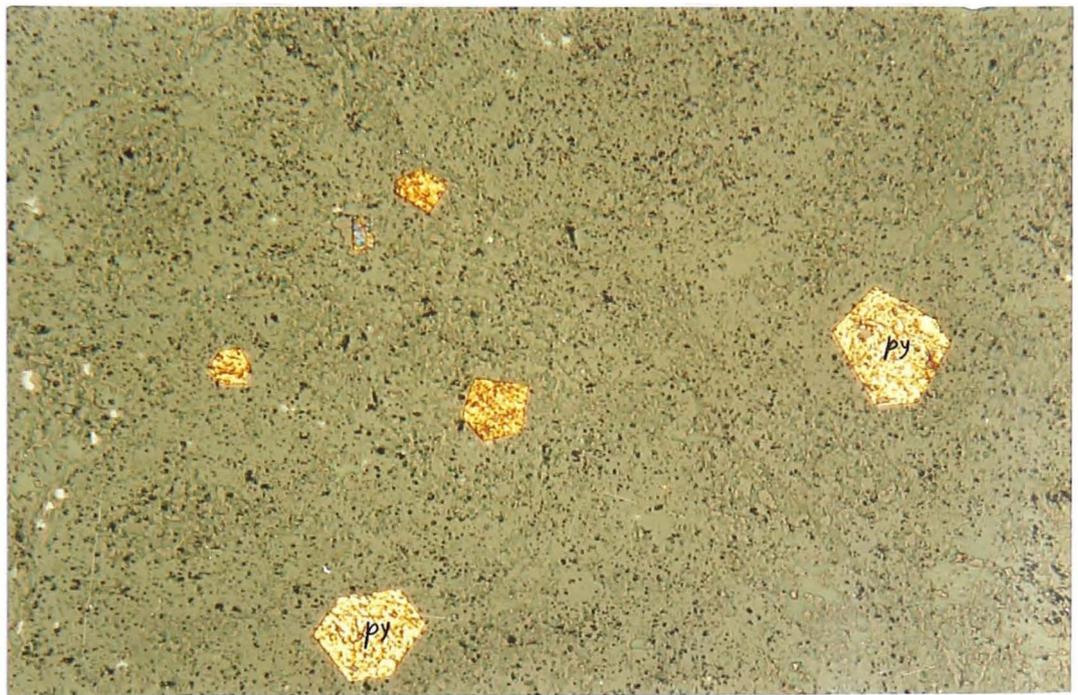
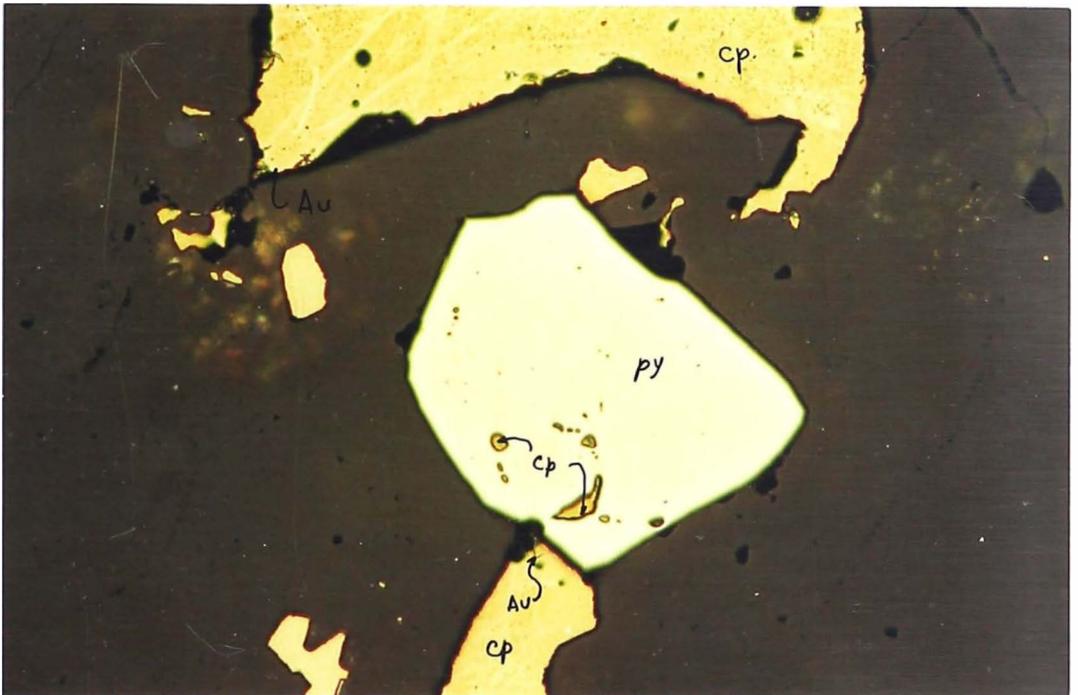
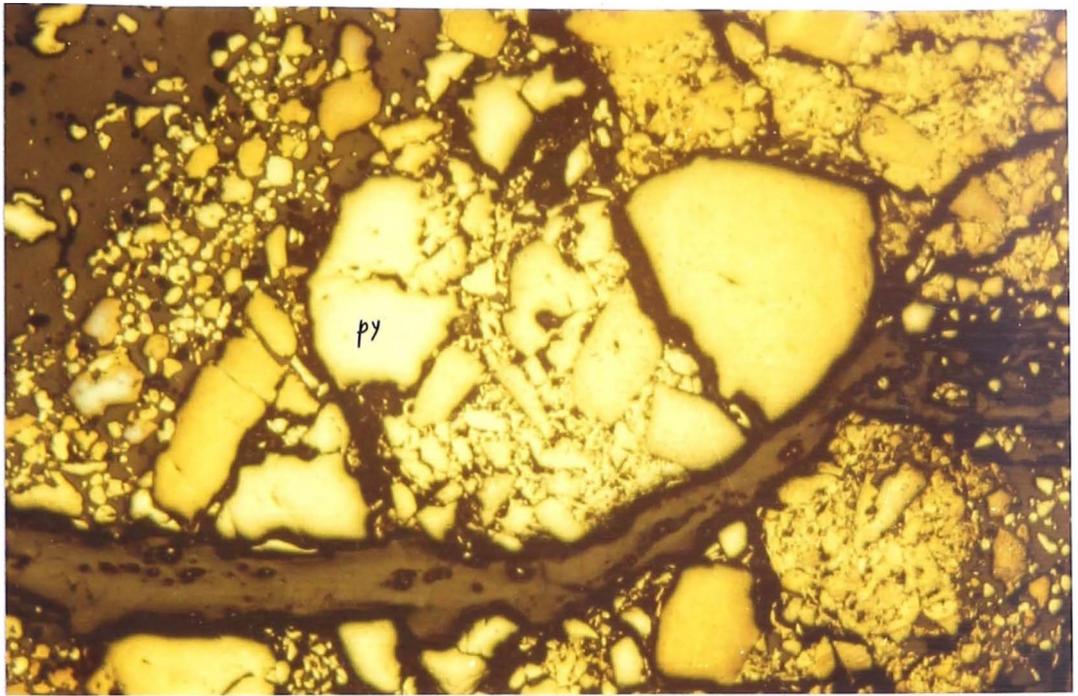
Microfoto 6 Muestra E-125 Nivel 2184, Veta Coqueta  
62,5X, foto 13,5X ; 29 mm (foto) = 1mm  
Piritoedros idiomorfos con zonamiento de las  
generaciones II y III.



Microfoto 7: Muestra F-119, Nivel 2143, Veta Julio Uno  
125X, foto 13,5X; 41 mm (foto) = 1  
(Sección Pulida):  
Entre Piritas más grandes hay pequeñas  
partículas como matriz.

Microfoto 8 Muestra E-107, Nivel 2184, Veta Norte Uno  
125X, foto 13,5X; 41 mm (foto) = 1 mm  
(Sección Pulida):  
Calcopirita reemplaza un agregado de Pirita  
(Piritoedro casi idiomorfo) y ésta  
reemplazada a su vez por pequeños granos de  
oro (arriba izquierda y centro de abajo en la  
punta).

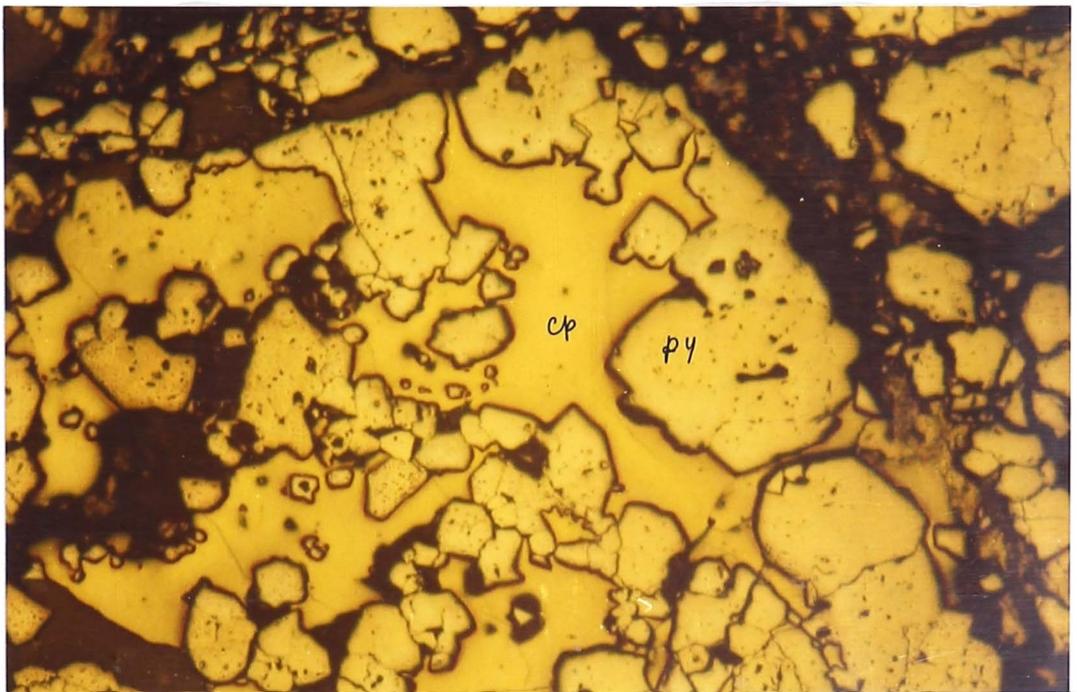
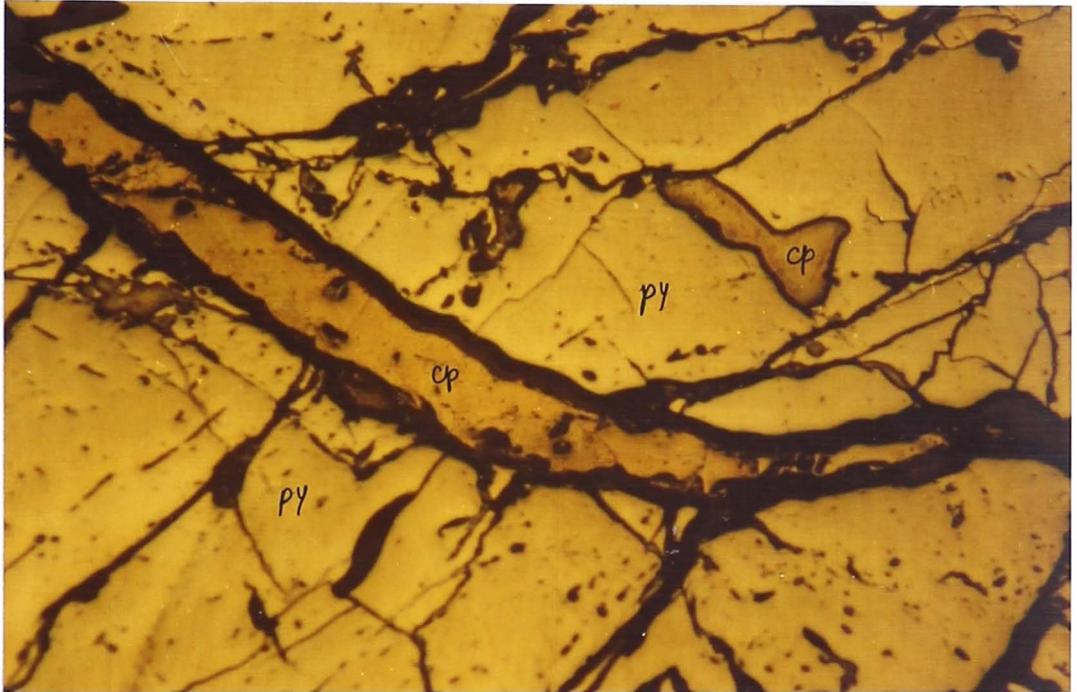
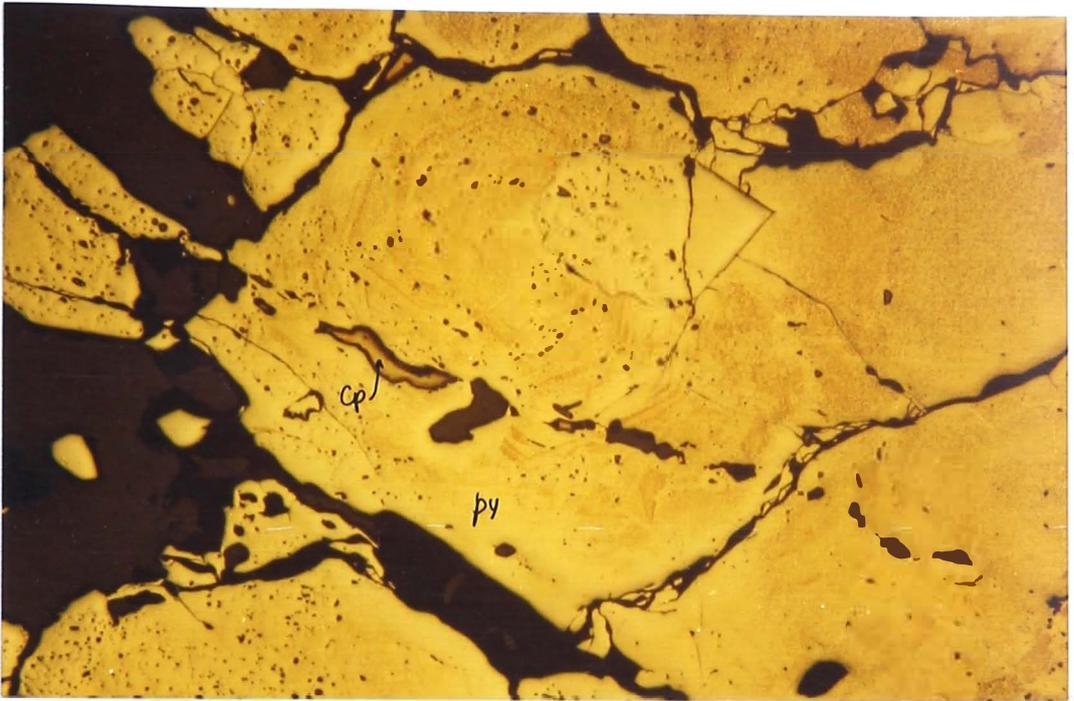
Microfoto 9 Muestra F-4, Nivel 2143. Veta Nortero Uno  
62,5X, foto 13,5X; 29 mm (foto) = 1 mm  
(Sección Pulida):  
Piritoedros idiomorfos levemente oxidados.



Microfoto 10: Muestra E-108; Nivel 2184, Veta Norte Uno  
125X; foto 13,5X; 41 mm (foto) = 1 mm  
(Sección Pulida):  
Calcopirita entrando en las pequeñas fisuras  
de la Pirita.

Microfoto 11: Muestra G-115; Nivel 2100, Veta Julio Uno  
125X; foto 13,5X; 41 mm (foto) = 1 mm  
(Sección Pulida):  
Igual a la microfoto 10, pero el  
reemplazamiento de la Pirita por la  
Calcopirita esta mas avanzado en esta  
muestra.

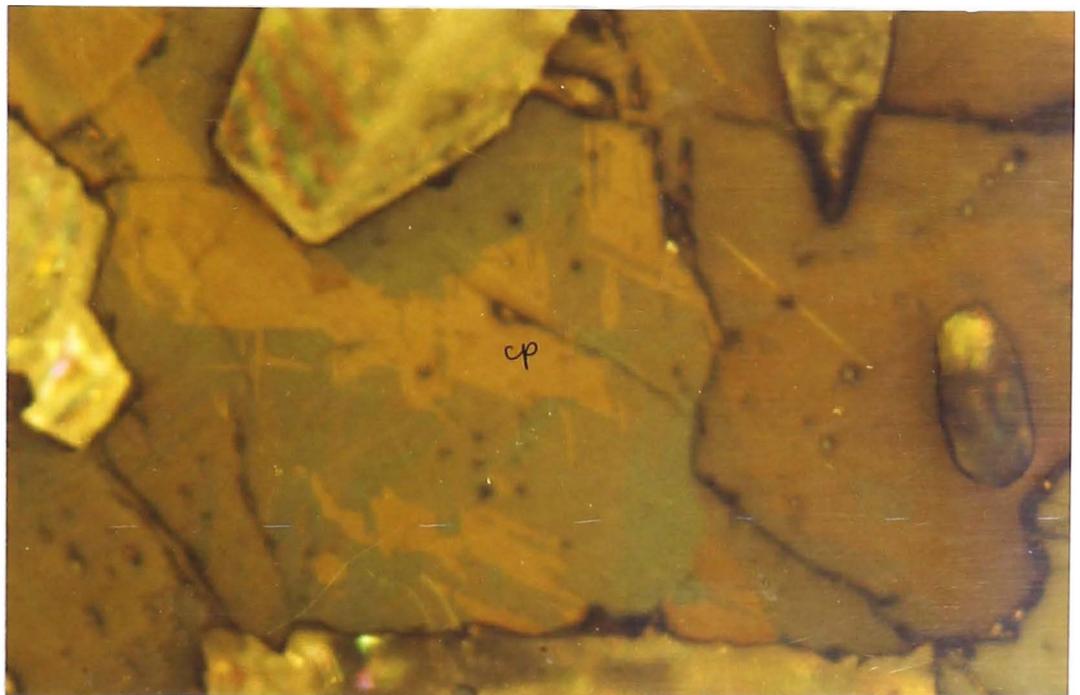
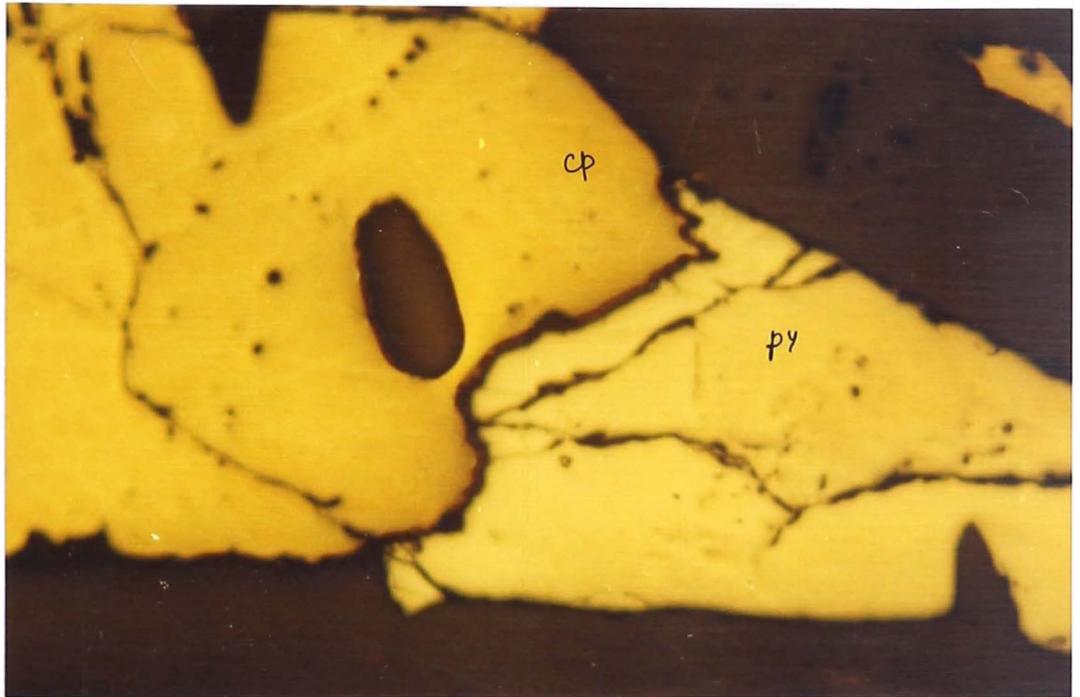
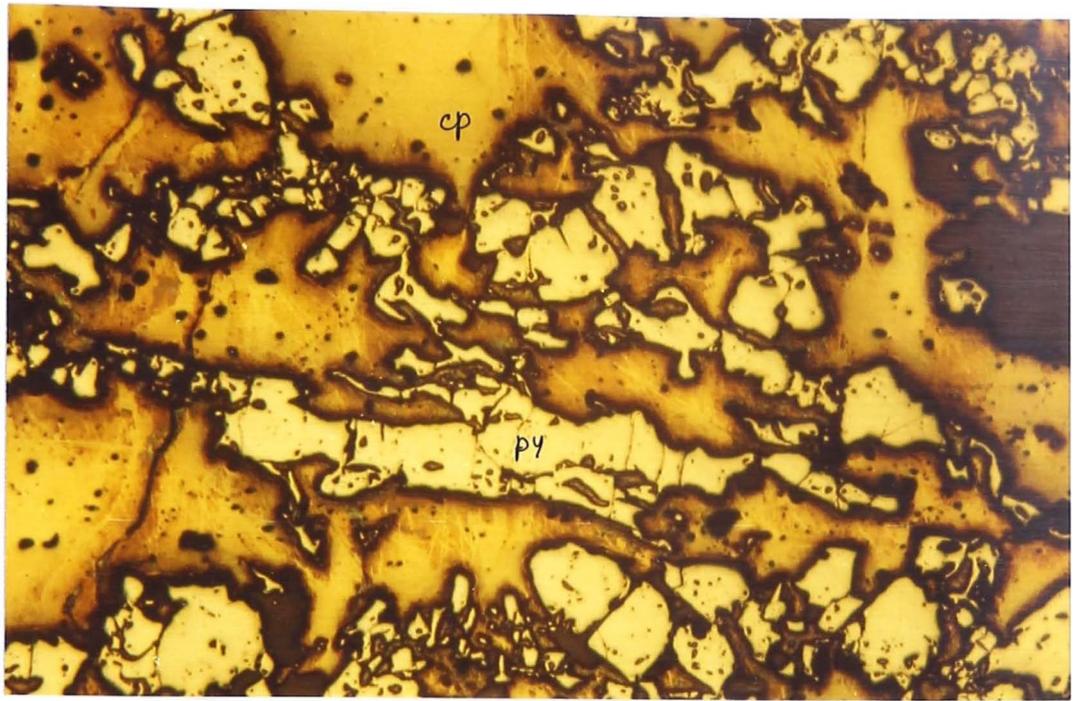
Microfoto 12 Muestra F-117; Nivel 2143, Veta Julio Uno 125  
X, foto 13,5X; 41 mm (foto) = 1 mm  
(Sección Pulida):  
El reemplazo de la Pirita (color blanco-  
amarillo) por la Calcopirita (mas amarillo)  
está avanzando que en la microfoto 11.



Microfoto 13: Muestra E-120: Nivel 2184, Veta Julio Uno 62,5 X, foto 13,5 X; 29 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulda):  
El reemplazo de la Pirita por la calcopirita esta muy avanzado. La foto muestra una cierta orientacion del reemplazamiento.

Microfoto 14: Muestra E-107; Nivel 2184, Veta Norte Uno 62,5 X; foto 13,5 X; 29 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida):  
Reemplazamiento total de la Pirita (blanco amarillento) por la Calcopirita (amarillo).

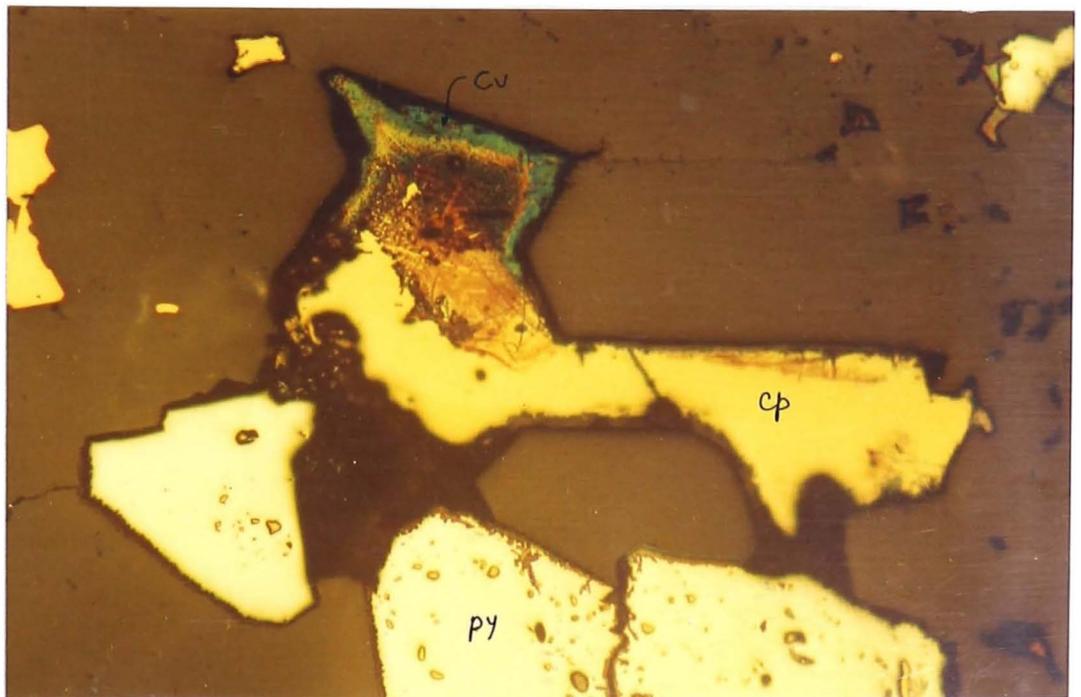
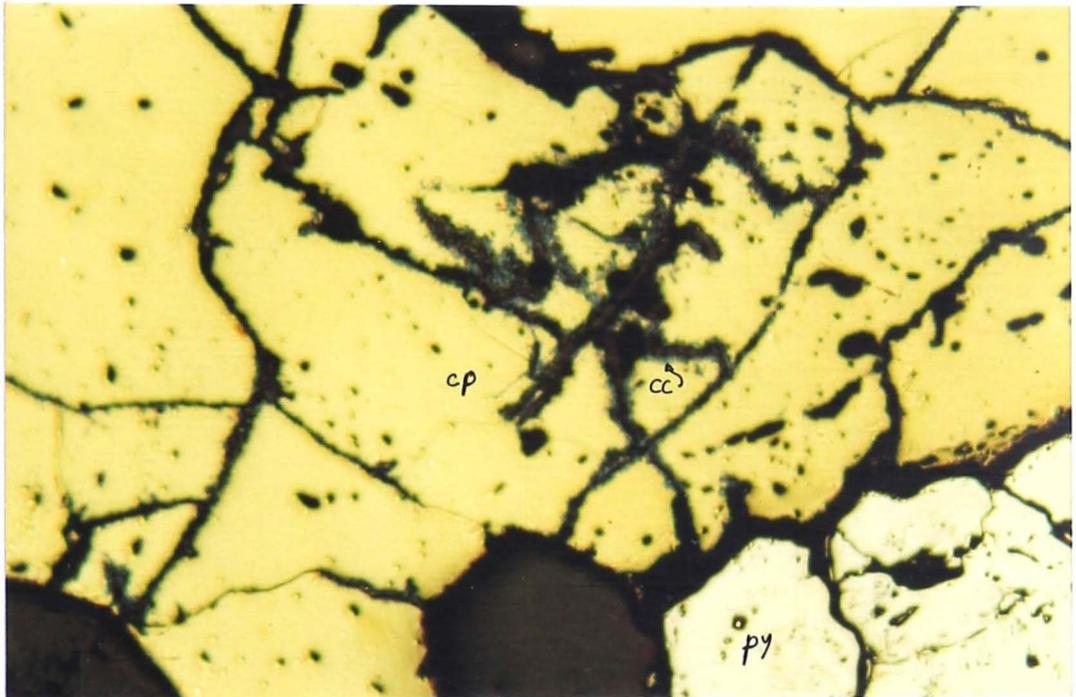
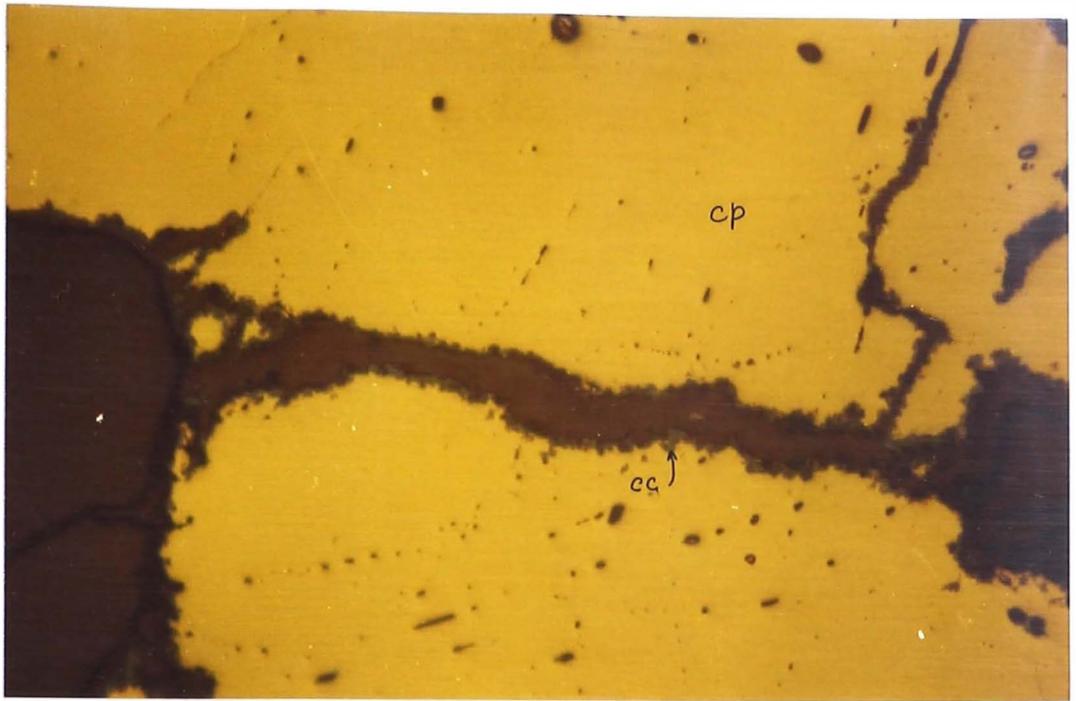
Microfoto 15: Muestra E-107; Nivel 2184, Veta Norte Uno 62,5 X; foto 13,5 X, Nicoles X; 29 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida);  
La Calcopirita muestra laminillas, aparentemente originadas por la presión.



Microfoto 16: Muestra D-127; Nivel 2227, Veta Coqueta 62,5 X, foto 13,5 X; 29 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida):  
Comenzando la oxidación desde pequeñas fracturas, se forma calcosita (azul).

Microfoto 17: Igual a la microfoto 16, pero con un mayor avance en la oxidación.

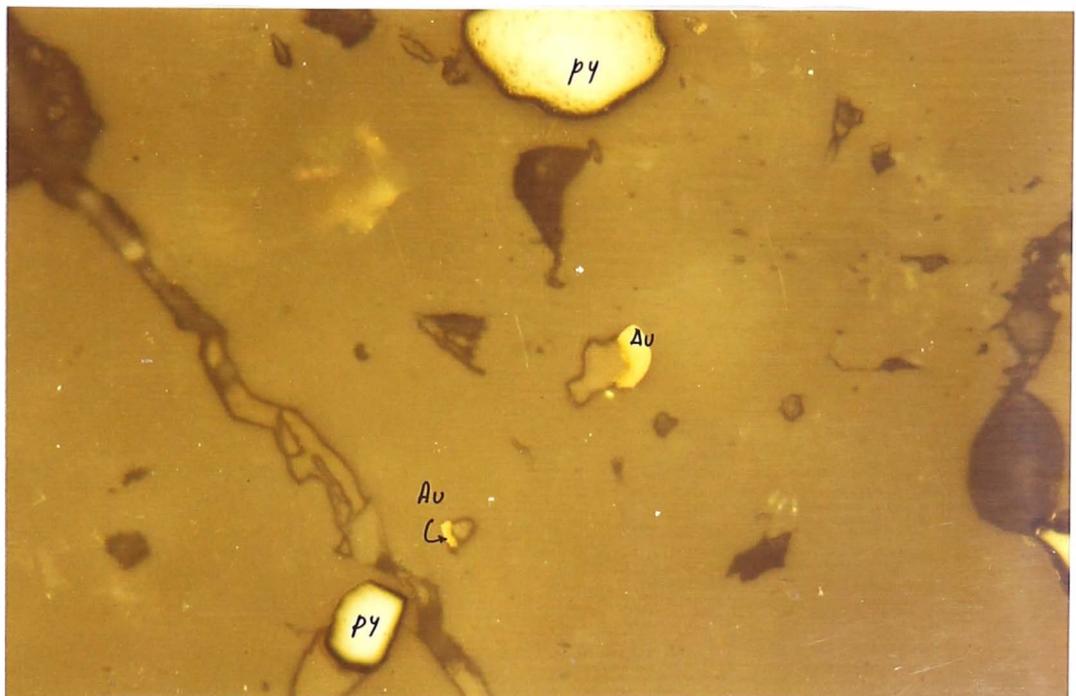
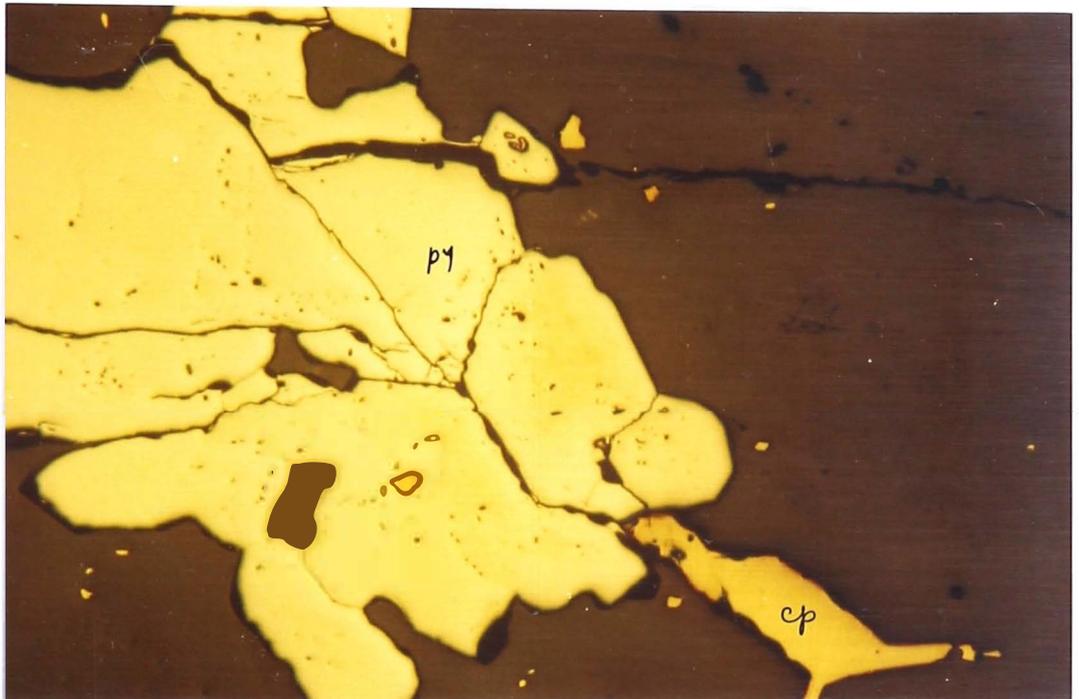
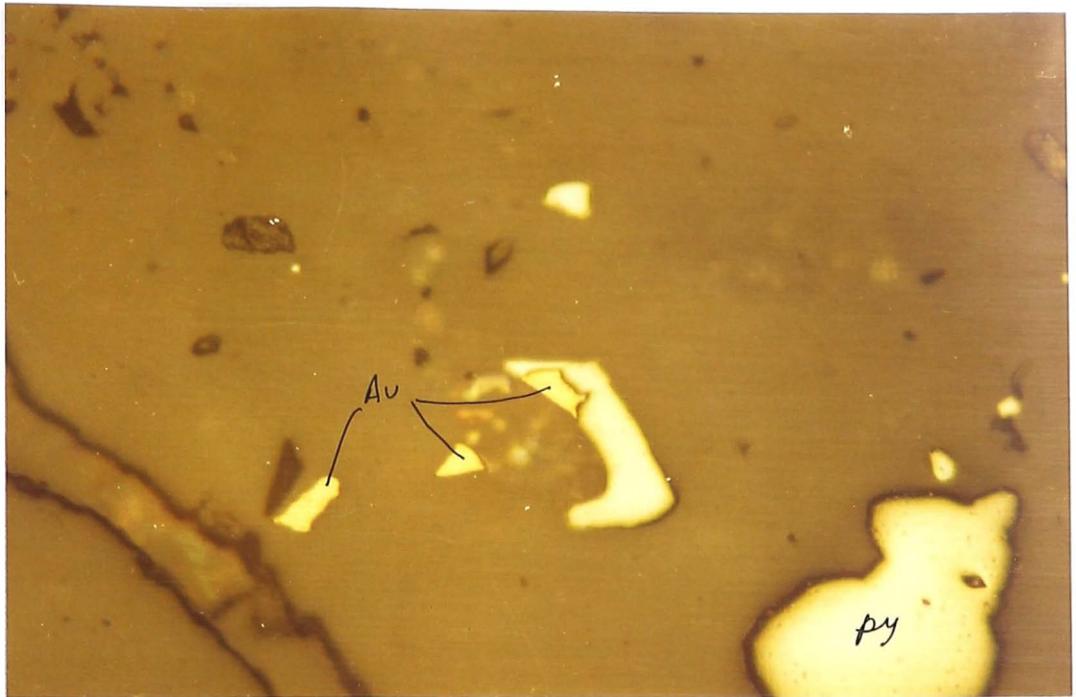
Microfoto 18: Igual a las fotos anteriores pero adicionalmente se tiene la formación de Covelita y Goethita. La Pirita contiene pequeñas inclusiones de Calcopirita.



Microfoto 19: Muestra K-129; Nivel 1950, Veta Indio 125 X, foto 13,5 X; 41 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida):  
Oro nativo reemplazando la Pirita desde el contorno.

Microfoto 20: Muestra E-107; Nivel 2184, Veta Norte Uno 250 X, foto 13,5 X; 58 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida):  
Calcopirita después de la Pirita + 1 grano de oro nativo (Centro arriba, de color marrón-oro).

Microfoto 21: Muestra K-129; Nivel 1950, Veta Indio 250 X, foto 13,5 X; 58 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida):  
2 granos de oro nativo pegado al cuarzo, en cercanía de la Pirita.



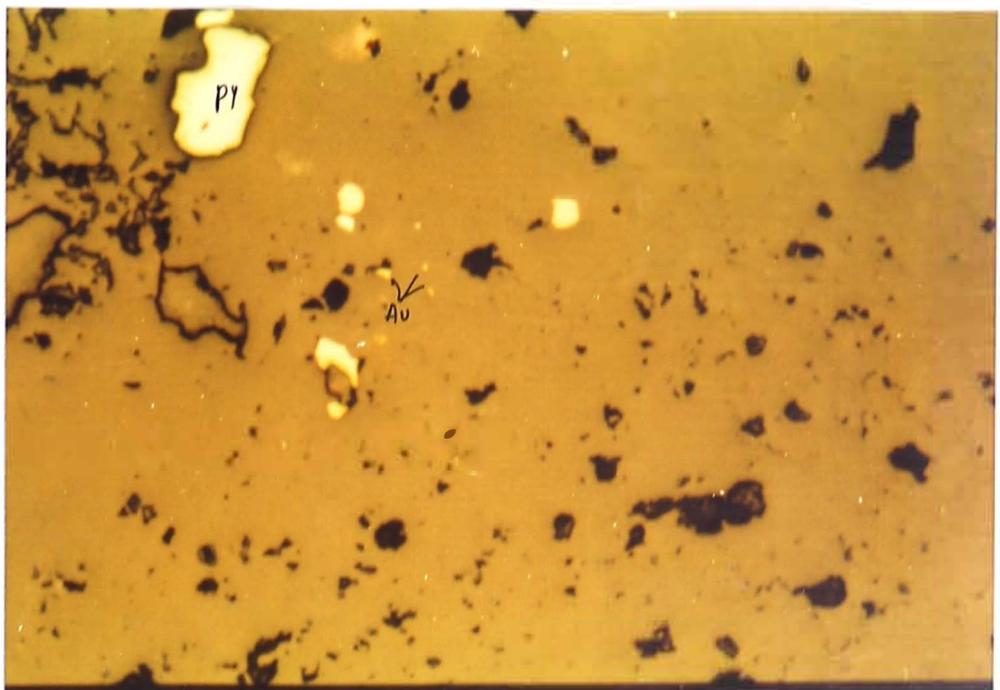
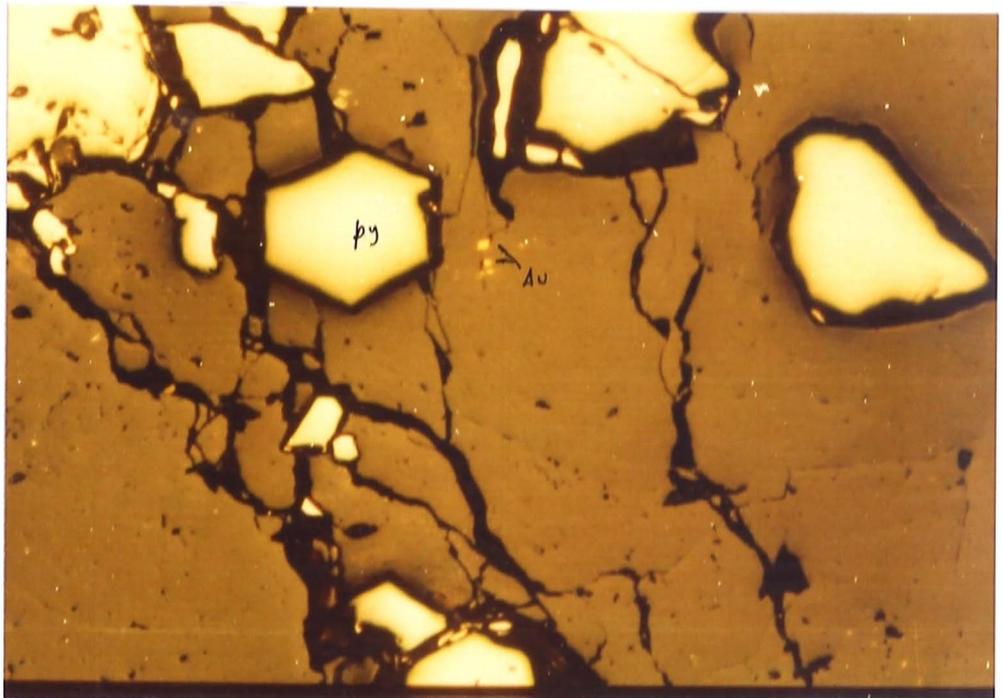
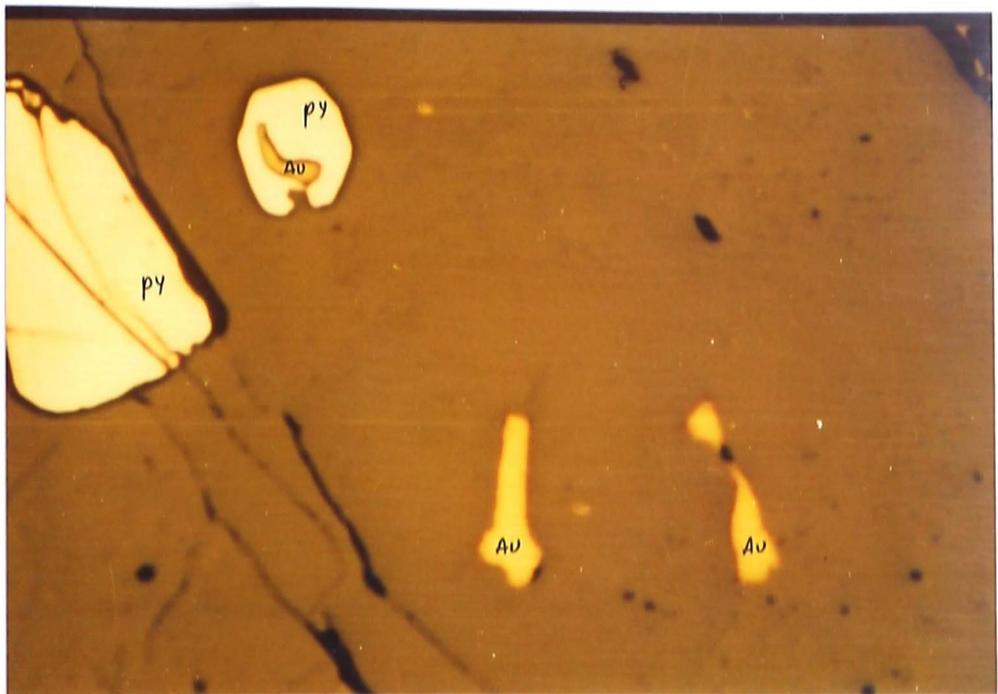
Microfoto 22: Muestra F-118; Nivel 2143, Veta Julio Uno 125 X, foto 13,5 X; 41 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida):

Oro nativo en forma de gotitas alargadas, relativamente grandes, reemplazando Pirita o en el cuarzo cerca de ella.

Microfoto 23: Muestra K-129; Nivel 1950, Veta Indio 125 X, 41 mm (foto) = 1 mm (Sección Pulida):

Granitos de Oro nativo en cuarzo, cerca de la Pirita.

Microfoto 24: Igual a la microfotografía 23. Los granitos de oro nativo tienen aquí una dimensión de aproximado 20 u.



## 6.2 Microsonda (curvas de las medidas)

Microsonda N<sup>o</sup> 1: Muestra F - 4

a) Fe: La ley de hierro es casi constante sobre todo el cristal de proximada 275  $\mu$ ; s $\acute{o}$ lamente peque $\acute{n}$ as variaciones que coinciden con las altas leyes de ars $\acute{n}$ ico

As: La ley de ars $\acute{n}$ ico muestra en el centro del cristal casi nada de ars $\acute{n}$ ico, pero ha ambos extremos, pero hacia ambos extremos hay ascenso ciclico-ritmico hacia los m $\acute{a}$ ximos cerca de los bordes.

b) Cu: Insignificantes leyes de cobre con ligeros ascensos hacia los bordes.

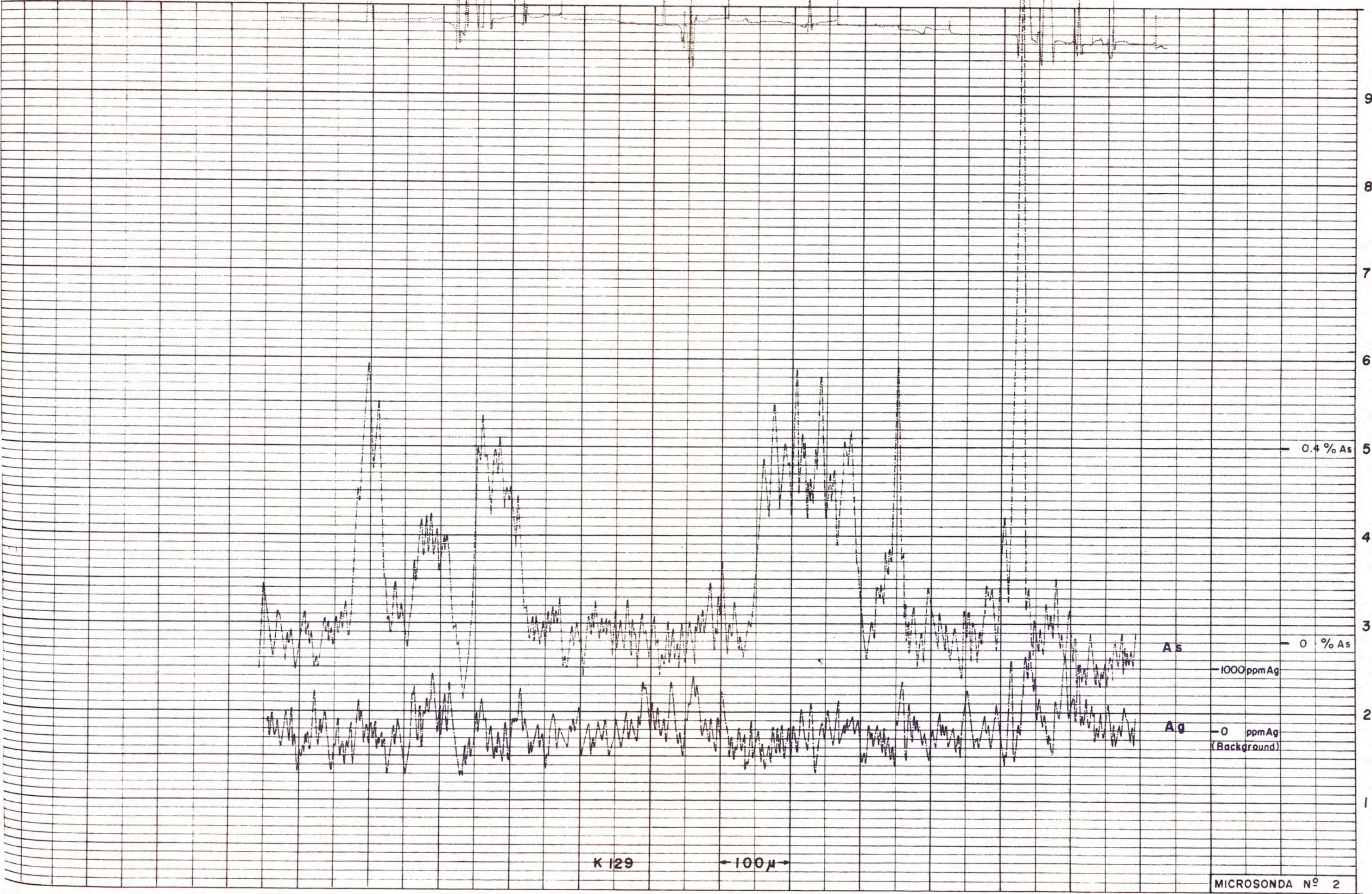
Conclusi $\acute{o}$ n:

Pirita con insignificantes leyes de ars $\acute{n}$ ico en el centro (n $\acute{u}$ cleo, Pirita II) y Pirita arsenical en los contornos (Pirita III). El oro est $\acute{a}$  ubicado en los mismos picos de ars $\acute{n}$ ico en los contornos (oro invisible = oro refractario con -0.1  $\mu$ )

Suseci $\acute{o}$ n :

Pirita II, despu $\acute{s}$  viene Pirita III con ars $\acute{n}$ ico y oro en co-deposici $\acute{o}$ n, despu $\acute{s}$  aparentemente el cobre.

Las precipitaciones del ars $\acute{n}$ ico en forma ritmica-ciclica con oro son caracteristicos para yacimientos subvolc $\acute{a}$ nicos con sus frecuentes pulsaciones de las soluciones mineralizantes.



0.4 % As

0 % As

1000 ppm Ag

0 ppm Ag  
(Background)

As

Ag

K 129

← 100 μ →

9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

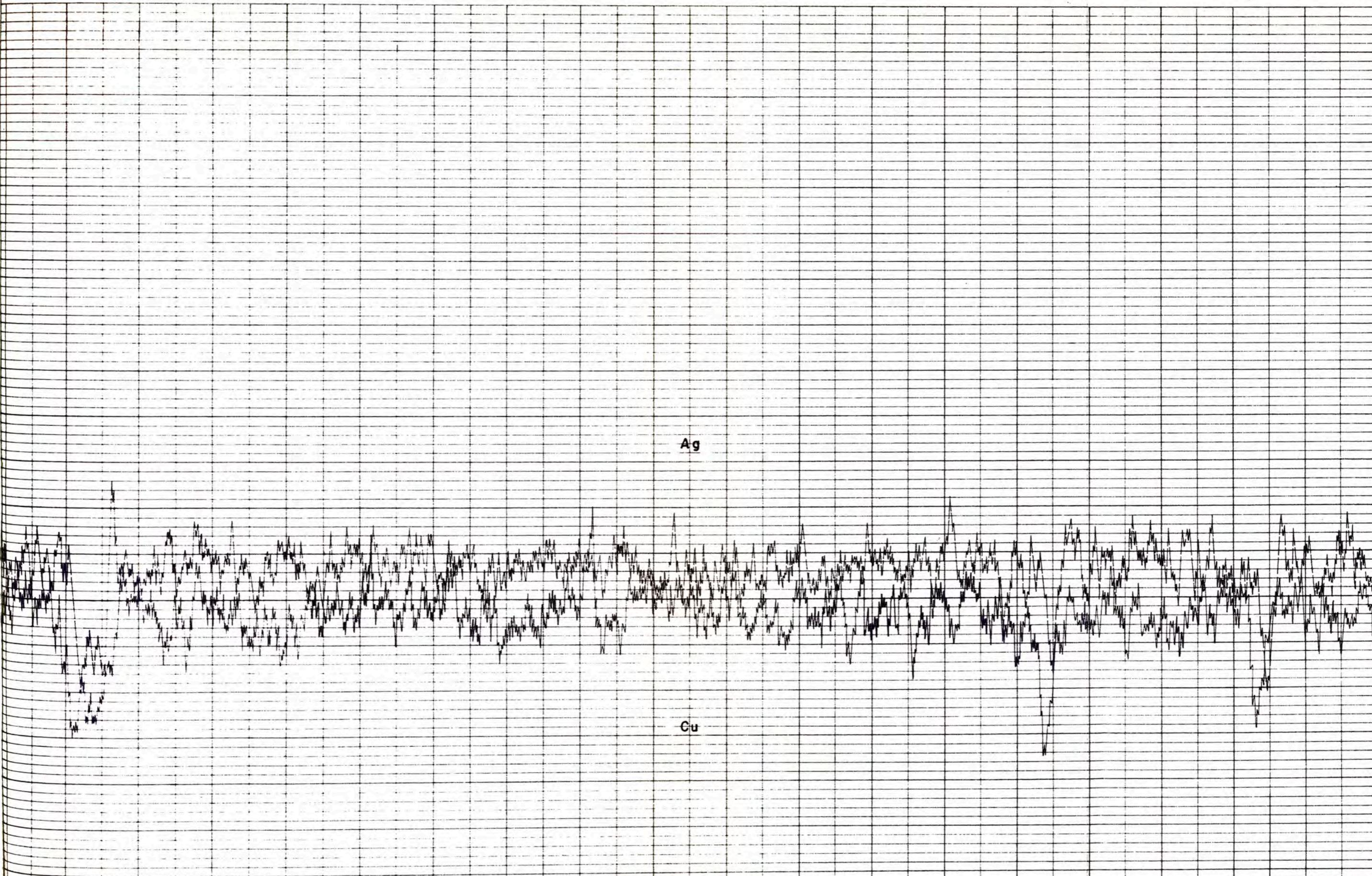
Ag

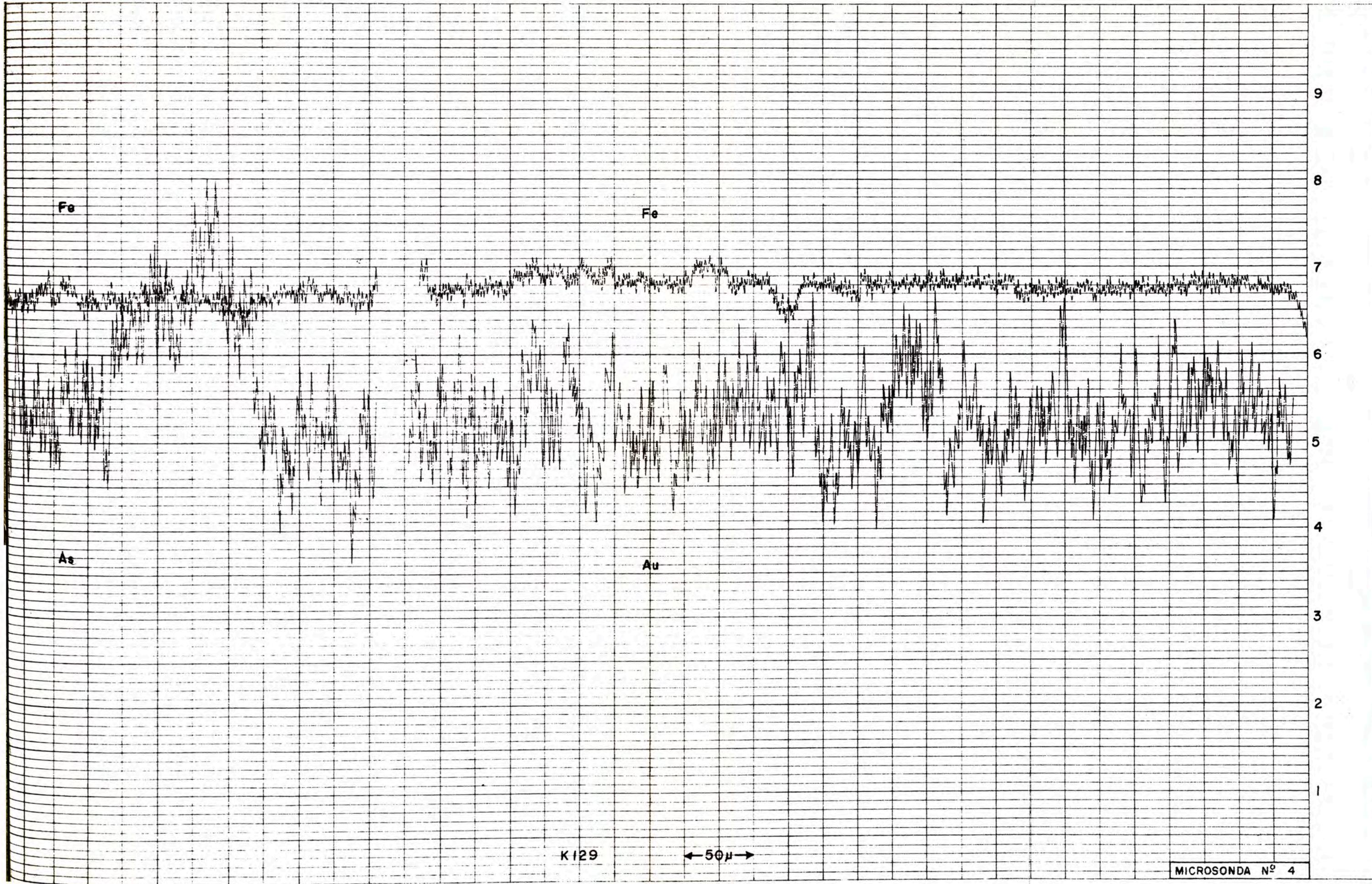
Cu

K 129

← 50 μ →

MICROSONDA Nº 3





K129

← 50μ →

MICROSONDA Nº 4

30 keV  
0,2  $\mu$ A

9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

Fe

1,0%As

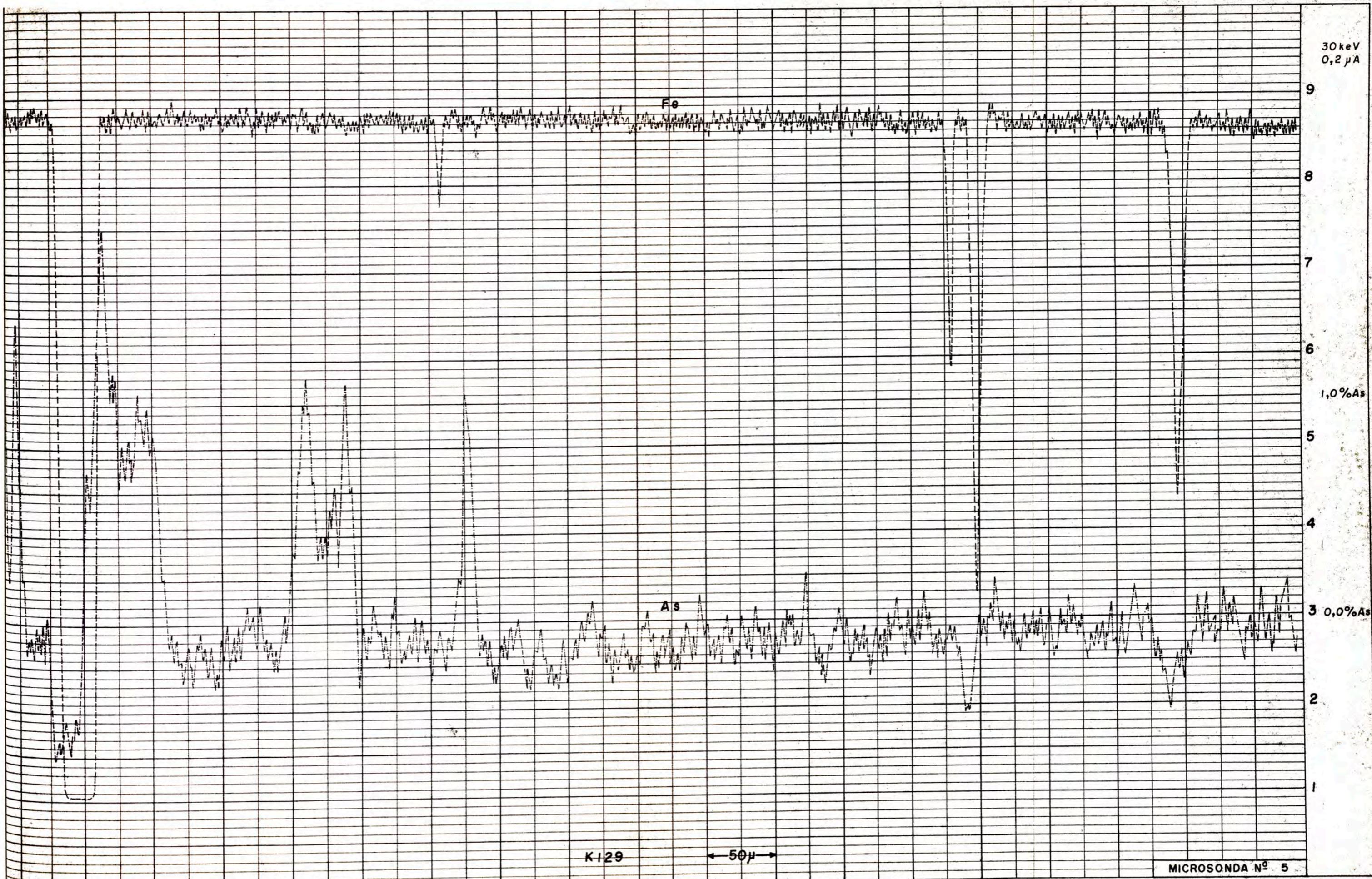
As

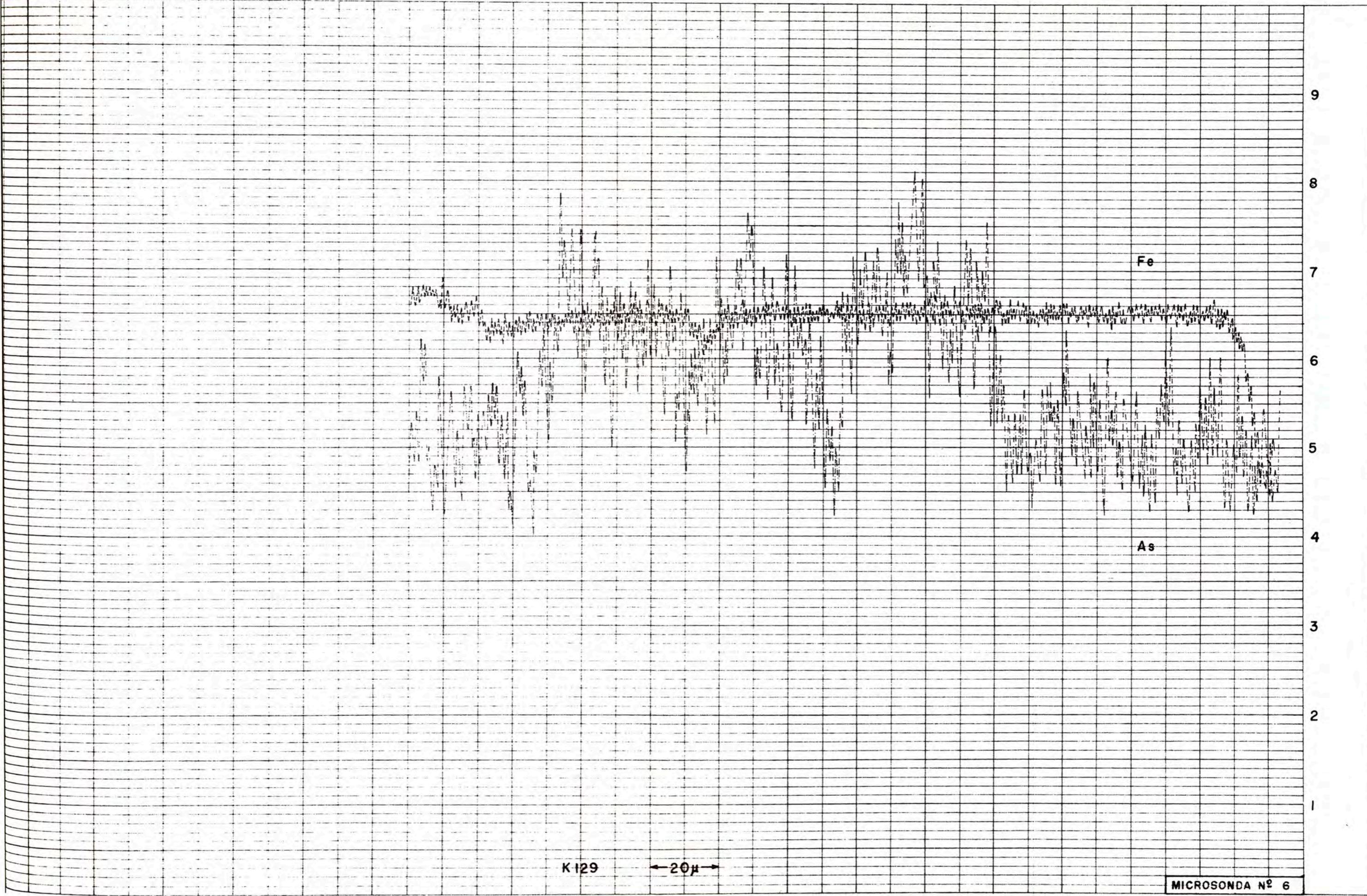
0,0%As

K129

← 50  $\mu$  →

MICROSONDA N° 5





K129

←20μ→

Microsonda N° 7 y 8 : Muestra E - 122

- a) Fe : Sin mayores variaciones con excepción del extremo derecho, donde entran mayos leyes de arsénico.

As : Oscilaciones alrededor del "Background"; máximo hasta 1,1% As aparecen al lado derecho cerca del borde del cristal.

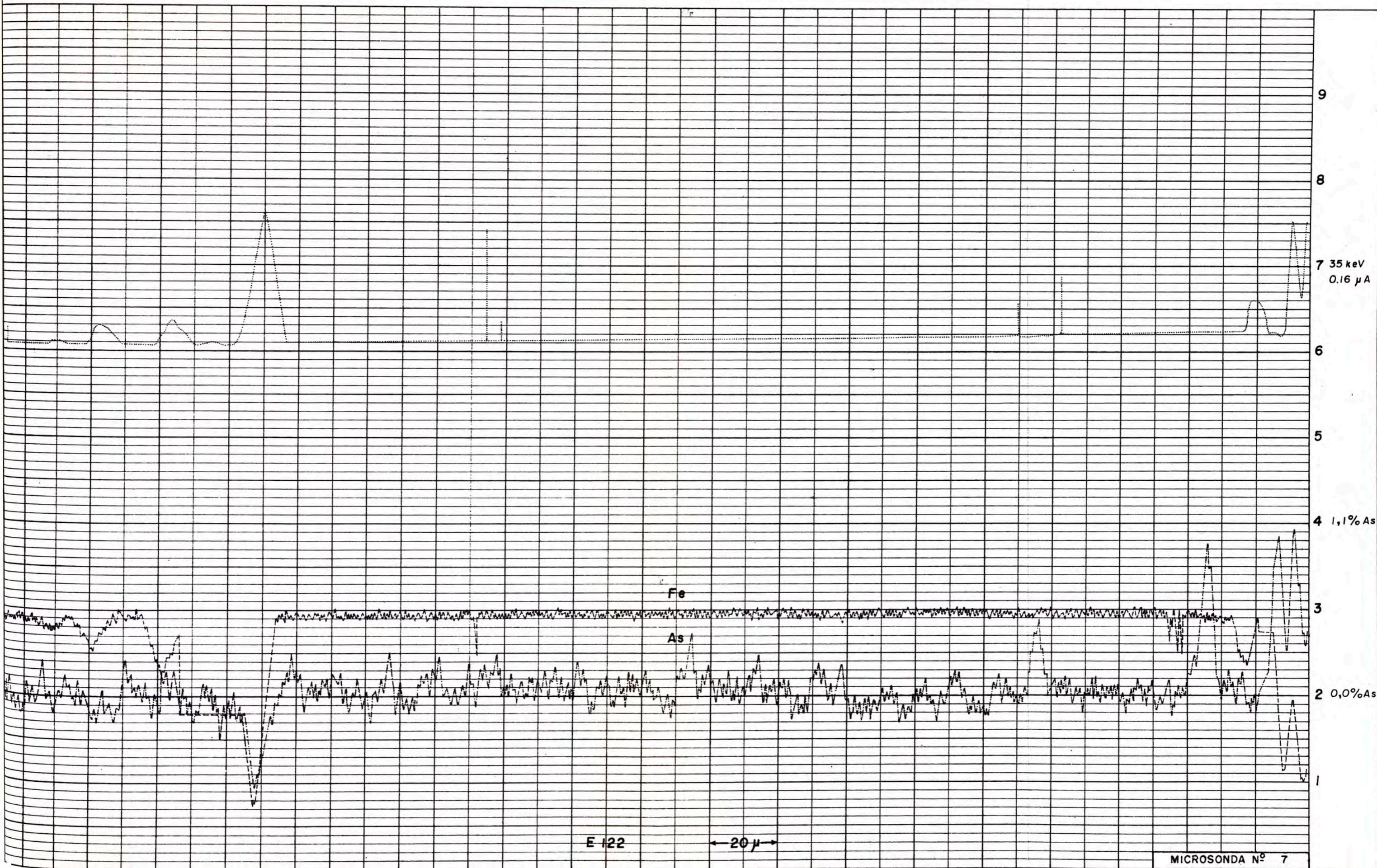
- b) Au : Comportamiento casi inverso a la plata, o sea:

elevadas leyes de Au : bajas leyes de Ag  
bajas leyes de Au : elevadas ley de Ag

Ag : Comportamiento inverso al arsénico y al oro.

Conclusión :

Ver las anteriores muestras de microsondas.



9 1.2%As

8

7

6

5

4

3

2

1

As  
Background

Ag  
300ppm

0  
Background

As

Au

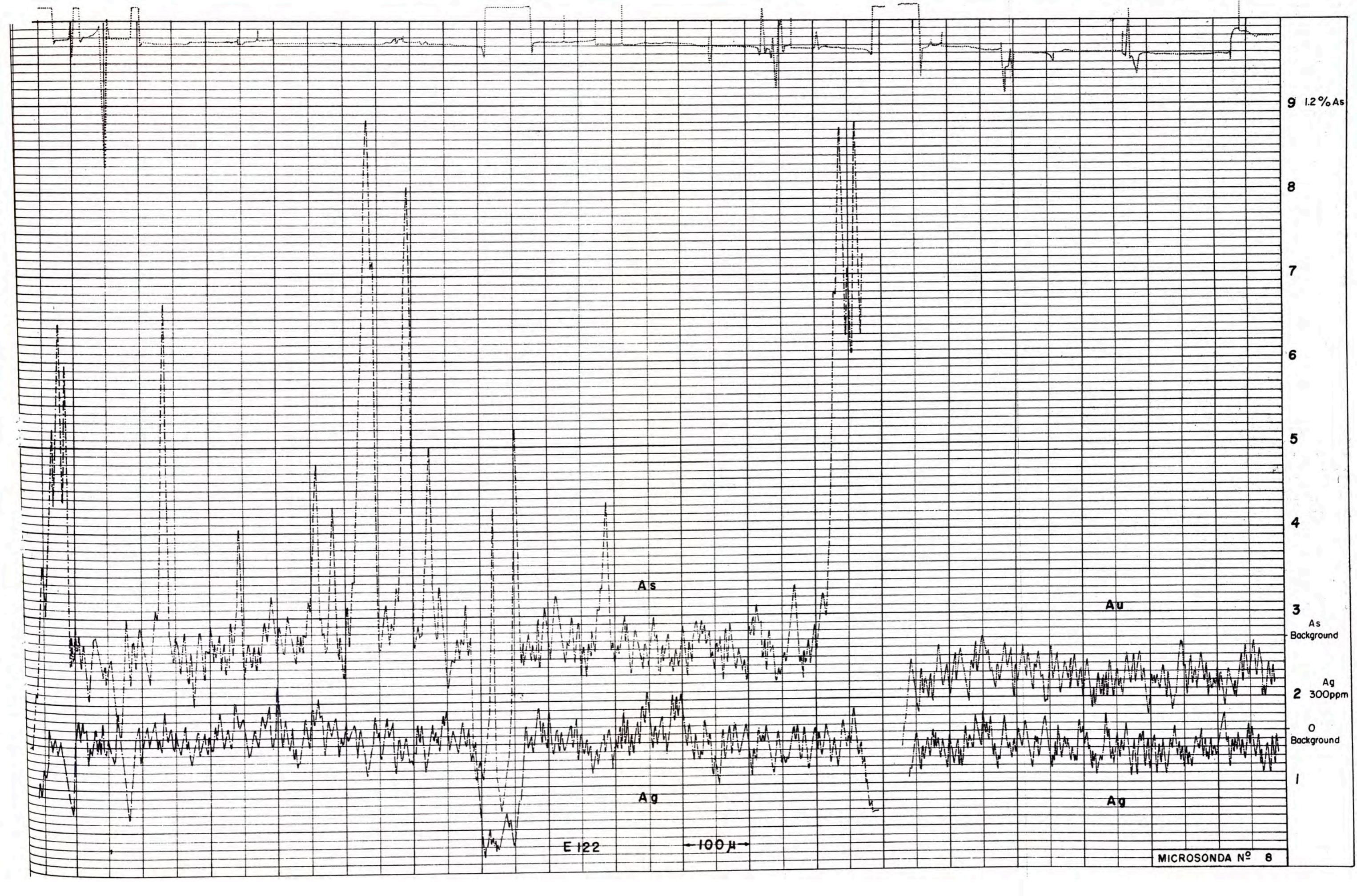
Ag

Ag

E 122

←100μ→

MICROSONDA N° 8



Miocrosonda N°9 y 10 ;Muestra F - 1

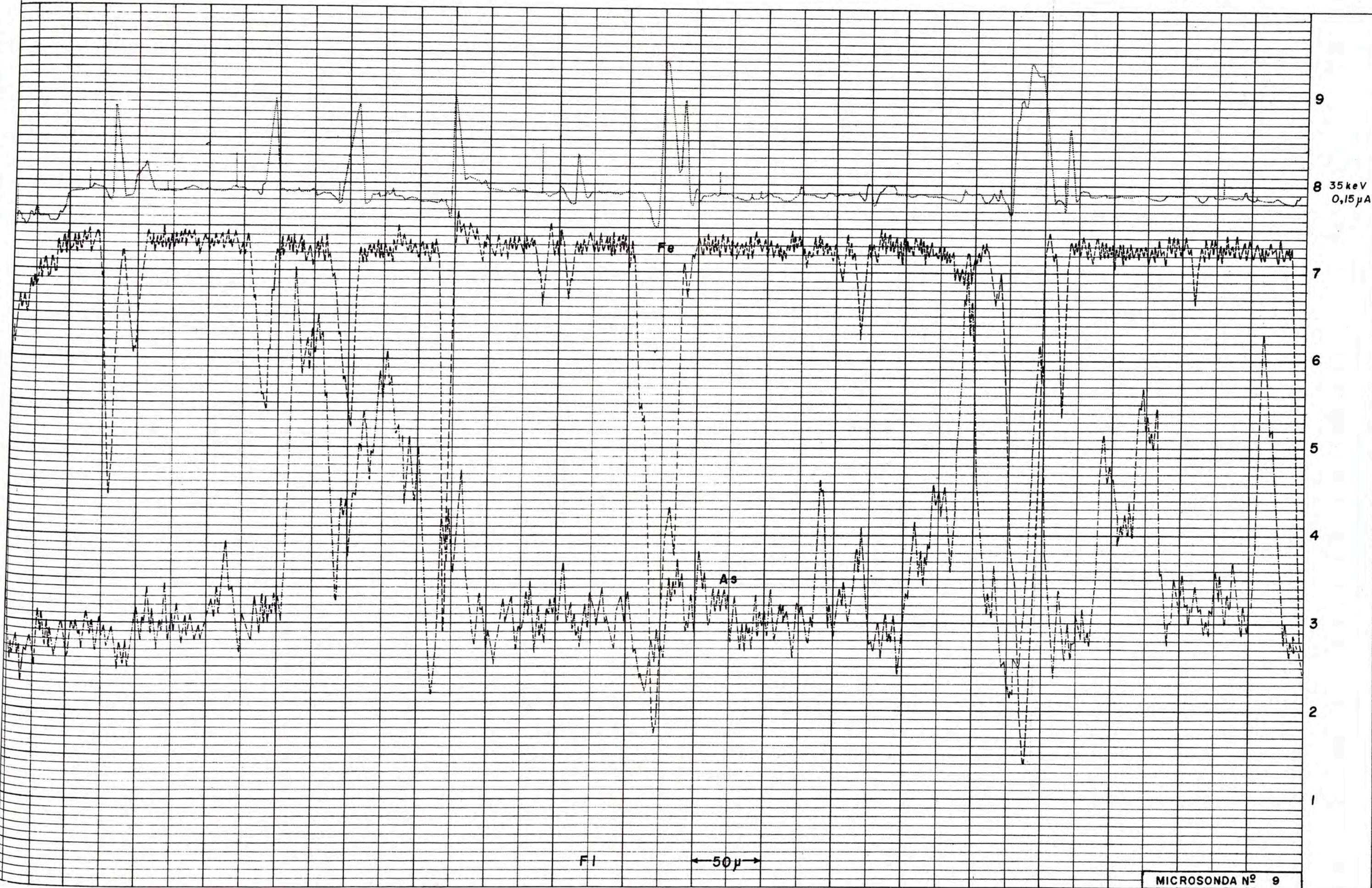
a) Fe ; Curva bastante movida; ciertos mínimos concuerdan con los máximos del arsénico

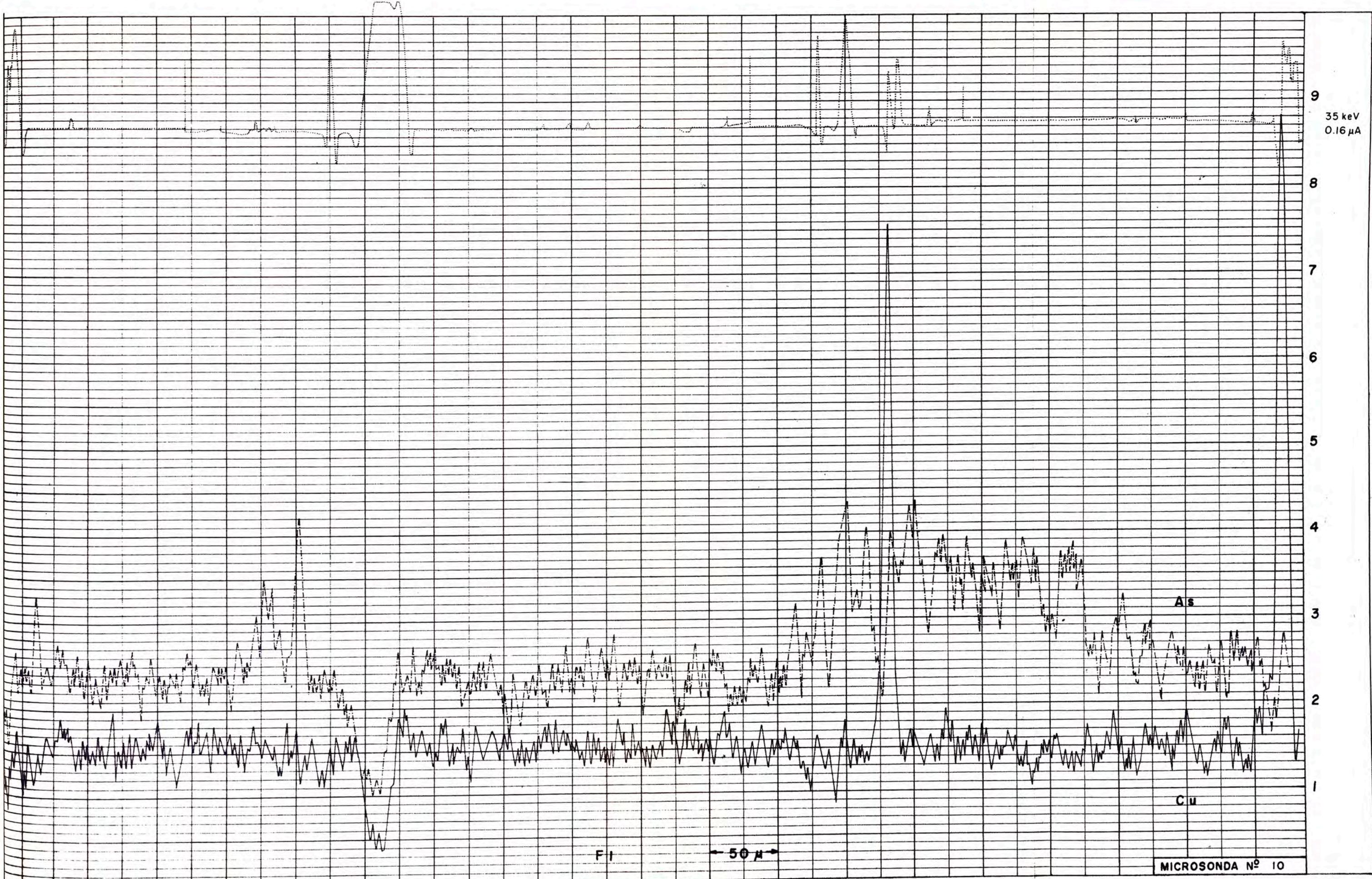
As ;Disposición cíclico-rítmico

b) Cu ; El cobre mayormente opuesto al arsénico; bajas leyes, pero algunas inclusiones ricas en cobre.

Conclusión :

Ver las anteriores muestras de microsonda





35 keV  
0.16  $\mu$ A

9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

As

Cu

FI

← 50  $\mu$  →

MICROSONDA N° 10

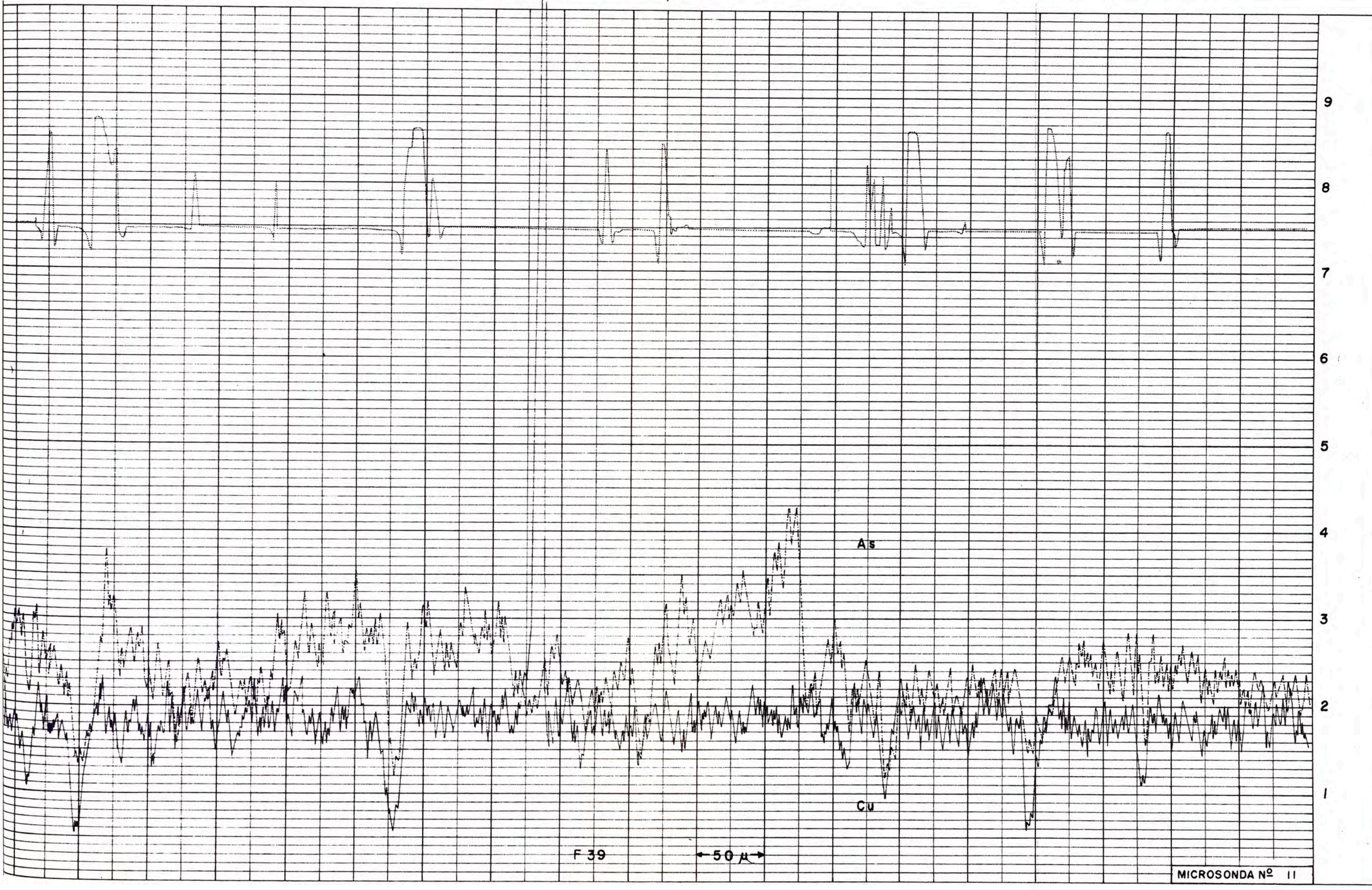
Microsonda N° 11 : Muestra F - 39

As : Leyes promedias; los máximos cerca de los bordes de los cristales.

Cu : Bajas leyes, con una inclusión rica en cobre; aparentemente con tendencias opuestas al arsénico.

Conclusión :

Ver las muestras anteriores de microsonda



9

8

7

6

5

4

3

2

1

As

Cu

F 39

← 50 μ →

Microsonda N° 12 : Muestra I - 133

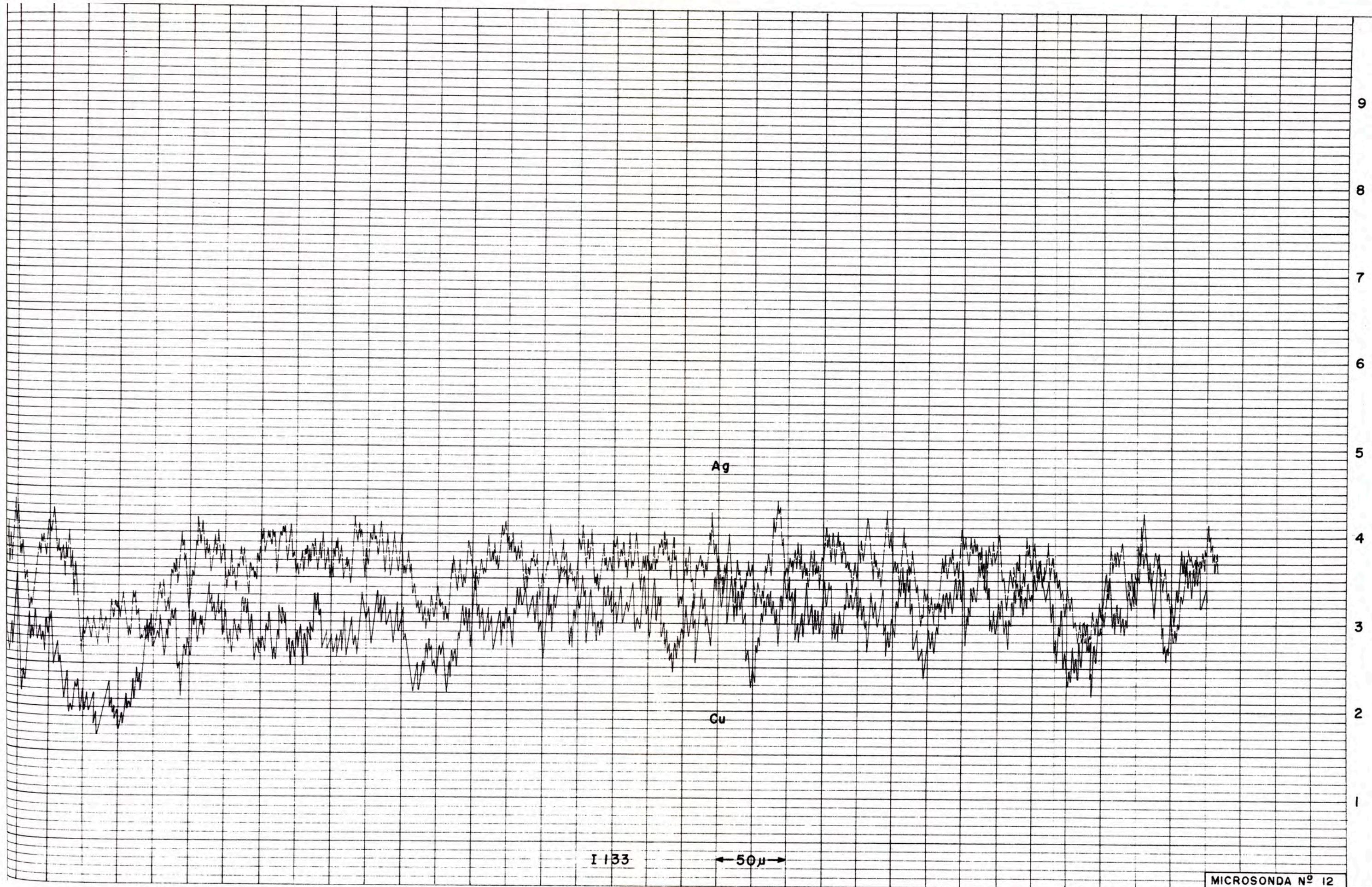
Cu y Ag : Se nota el caracter opuesto de los dos elementos.

Conclusión :

Con esta observación se confirma las ubicaciones de ambos elementos en el zonamiento del yacimiento.

el cobre en la zona central  
la plata en las partes extremas  
de la mineralización

## 6.2 Planos



1133

← 50 μ →

Microsonda N° 13 Muestra K - 136

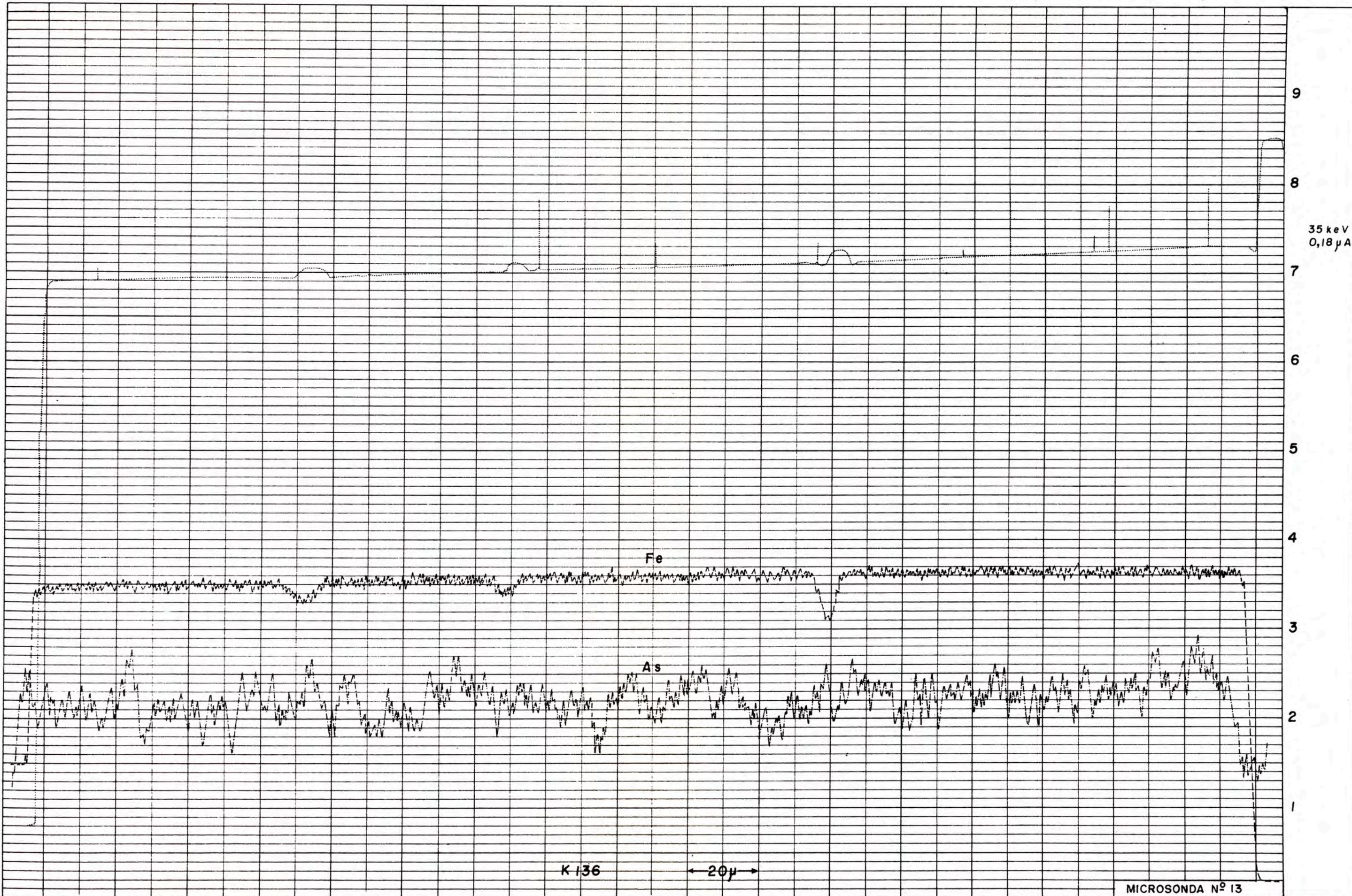
Microsonda N° 14 Muestra E - 107

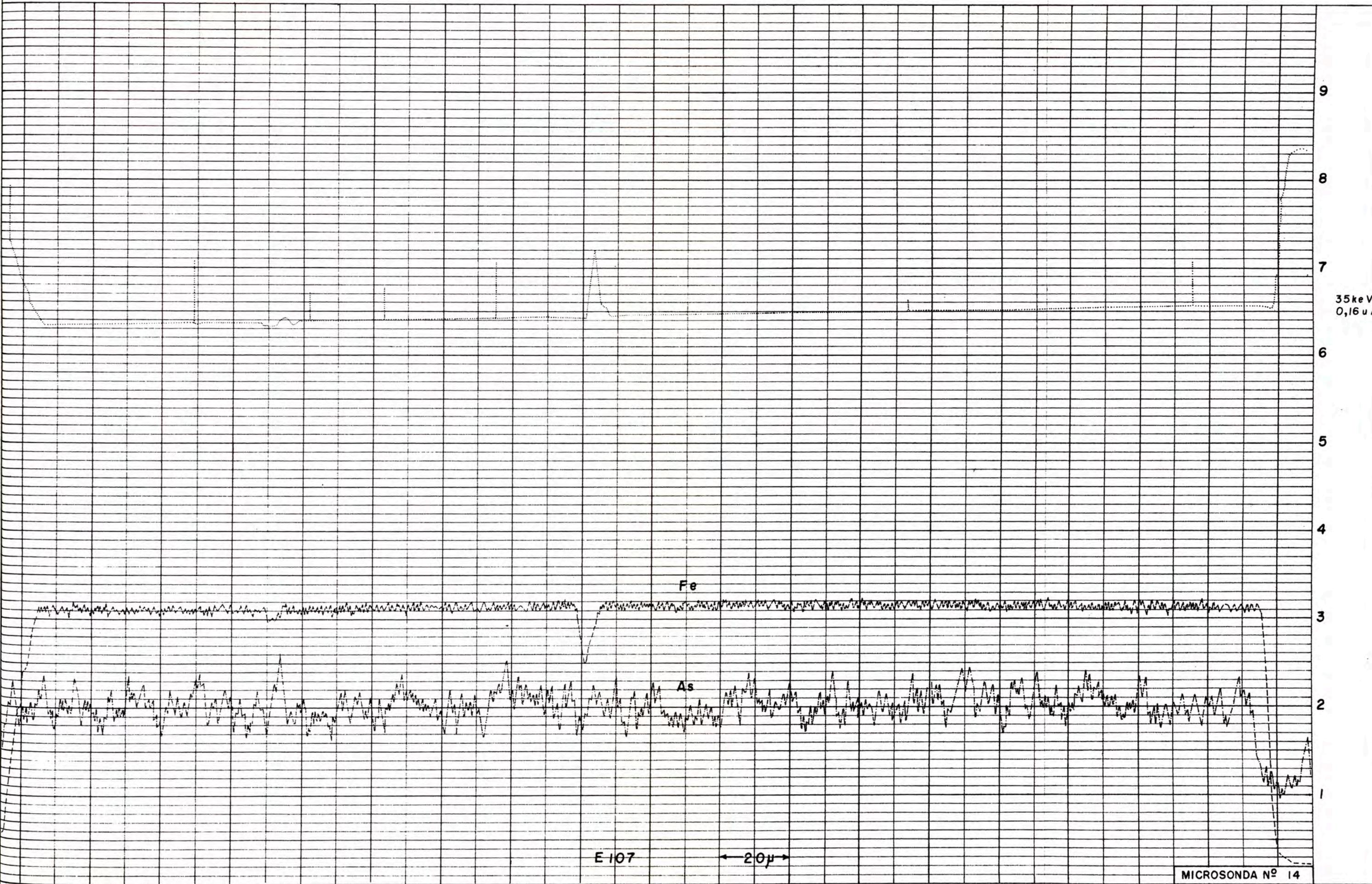
Fe Las curvas son muy parejas sin mayores oscilaciones

As Muy pequeñas elevaciones encima del "Background", la mayor encencanía del borde.

#### Conclusiones

Ambas muestras no tienen arsénico, son Piritas II y pertenecen a zonas de transición entre la Zona Central y los extremos. Este mineral es pobre en oro.





9

8

7

6

5

4

3

2

1

35keV  
0,16µA

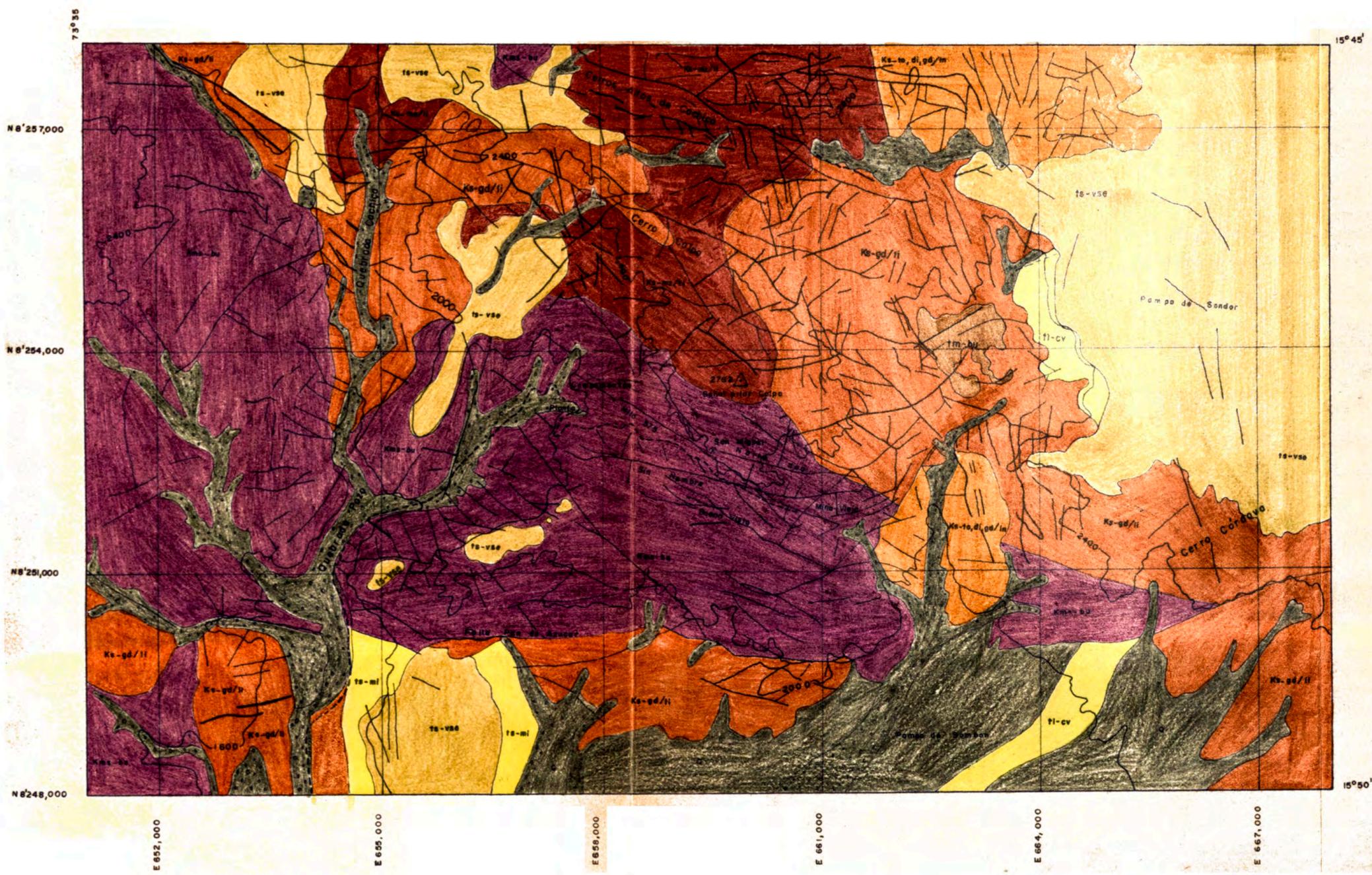
Fe

As

E 107

← 20µ →

MICROSONDA Nº 14



### LEYENDA

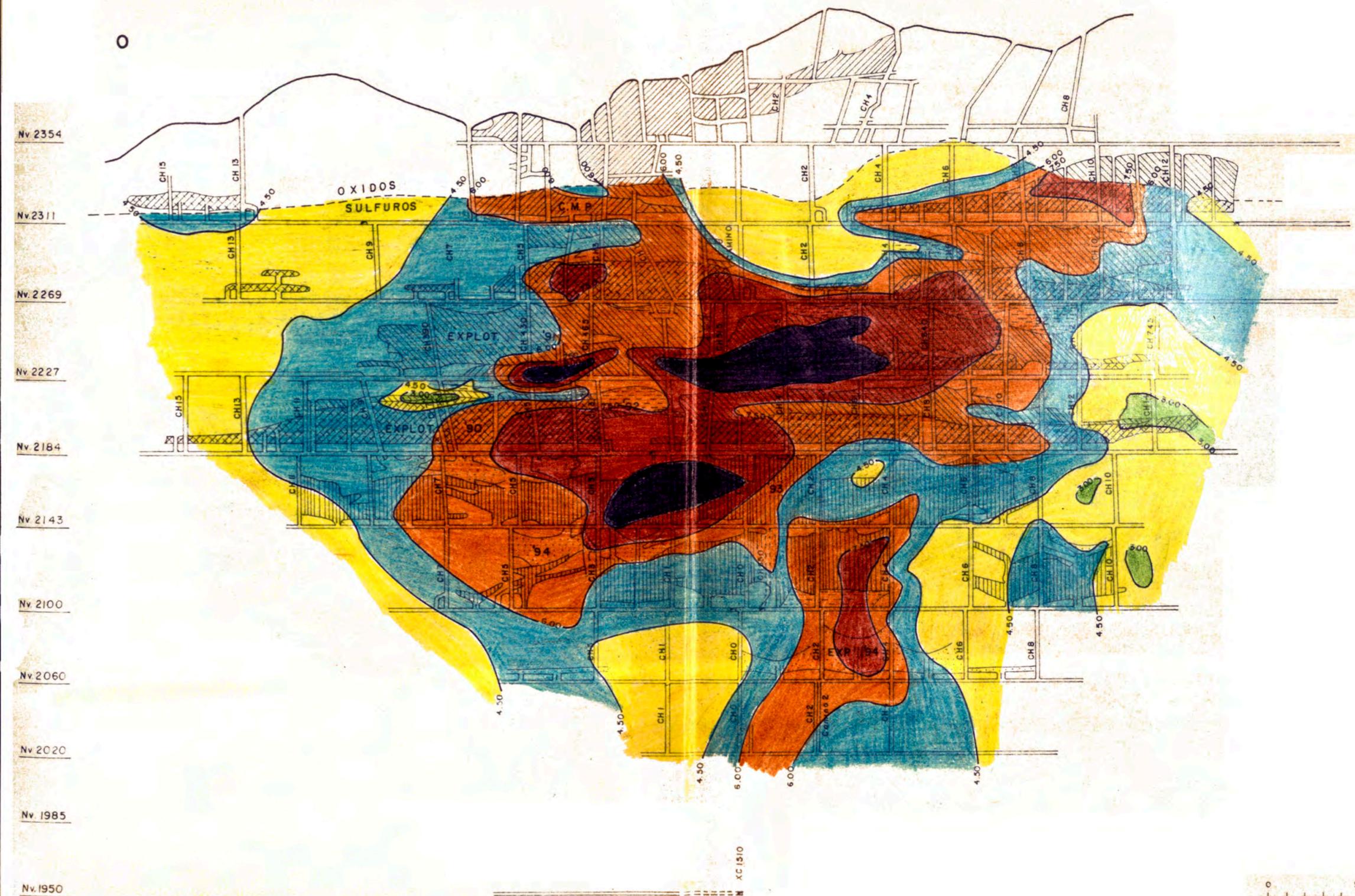
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	LITOLOGIA	ROCAS INTRUSIVAS	
					PLUTONICAS	HIPABISALES
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Depositos aluviales edificos y conos de escombros.	BATOLITO DE LA COSTA	
		TERCIARIO	Plioceno Superior	VOLCANICO SENCCA		
	Plioceno Inferior		FORMACION MILLO	Conglomerados areniscos y cenizas volcanicas		
	Mioceno Superior		FORMACION HUAYLILLAS	Tobas daciticas y rioliticas		
	Eoceno Inferior	FORMACION CARAVELI	Lutitas tobaceas, conglomeradas			
MESOZOICO	CRETACEO	Superior		Tonalitas, dioritas, granodioritas	SUPER UNIDAD INCAHUASI	
		Medio (?)		Granodioritas y monzonitas	SUPER UNIDAD LINGA	
				Brechas de intrusion andesitica o dacitica	COMPLEJO BELLA UNION	



- SIMBOLOS**
- X BOCAMINA PRINCIPAL
  - ESTRUCTURA
  - ESTRUCTURA MINERALIZADA
  - - - CARRETERA

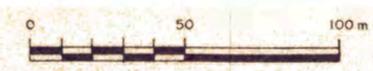
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA  
 DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**  
**GEOLOGIA DEL YACIMIENTO**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/50,000	PLANO <b>2</b>
DIBUJO: J.L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINA CALPA S. A.		



Nv. 2354  
 Nv. 2311  
 Nv. 2269  
 Nv. 2227  
 Nv. 2184  
 Nv. 2143  
 Nv. 2100  
 Nv. 2060  
 Nv. 2020  
 Nv. 1985  
 Nv. 1950

XC 1510



**LEYES (gAu/t)**

mayor de 9.00	DE 4.50 a 6.00	
DE 7.50 a 9.00	DE 3.00 a 4.50	
DE 6.00 a 7.50	menores de 3.00	

**LEYENDA**

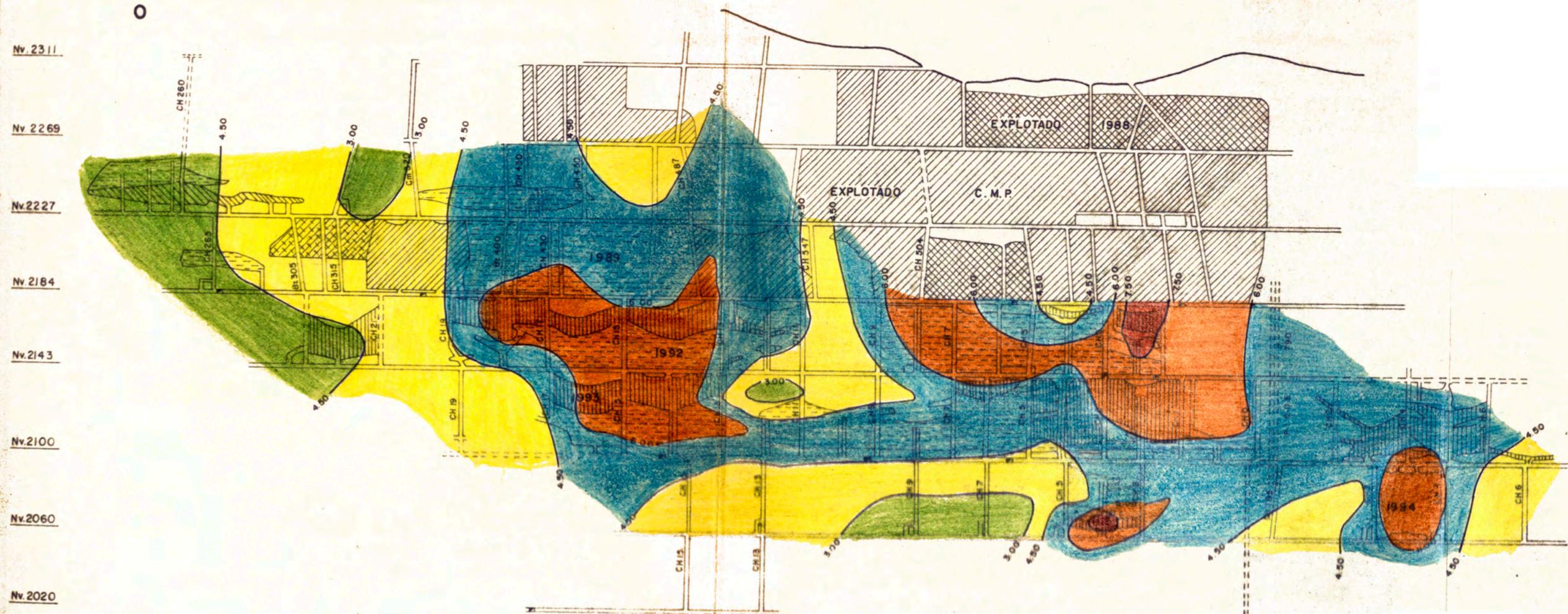
EXPLOTADO AÑO 1,991		EXPLOTADO AÑO 1,994	
EXPLOTADO AÑO 1,989		EXPLOTADO AÑO 1,993	
EXPLOTADO POR C.M.P.		EXPLOTADO AÑO 1,992	

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

**CURVAS DE ISOVALORES VETA NORTE UNO**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/2000
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S.A.	

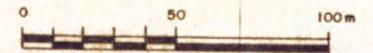


**LEYES (gAu/t)**

mayor de 9.00	DE 4.50 a 6.00	
DE 7.50 a 9.00	DE 3.00 a 4.50	
DE 6.00 a 7.50	menores de 3.00	

**LEYENDA**

EXPLOTADO AÑO 1,990	EXPLOTADO AÑO 1,994
EXPLOTADO AÑO 1,989	EXPLOTADO AÑO 1,993
EXPLOTADO AÑO 1,988	EXPLOTADO AÑO 1,992
EXPLOTADO POR C.M.P.	EXPLOTADO AÑO 1,991



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

**CURVAS DE ISOVALORES VETA JULIO UNO**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/2000	PLANO <b>5</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S.A.		

O

E

Nv. 2269

Nv. 2227

Nv. 2184

Nv. 2143

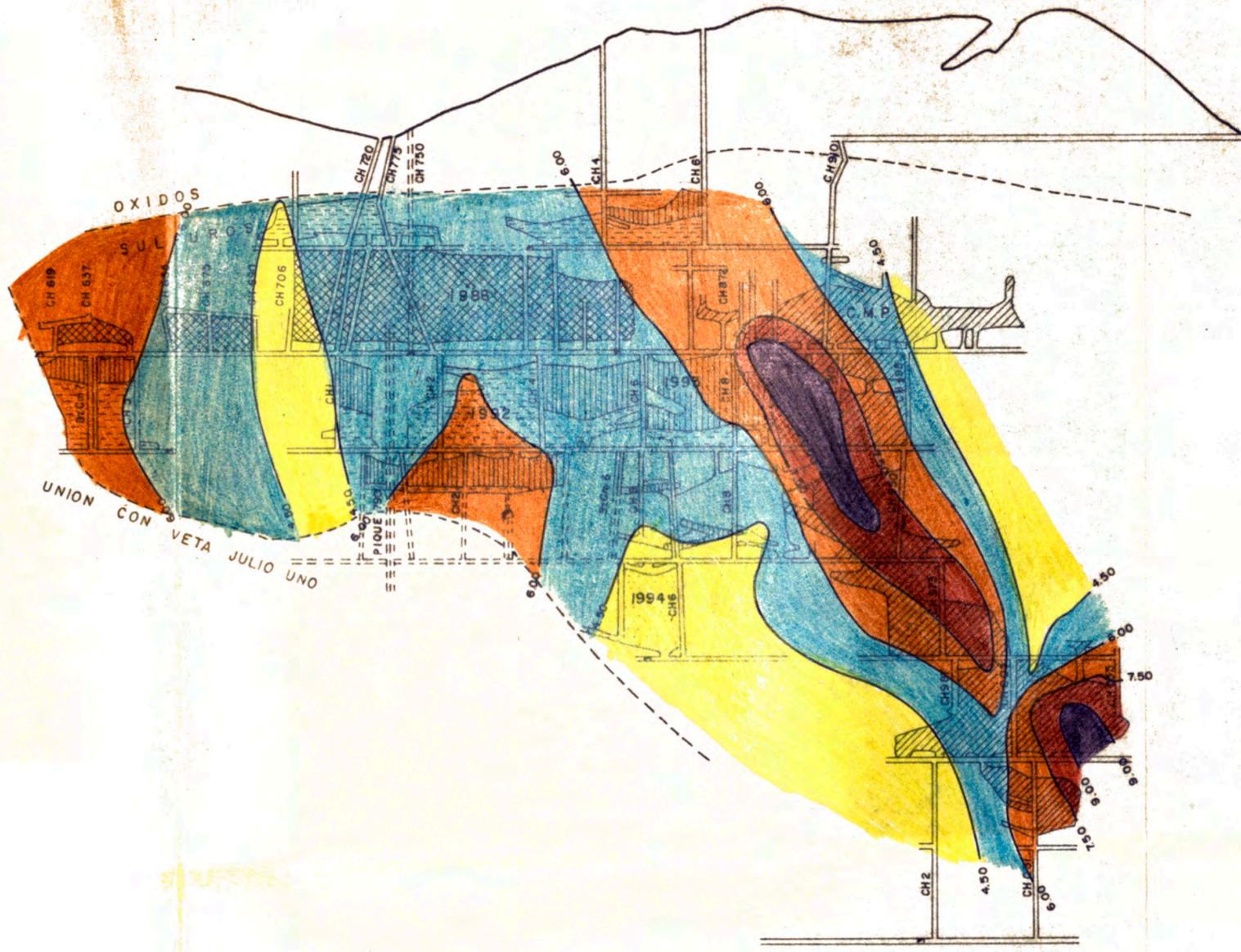
Nv. 2100

Nv. 2060

Nv. 2020

Nv. 1985

Nv. 1950



LEYES (g Au/t)

mayor de 9.00		DE 4.50 a 6.00	
DE 7.50 a 9.00		DE 3.00 a 4.50	
DE 6.00 a 7.50		menores de 3.00	

LEYENDA

EXPLOTADO AÑO 1,992		EXPLOTADO AÑO 1,994	
EXPLOTADO AÑO 1,988		EXPLOTADO AÑO 1,993	
EXPLOTADO POR C.N.P.			

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA**

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

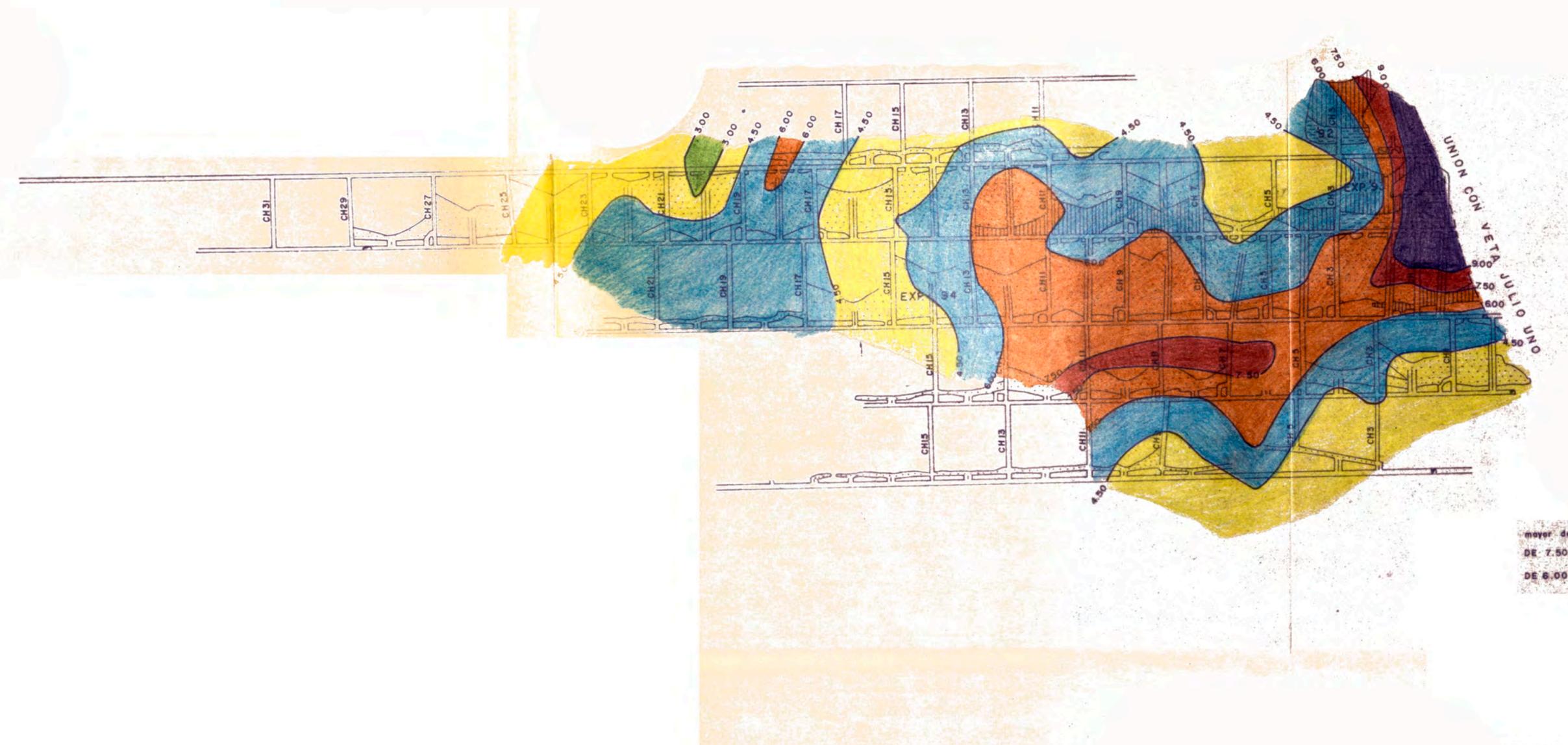
**CURVAS DE ISOVALORES**  
**VETA COQUETA**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1 / 2000	PLANO <b>6</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S.A.		

Nv. 2311  
 Nv. 2269  
 Nv. 2221  
 Nv. 2184  
 Nv. 2143  
 Nv. 2100  
 Nv. 2060  
 Nv. 2020  
 Nv. 1985  
 Nv. 1950

O

E



mayor de 9.00  
 DE 7.50 a 9.00  
 DE 6.00 a 7.50

**LEYES (gAu/t)**

	DE 4.50 a 6.00
	DE 3.00 a 4.50
	menores de 3.00

**LEYENDA**

EXPLOTADO AÑO 1,994	
EXPLOTADO AÑO 1,993	
EXPLOTADO AÑO 1,992	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

**CURVAS DE ISOVALORES VETA CELIA**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V	ESCALA: 1 / 2000
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S.A.	

E98400

E98800

E99200

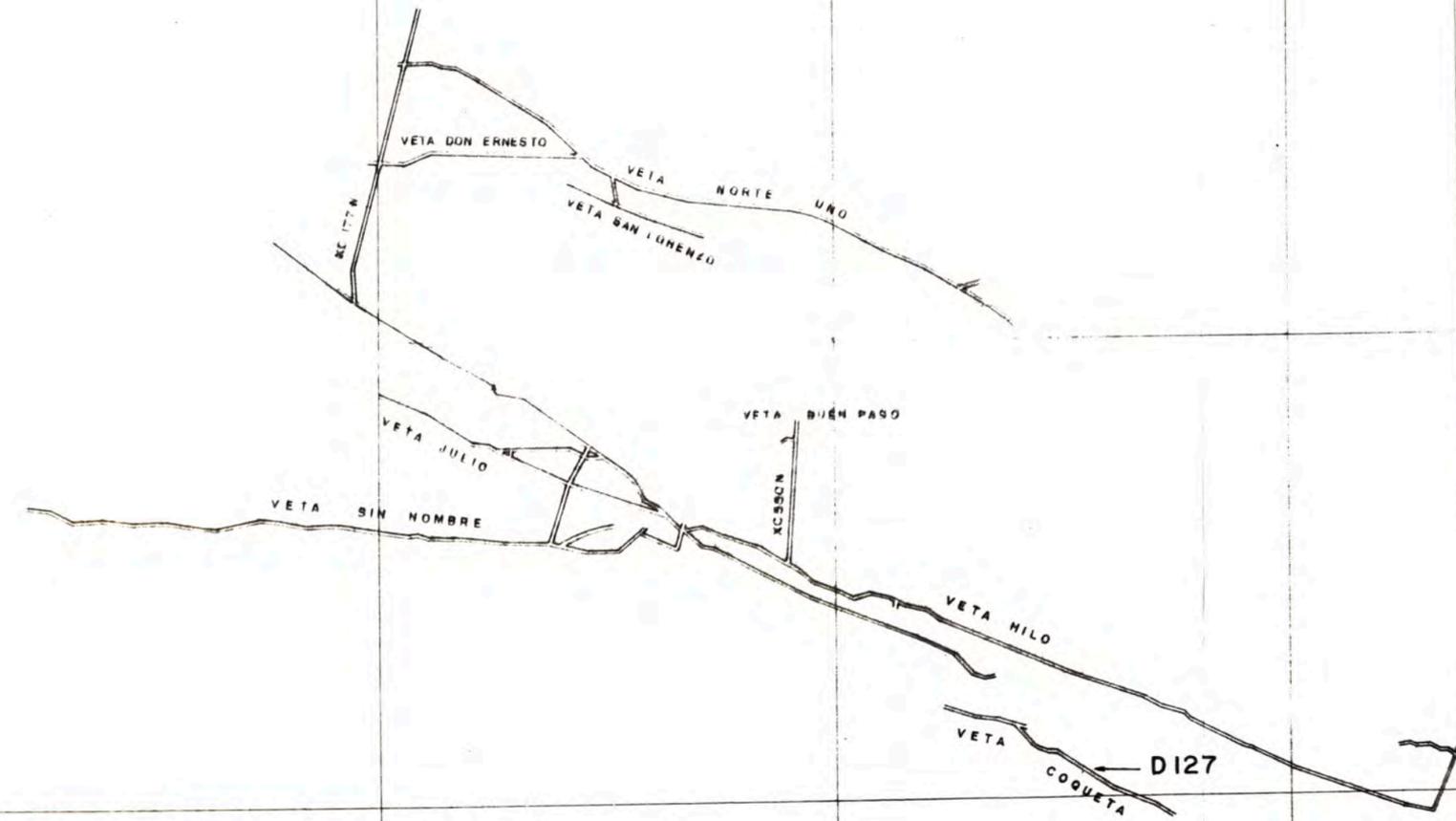
E99600

E100000

E100400

E100800

VETA VIZCACHA

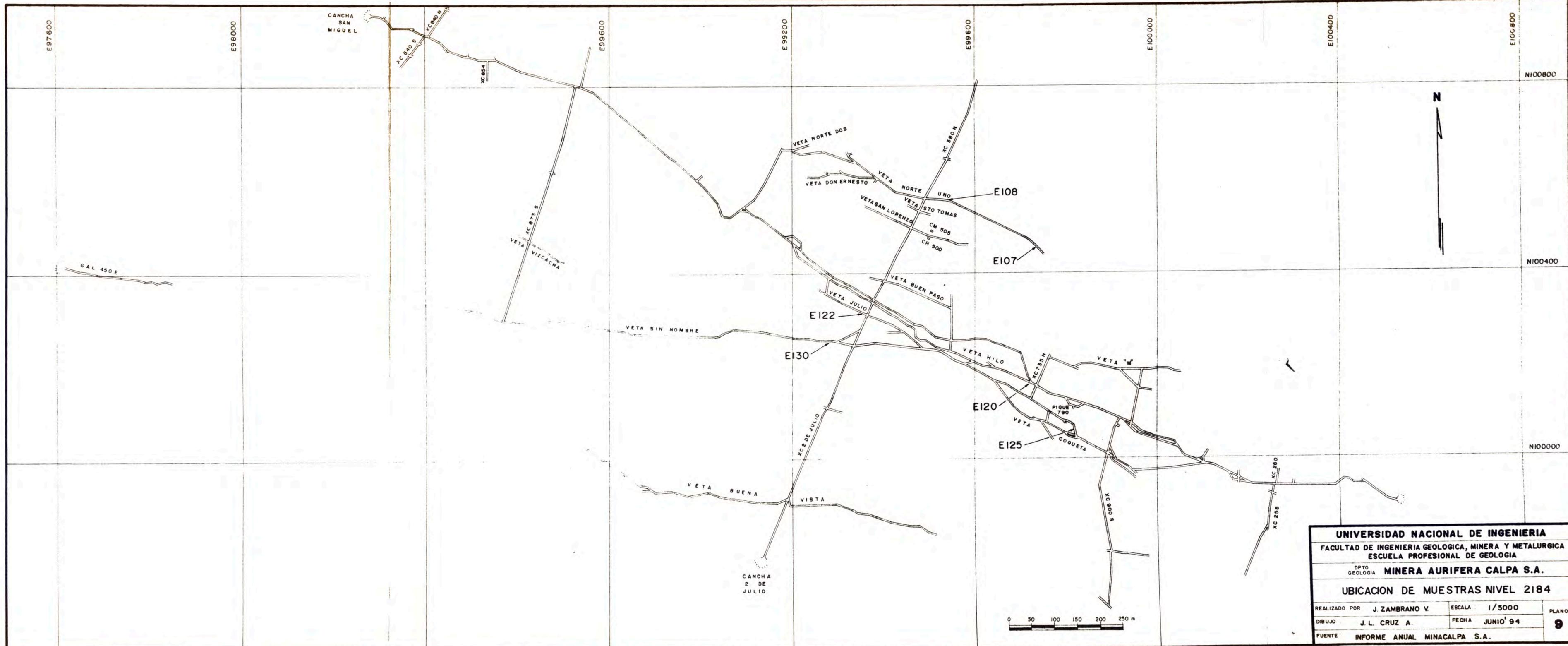


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO. GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 2227</b>		
REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/5000	PLANO <b>8</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S. A.		

N100000

N100000

N100000



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 2184</b>		
REALIZADO POR	J. ZAMBRANO V.	ESCALA 1/5000
DIBUJO	J. L. CRUZ A.	FECHA JUNIO '94
FUENTE	INFORME ANUAL MINACALPA S.A.	



E98400

E98800

E99200

E99600

E100000

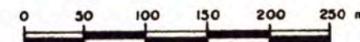
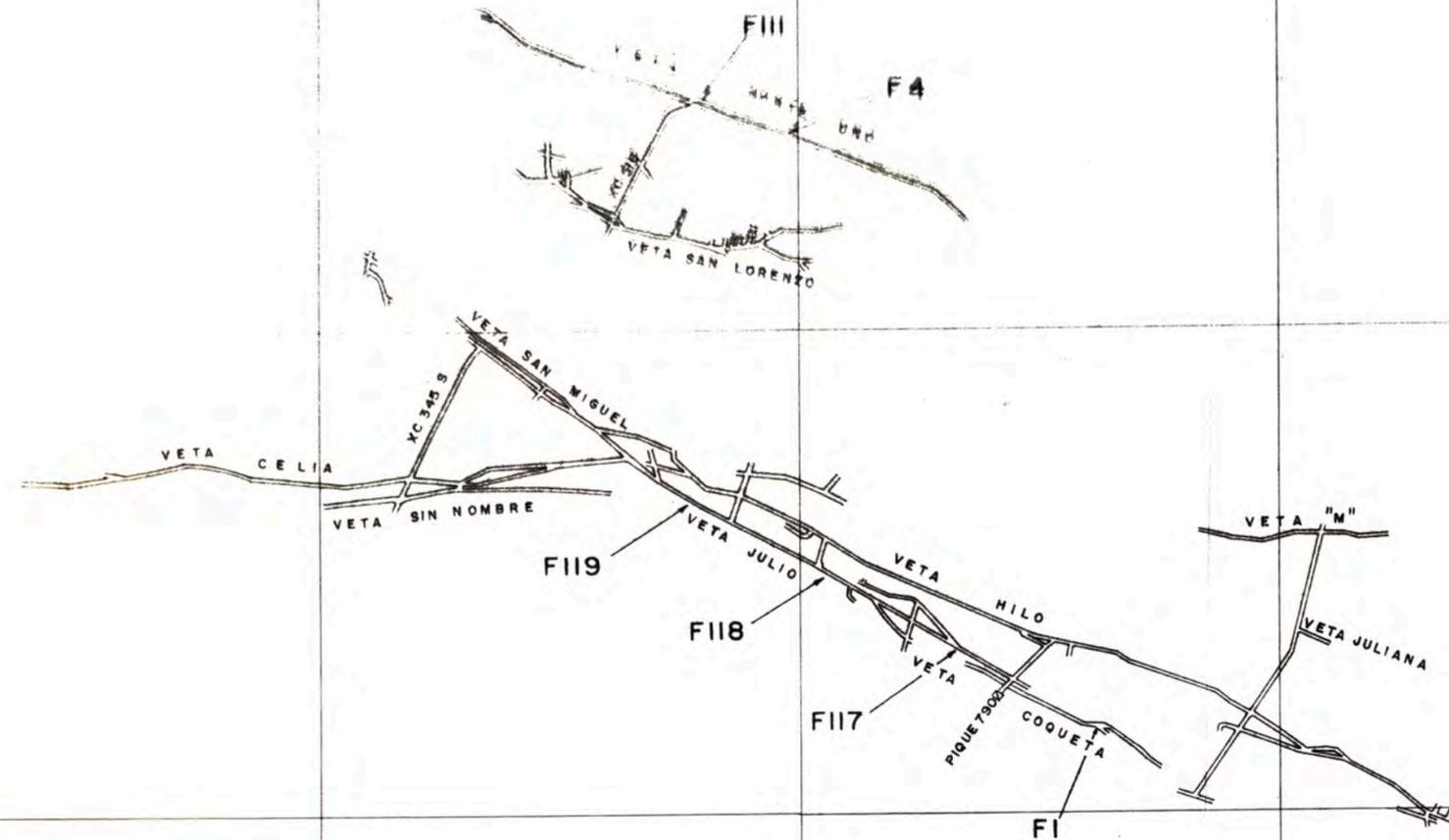
E100400

E100800

N100800

N100400

N100000



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO. GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 2143</b>		
REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/5000	PLANO <b>10</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S. A.		

E98400

E98800

E99200

E99600

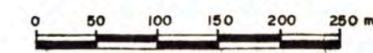
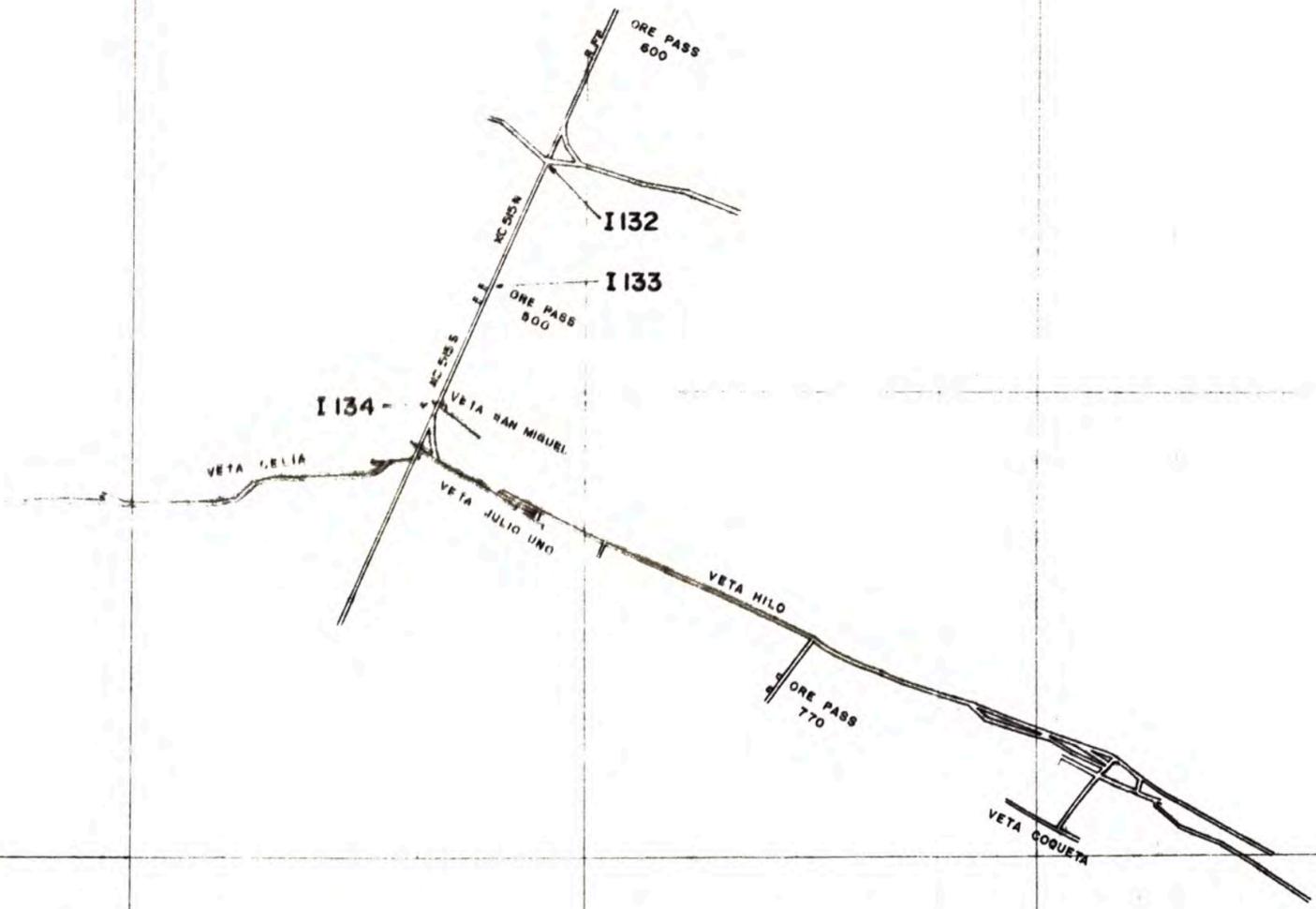
E100000

E100400

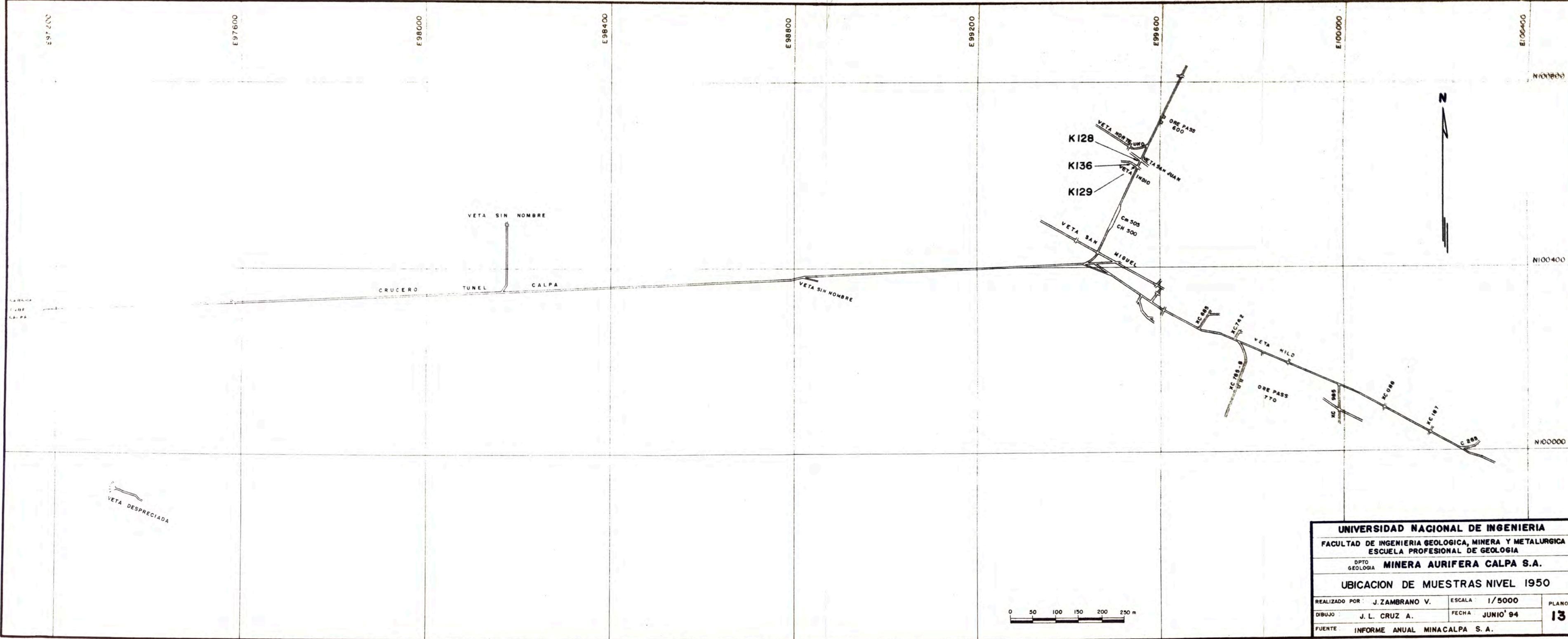
E100800

N100800

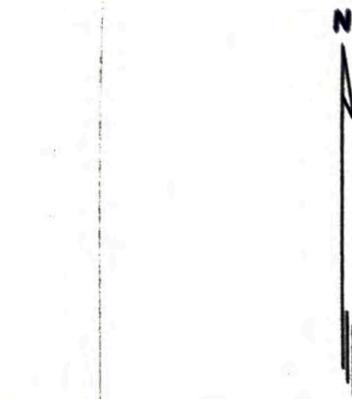
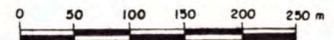
N100000



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO. GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 2020</b>		
REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/5000	PLANO <b>12</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S. A.		



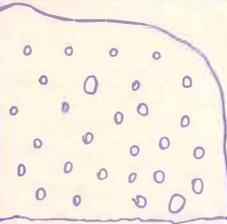
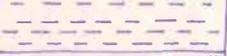
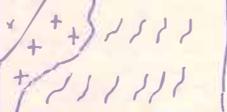
VETA DESPRECIADA



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 1950</b>		
REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/5000	PLANO
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	<b>13</b>
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S. A.		

6. 2

Planos

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ESPESOR ( m )	LITOLOGIA	
CENOZOICO	CUATERNARIO		DEPOSITOS ALUVIALES ( Q )	150	 <p>Grabas Arenas Conglomerados</p>	
		Terciario	PLIOCENO	MEDIO	VOLCANICOS SENCCA (Ts-vse)	60
	INFERIOR			FORMACION MILLO (Ts-mi)	400	 <p>Disc. Erosional Conglomerados Areniscas Tobas</p>
	MIOCENO SUPERIOR		FORMACION HUAYLILLAS (Tm-hu)	250	 <p>Disc. Erosional Tobas Dacíticas y Riolíticas</p>	
	EOCENO INFERIOR	FORMACION CARAVELI (Ti-ov)	ALTOS DE CALPA	710	 <p>Disc. Angular Conglomerados Areniscas</p>	
	PALEOCENO SUPERIOR		CUNO-CUNO		 <p>Lutitas Taboas</p>	
		CRUZ BLANCA	 <p>Conglomerados Areniscas Disc. Angular</p>			
	MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR		600	 <p>BATOLITO DE LA COSTA</p>
			MEDIO			
	PROTEROZOICO	PRECAMBRIANO		COMPLEJO BASAL	?	 <p>GRANITOIDES GNEIS</p>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA**

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

**COLUMNA GEOLOGICA GENERALIZADA**

REALIZADO POR : J. ZAMBRANO V.

DIBUJO : J. L. CRUZ A.

FECHA : JUNIO '94

FUENTE : INFORME ANUAL MINACALPA S. A.

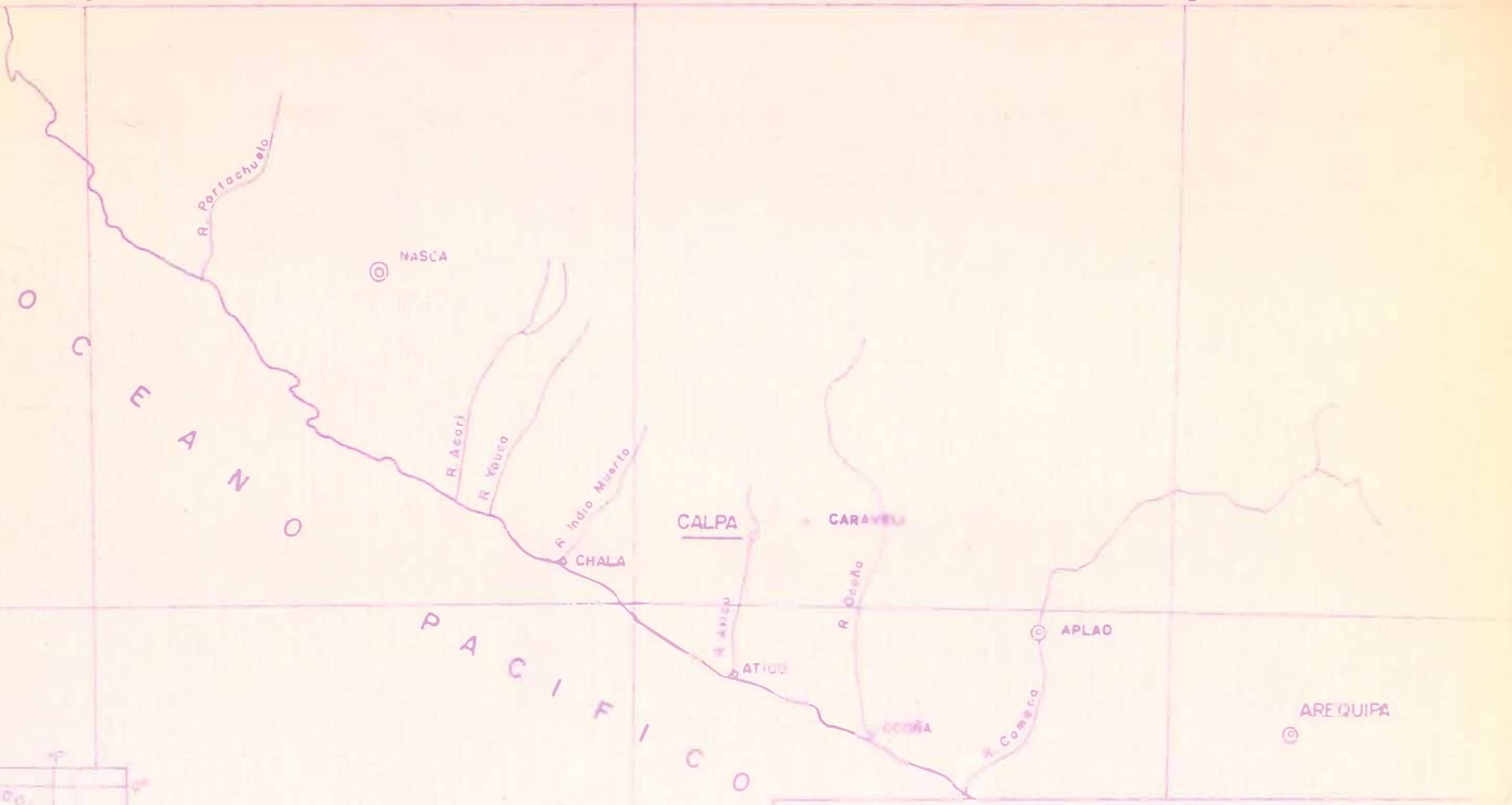
FIGURA

**2**

76°

74°

72°

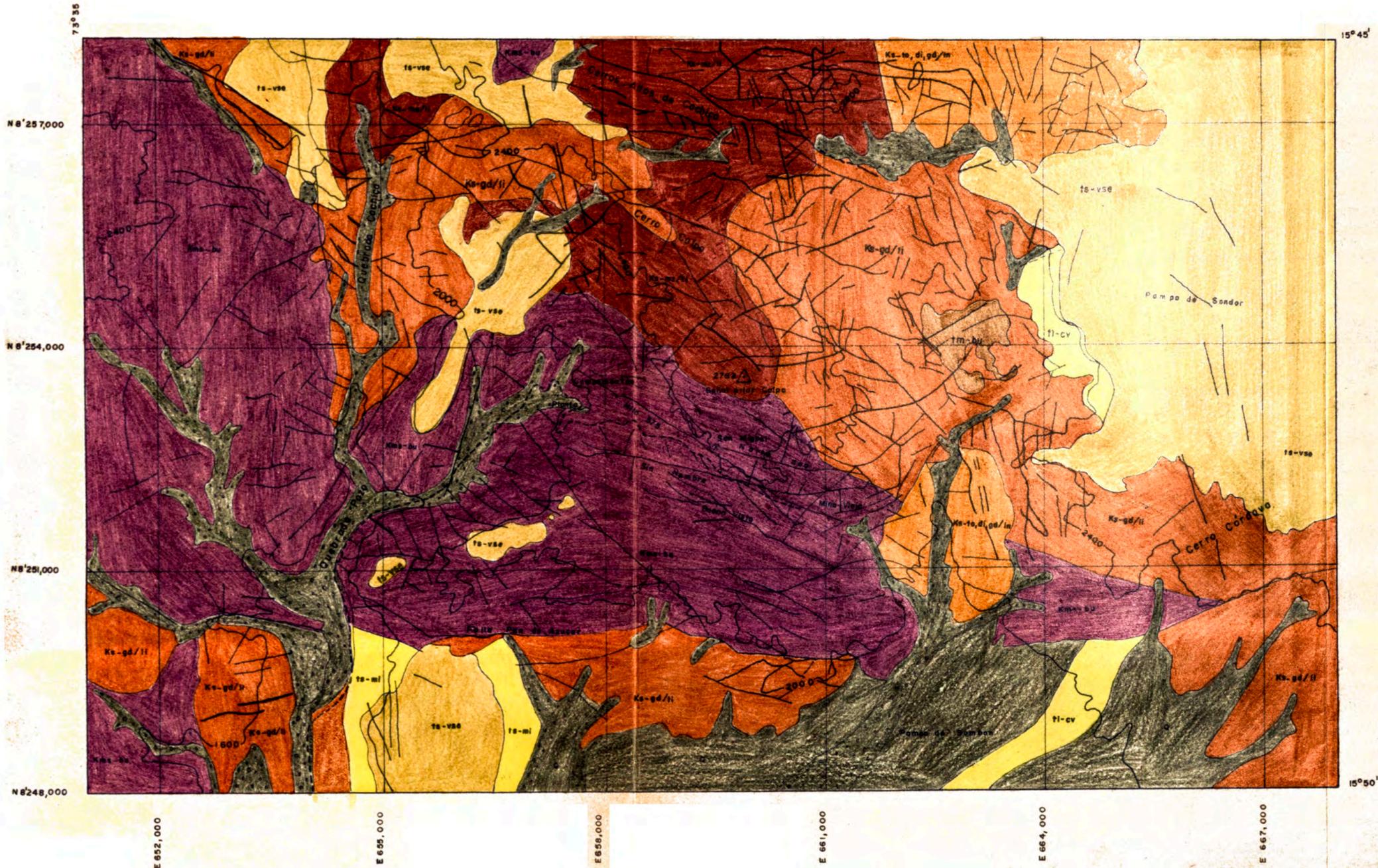


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA**

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

**UBICACION GEOGRAFICA**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/2'500,000
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S.A.	



**LEYENDA**

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	LITOLOGIA	ROCAS INTRUSIVAS		
					PLUTONICAS	HIPABISALES	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Depositos aluviales edificos y conos de escombros.	BATOLITO DE LA COSTA		
		TERCIARIO	Plioceno Superior	VOLCANICO SENCCA			Ts-vse
	Plioceno Inferior		FORMACION MILLO	Ts-mi			Conglomerados areniscos y cenizas volcanicas
	Mioceno Superior		FORMACION HUAYLILLAS	Tm-hu			Tobos daciticos y rioliticos
	Eoceno Inferior	FORMACION CARAVELI	Ti-cv	Lutitas tobaceas, conglomerados			
MESOZOICO	CRETACEO	Superior		Tonalitas, dioritas, granodioritas	SUPER UNIDAD INCAHUASI	Ks-gd-li	
		Medio (?)		Granodioritas y monzonitas	SUPER UNIDAD LINGA	Ks-gd-li	
				Brechas de intrusion andesitica o dacitica		COMPLEJO BELLA UNION	Ms-sb



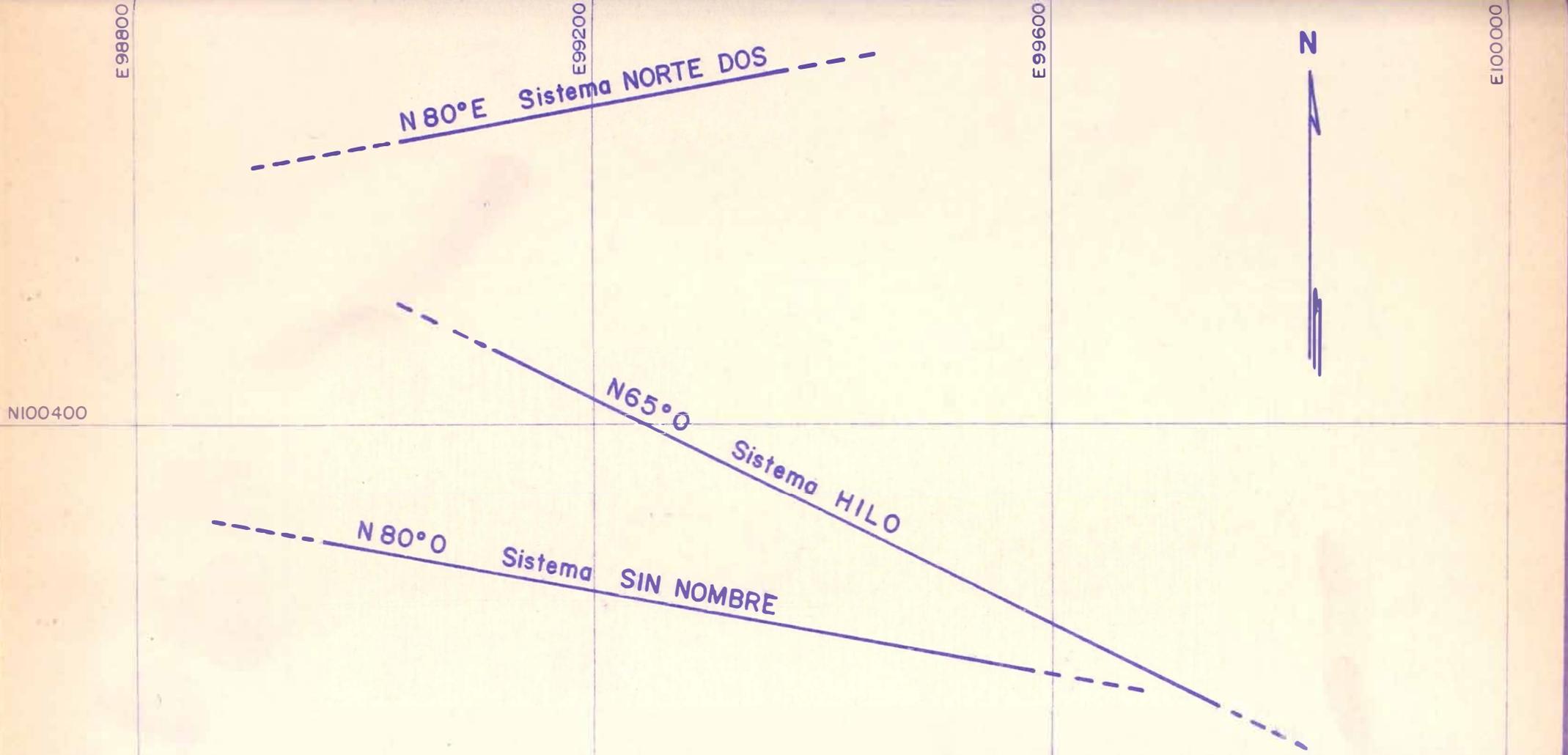
- SIMBOLOS**
- X BOCAMINA PRINCIPAL
  - ESTRUCTURA
  - ESTRUCTURA MINERALIZADA
  - - - CARRETERA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA**

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

**GEOLOGIA DEL YACIMIENTO**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/50,000	PLANO <b>2</b>
DIBUJO: J.L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINA CALPA S. A.		



N100400

N100000

E98800

E99200

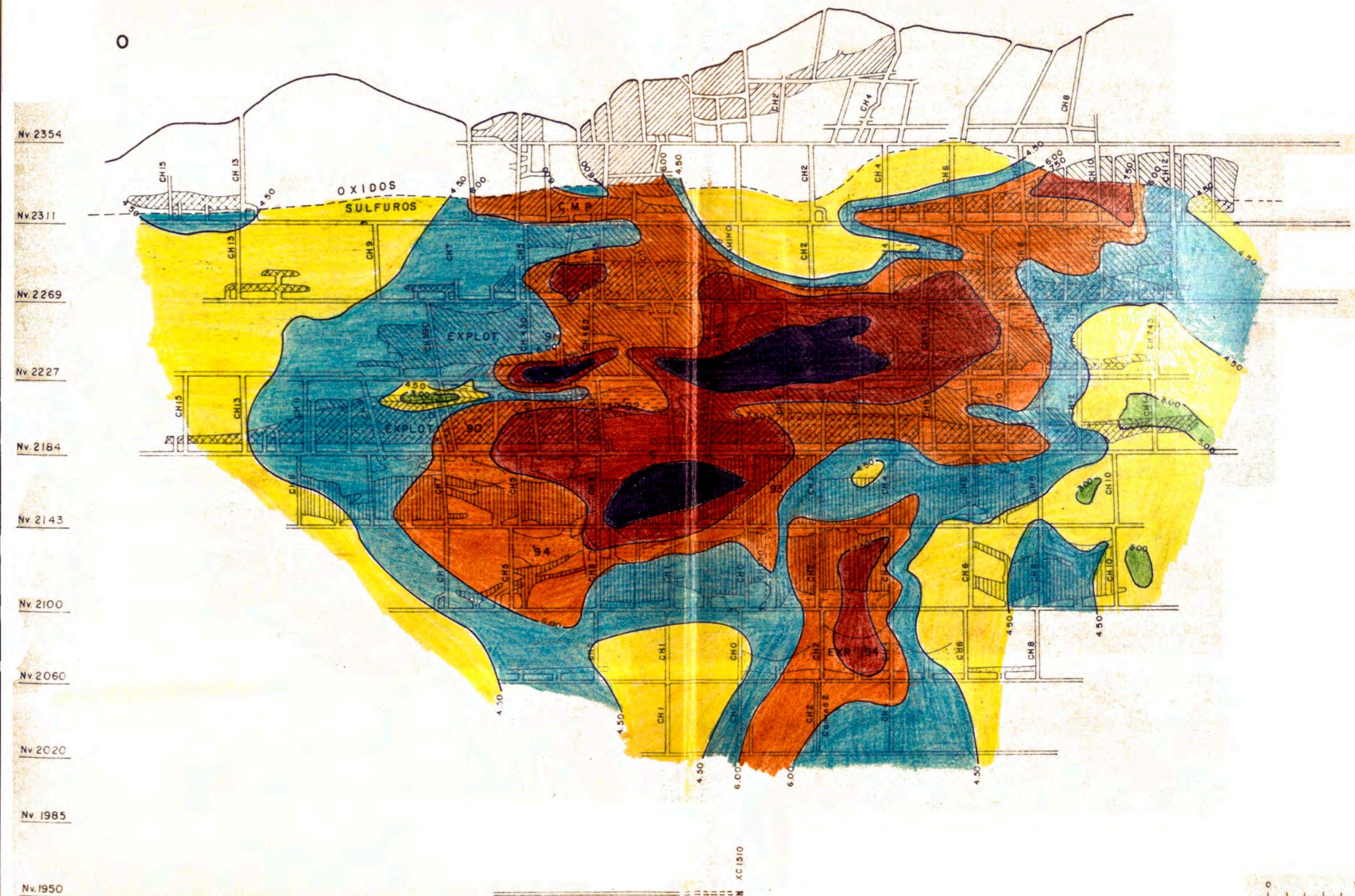
E99600

E100000

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO. GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>SISTEMA DE VETAS (nivel 2184)</b>		
REALIZADO POR :	J. ZAMBRANO V.	ESCALA : 1 / 5000
DIBUJO :	J. L. CRUZ A.	FECHA : JUNIO '94
FUENTE :	INFORME ANUAL MINACALPA S. A.	

PLANO

**3**



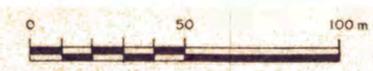
Nv. 2354  
 Nv. 2311  
 Nv. 2269  
 Nv. 2227  
 Nv. 2184  
 Nv. 2143  
 Nv. 2100  
 Nv. 2060  
 Nv. 2020  
 Nv. 1985  
 Nv. 1950

**LEYES (gAu/t)**

mayor de 9.00		DE 4.50 a 6.00	
DE 7.50 a 9.00		DE 3.00 a 4.50	
DE 6.00 a 7.50		menores de 3.00	

**LEYENDA**

EXPLOTADO AÑO 1,991		EXPLOTADO AÑO 1,994	
EXPLOTADO AÑO 1,989		EXPLOTADO AÑO 1,993	
EXPLOTADO POR C.M.P.		EXPLOTADO AÑO 1,992	

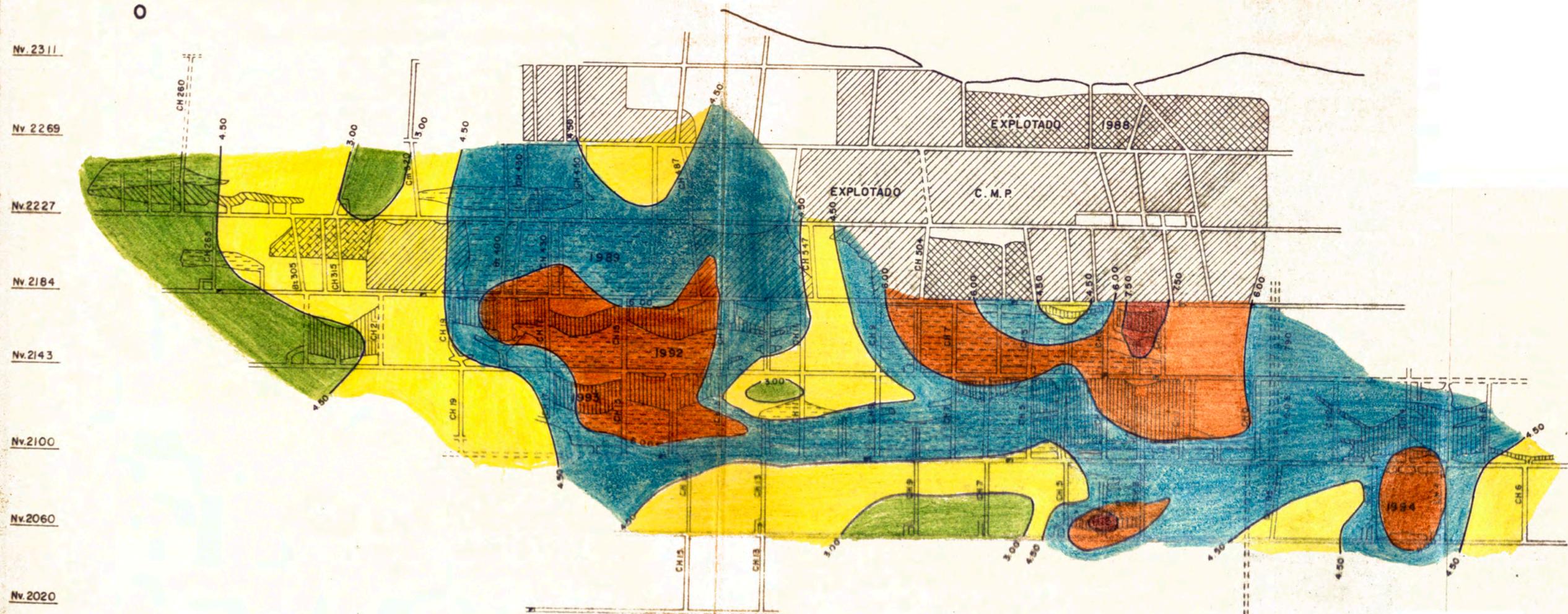


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

**CURVAS DE ISOVALORES VETA NORTE UNO**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/2000
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S.A.	

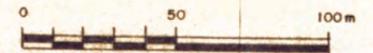


**LEYES (gAu/t)**

mayor de 9.00	DE 4.50 a 6.00	
DE 7.50 a 9.00	DE 3.00 a 4.50	
DE 6.00 a 7.50	menores de 3.00	

**LEYENDA**

EXPLOTADO AÑO 1,990	EXPLOTADO AÑO 1,994
EXPLOTADO AÑO 1,989	EXPLOTADO AÑO 1,993
EXPLOTADO AÑO 1,988	EXPLOTADO AÑO 1,992
EXPLOTADO POR C.M.P.	EXPLOTADO AÑO 1,991



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA**

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

**CURVAS DE ISOVALORES**  
**VETA JULIO UNO**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/2000	PLANO <b>5</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S.A.		

O

E

Nv. 2269

Nv. 2227

Nv. 2184

Nv. 2143

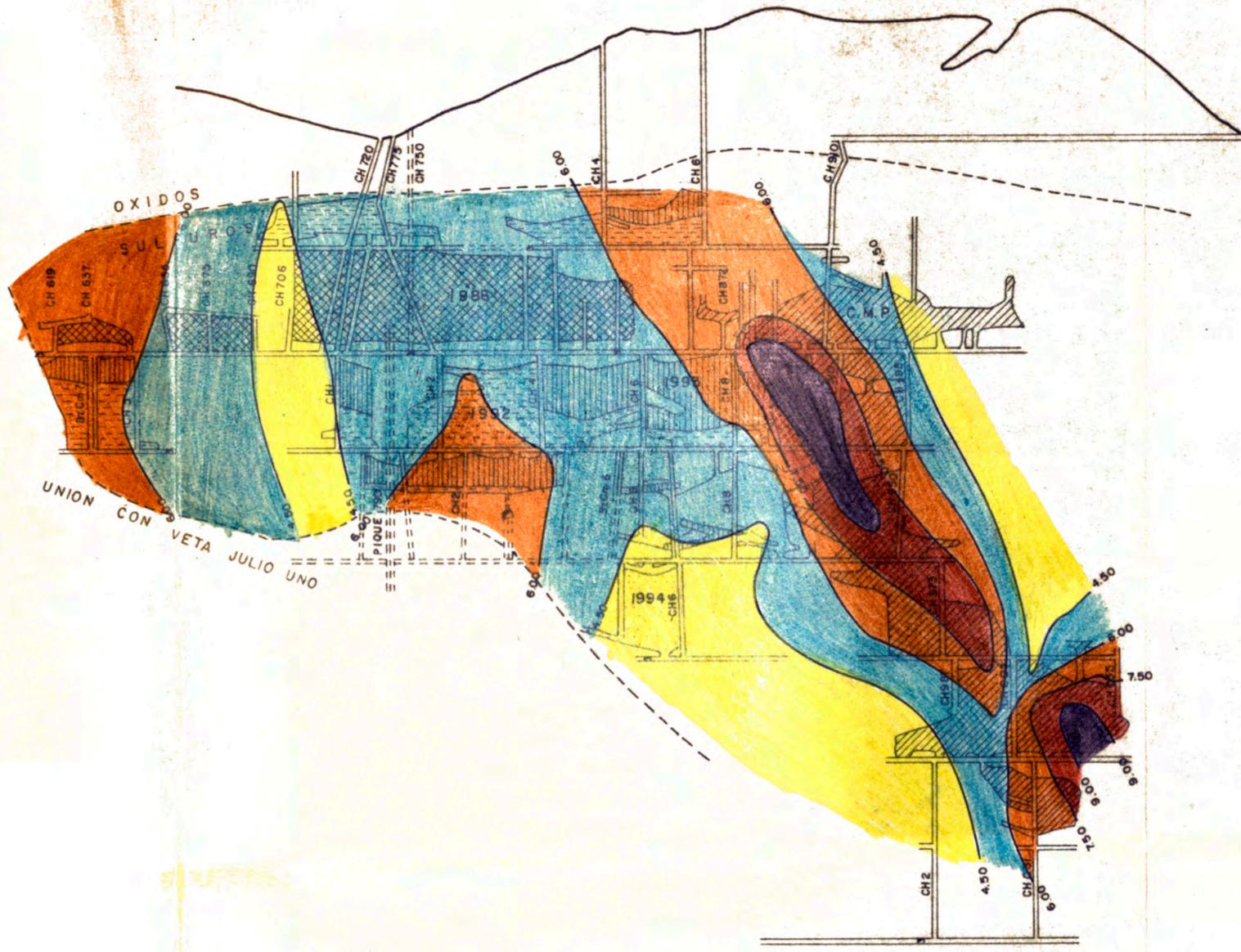
Nv. 2100

Nv. 2060

Nv. 2020

Nv. 1985

Nv. 1950



LEYES (g Au/t)

mayor de 9.00		DE 4.50 a 6.00	
DE 7.50 a 9.00		DE 3.00 a 4.50	
DE 6.00 a 7.50		menores de 3.00	

LEYENDA

EXPLOTADO AÑO 1,992		EXPLOTADO AÑO 1,994	
EXPLOTADO AÑO 1,988		EXPLOTADO AÑO 1,993	
EXPLOTADO POR C.N.P.			

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA**

DPTO. GEOLOGIA **MINERA AURIFERA CALPA S.A.**

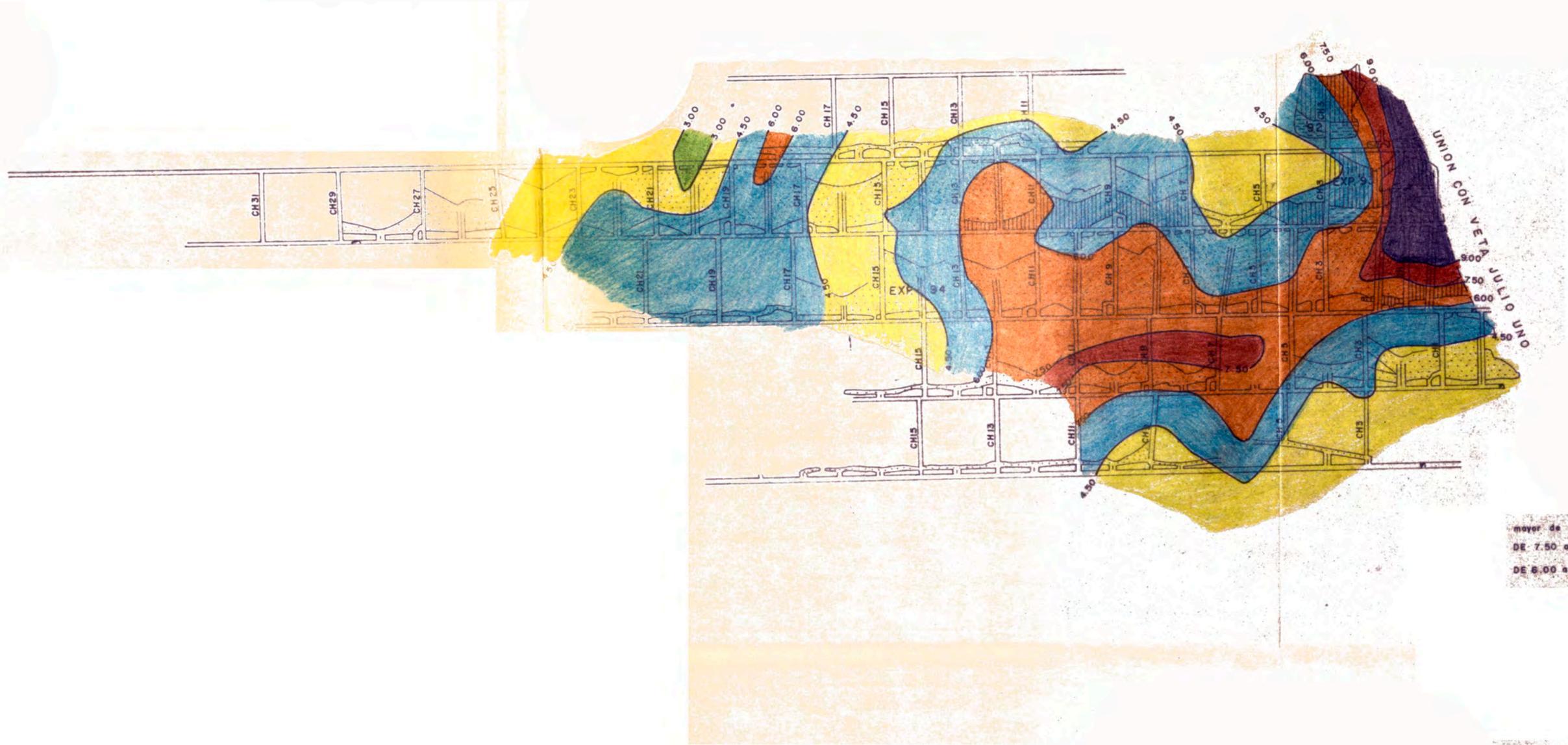
**CURVAS DE ISOVALORES**  
**VETA COQUETA**

REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1 / 2000	PLANO <b>6</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S.A.		

Nv. 2311  
 Nv. 2269  
 Nv. 2227  
 Nv. 2184  
 Nv. 2143  
 Nv. 2100  
 Nv. 2060  
 Nv. 2020  
 Nv. 1985  
 Nv. 1950

O

E



mayor de 9.00  
 DE 7.50 a 9.00  
 DE 6.00 a 7.50

**LEYES (gAu/t)**

	DE 4.50 a 6.00
	DE 3.00 a 4.50
	menores de 3.00

**LEYENDA**

EXPLOTADO	AÑO	1994	
EXPLOTADO	AÑO	1993	
EXPLOTADO	AÑO	1992	

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA	
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA	
DPTO. GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>	
<b>CURVAS DE ISOVALORES</b>	
<b>VETA CELIA</b>	
REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V	ESCALA: 1 / 2000
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S.A.	

E98400

E98800

E99200

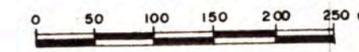
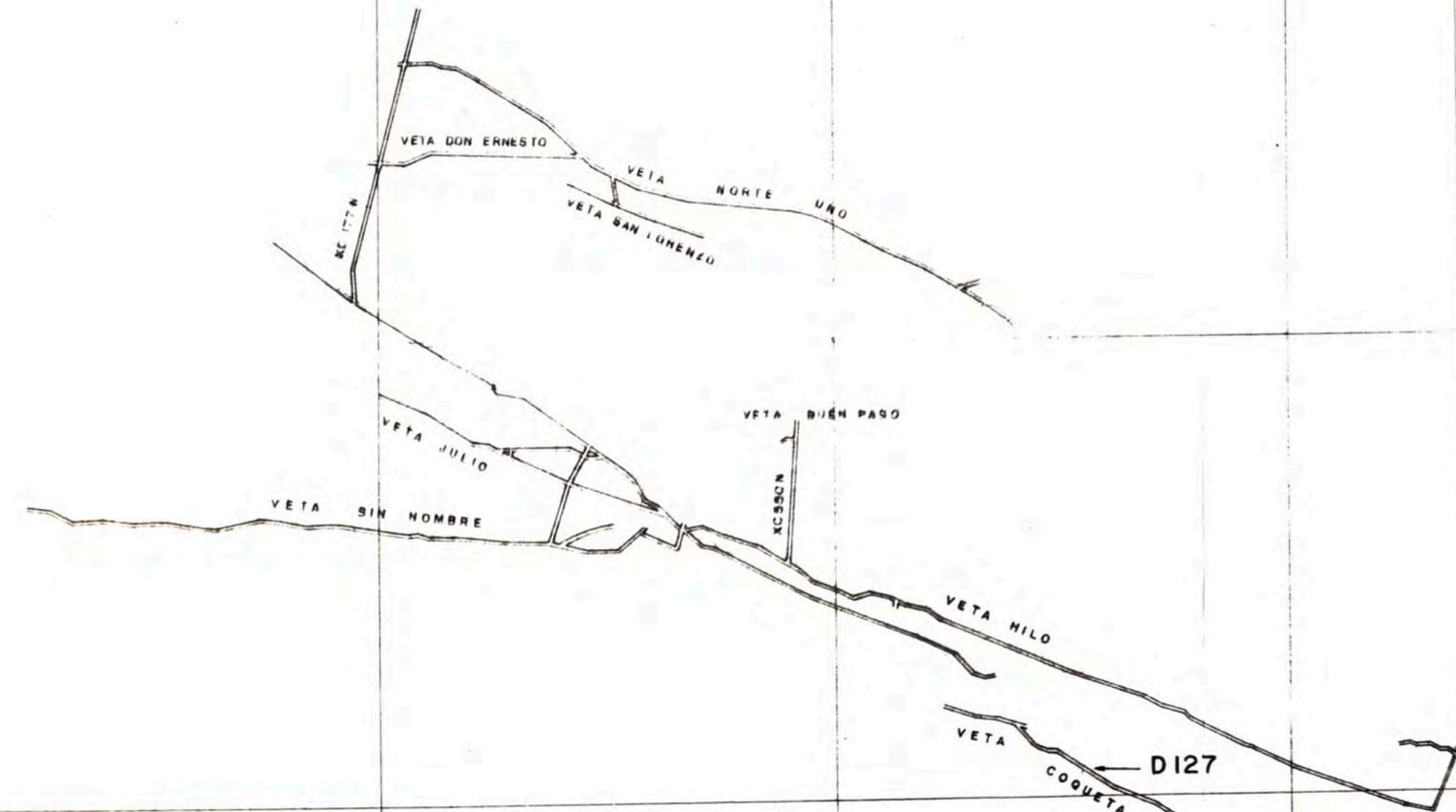
E99600

E100000

E100400

E100800

VETA VIZCACHA

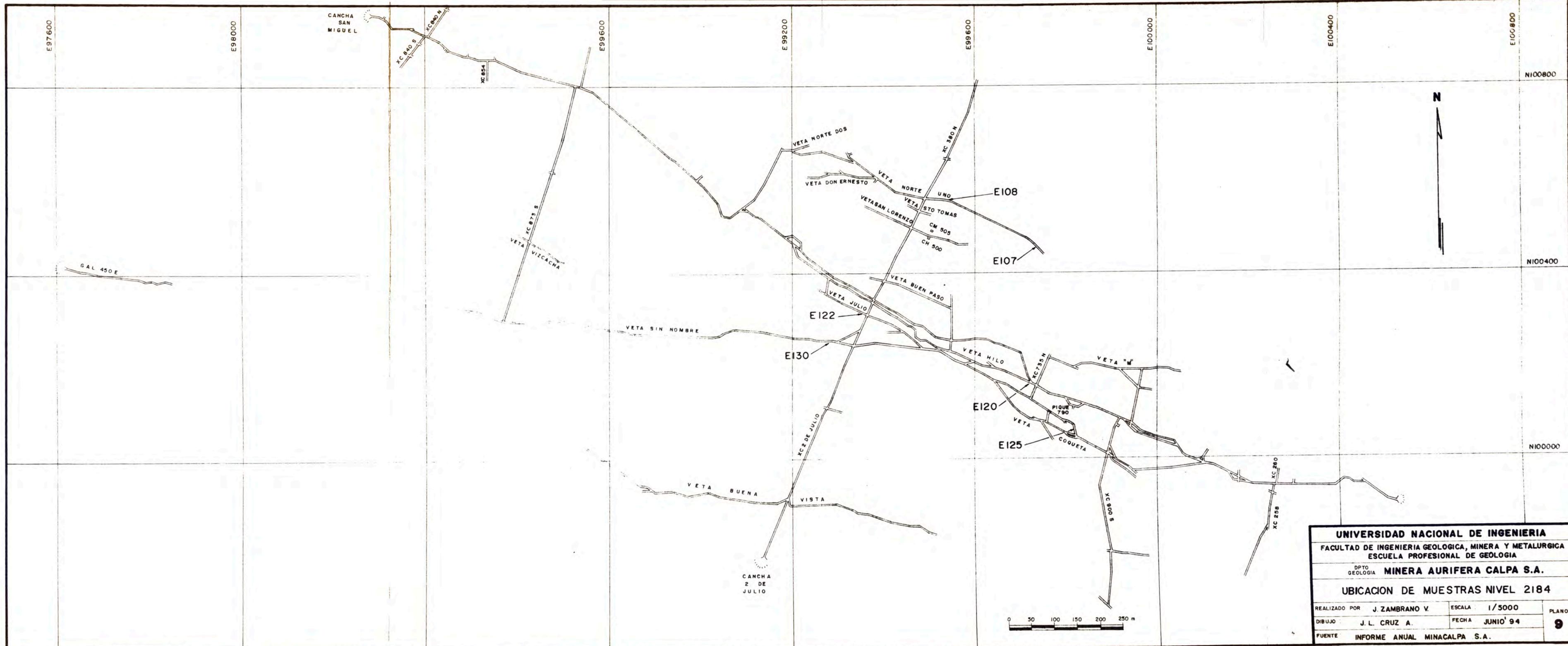


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO. GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 2227</b>		
REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/5000	PLANO <b>8</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S. A.		

N100000

N100000

N100000



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 2184</b>		
REALIZADO POR <b>J. ZAMBRANO V.</b>	ESCALA <b>1/5000</b>	PLANO
DIBUJO <b>J. L. CRUZ A.</b>	FECHA <b>JUNIO '94</b>	<b>9</b>
FUENTE <b>INFORME ANUAL MINACALPA S.A.</b>		

E98400

E98800

E99200

E99600

E100000

E100400

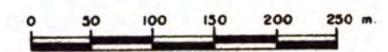
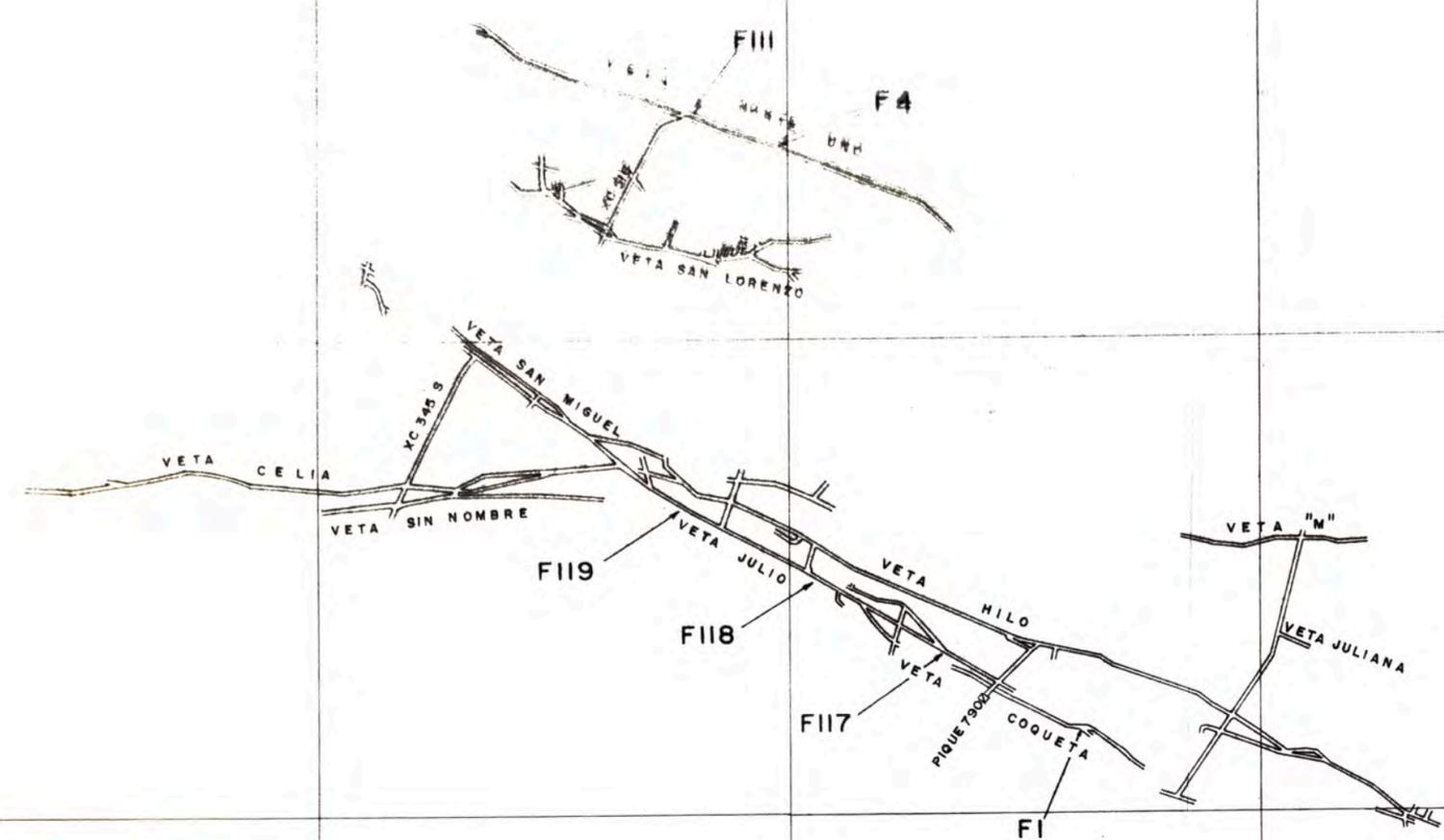
E100800

N100800

N100400

N100000

N



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO. GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 2143</b>		
REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/5000	PLANO <b>10</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S. A.		

E98400

E98800

E99200

E99600

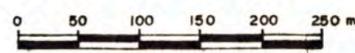
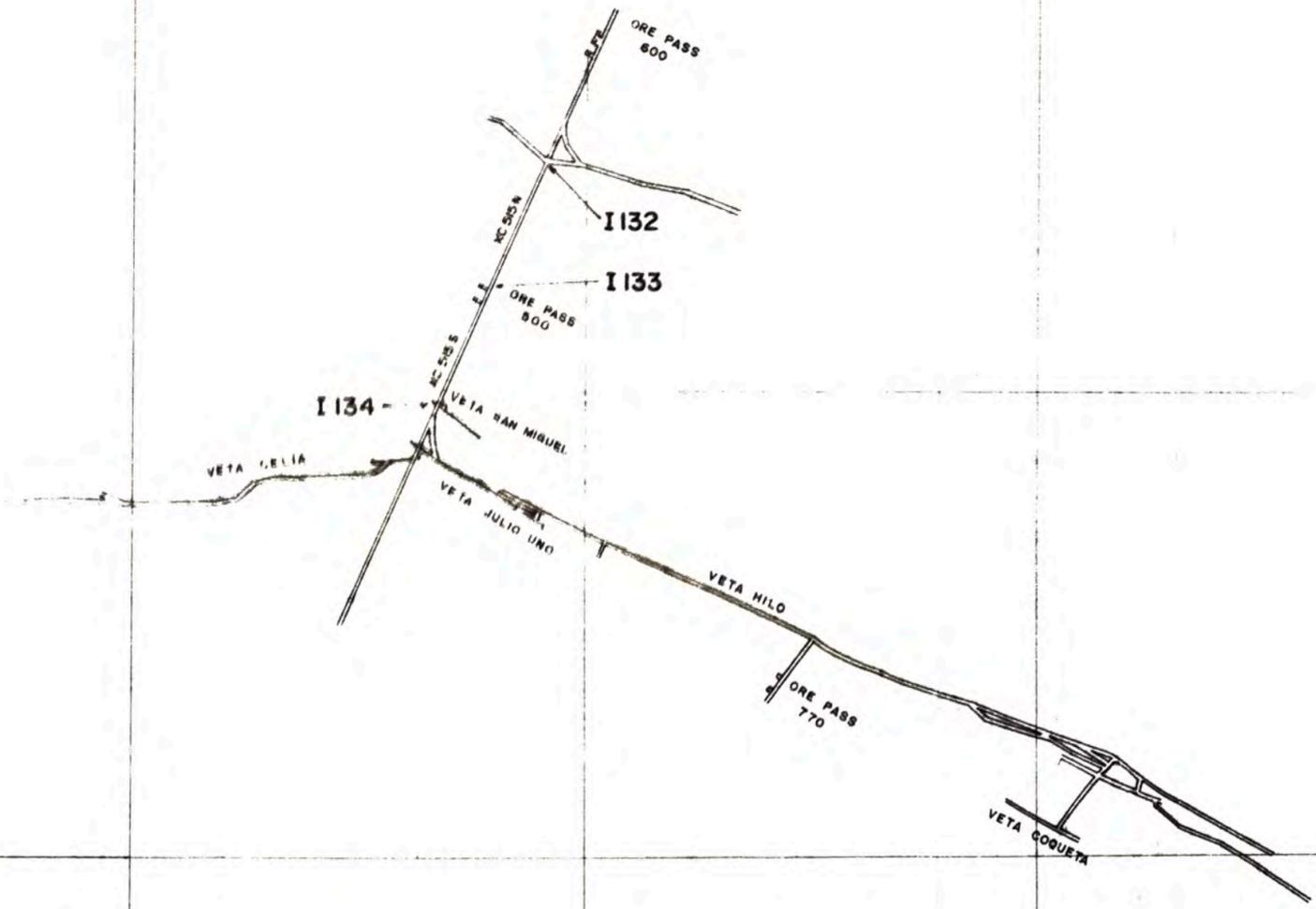
E100000

E100400

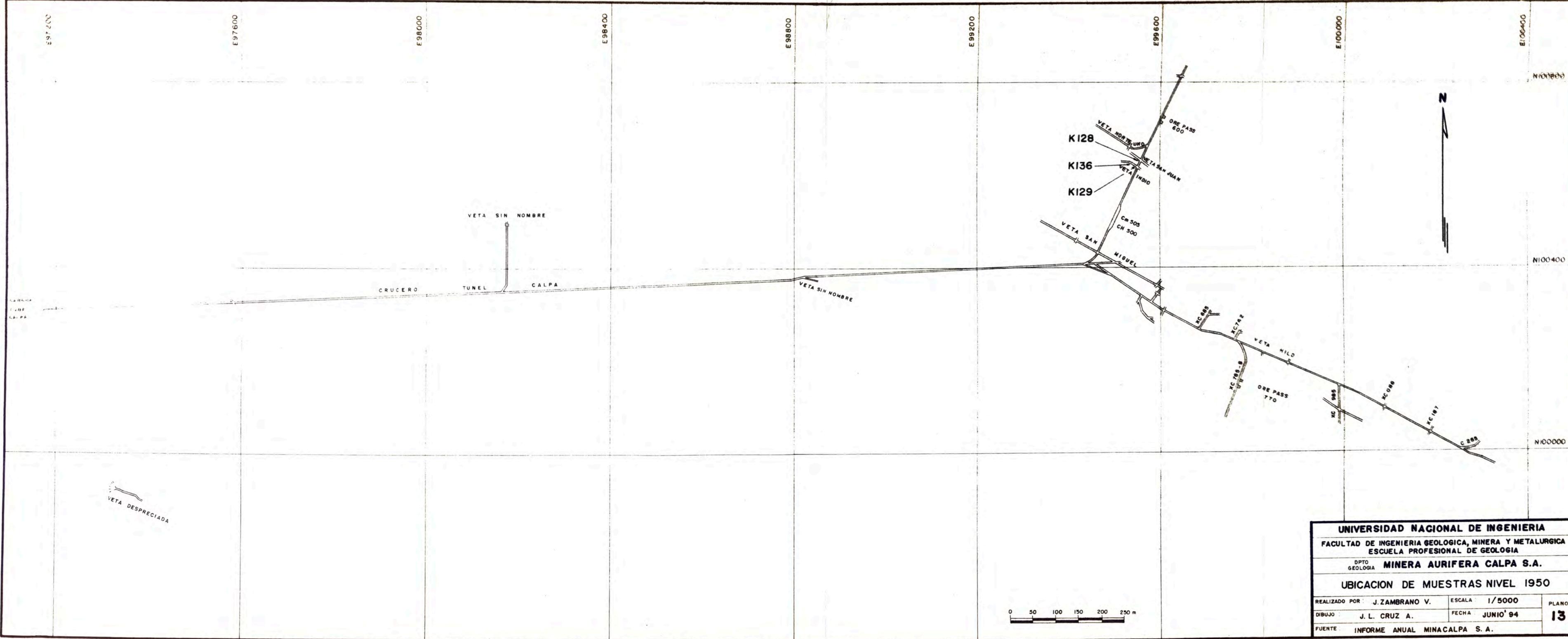
E100800

N100800

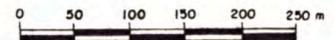
N100000



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO. GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 2020</b>		
REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/5000	PLANO <b>12</b>
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S. A.		



VETA DESPRECIADA



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE GEOLOGIA		
DPTO GEOLOGIA <b>MINERA AURIFERA CALPA S.A.</b>		
<b>UBICACION DE MUESTRAS NIVEL 1950</b>		
REALIZADO POR: J. ZAMBRANO V.	ESCALA: 1/5000	PLANO
DIBUJO: J. L. CRUZ A.	FECHA: JUNIO '94	<b>13</b>
FUENTE: INFORME ANUAL MINACALPA S. A.		

## BIBLIOGRAFIA

- AREHART, G.B., CHRYSSOULIS, S.L. & KESLER, S.E: Gold and Arsenic in Iron Sulfides from Sediment-Hosted Disseminated Gold Deposit; Implications for Despositional Processes, Economic Geology, Vol. 88, pgs. 171-185 (1993)
- BARNES, H.L. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. Holt. Rinehart & Winston Inc. New York-USA (1967)
- BELOUSOV, V. Geología Estructural.(1979)
- BERGER, B.R. & EIMON, P.L. Comparative Models of Epithermal Silver-Gold Deposits. SME-AIME Anual Meeting, Dallas-USA (1982)
- BORCHERT, H. D e r W e r t g e s t e i n s - u n d largerstattengenetischer Forschung für die Geologie und Rohnstoffnutzung Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. 13, Berlin Alemania (1968)
- BORCHERT, H.: Pegmatitische Lagerstätten und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Sondedruck der Gesellschaft deutscher Metalhütten- und Bergleute e. E., Clausthal-Zellerfeld/Alemania (1967)
- BOYLE, R.W. The Geochemistry of Gold and its Deposits. Geology Survey of Canada, 280; Energy, Mines & Resources, Ottawa-Canada (1972)
- BROWN, F.W., HUNT P.R. & HALB, D.N. : Fluosolids Roasting of Arsenopyrite Ore. Lancefield Western Australia. The Austr. IMM Perth and Kalgoorly Branches,
- CABRI, L.J. Comparison of In-Situ Gold Analyses in Arsenian-Pyrite. Gold-Seminar BGR, Hannover-Alemania (1991)
- CABRI, L.J. The Nature of "invisible" Gold in Arsenopyrite. The Canadian Mineralogist, Vol. 27, Part 3, pgs. 353-362, Ottawa-Canada (1989)
- CABRI, L.J. The Role of Mineralogy in Gold Metallurgy. CANMET, Canada Centre for Mineral and Energy Technology, Division Report MSC 38-51 (QP&J) Draft, pgs 1-11. Ottawa-Canada (1988)
- CASTRO D., A.: Petrografía Básica. Texturas, Clasificación y Nomenclaturade Rocas, España (1989)

- CHRYSSOULIS, S.L. & CABRI L.J. : Significance of Gold Mineralogical Balances in Mineral Processing. Trans. Inst. Metall., 99 pgs 1-10, Ottawa Canada (1990)
- CHRYSSOULIS, S.L. : Direct Determination of Invisible Gold in Refractory Sulhide Ore. Proceedings of the International Symposium on Gold Metallurgy in Winnipeg-Canada, pgs. 235-244, Pergamon Press, New York-USA (1987)
- DALMAYRAC, B., LAUBACHER, G. y MAROCCO, R: Caracteres Generales de la Evolución Geológica de los Andes Peruanos. Bol. 12, INGEMMET (1988)
- DUNN, J.G. The Roasting and Leaching of Refractory Sulphides. Mineral, Petrol. Simp., Sidney-Australia; IMN, Sidney-Branch (1989)
- EIMON, P.I. & ANCTIL, R.J. : Epithermal Precious Metals Deposits. Northwest Mining Association, 87 th Annual Convention, Spokane-USA (1981)
- FLETT, M.E. Oscillatory-zoned As-bearing Pyrite from strata-bound and stratiform Gold Deposits: An Indicator of Ore Fluid Evolution. The Geology of Gold Deposits: The Perspective in 1988 (R.R. KEAYS et all.). Econom. Geol. Monogr. 6, pgs 356-362 (1989)
- GILES, D.L. & NELSON, C.E.: Principal Features of Epithermal lode Gold Deposits of the Circum-Pacific Riom. Circum-Pacif Energy and Minerals Conference; Honolulu-Hawai (1982)
- HARRIS, D.C.: The Mineralogy of Gold and it's Relevance to Gold Recoveries-Mineral Deposita 25 (suppl.) pgs- 3-8, Hannover-Alemania (1990)
- HUANG, W.T. Petrología. (1968), Mexico
- MONTREUIL, L.A.: Investigación Mineragráfica de 6 Productos de la Planta de Cianuración de Mina Calpa, Dist. Atico, Prov. Caravelí, Dpto. Arequipa. Informe para la Empresa (1990)
- OJEDA,MLJ. & GUILBERT, J.M. Preliminares sobre la Geoquímica del Oro y Plata en elPerú. Bol. Soc. Geol. del Perú N° 71, pgs 219-227, Lima-Perú.
- OLCHAUKI, L.: Geología de los Cuadrangulos de Jaqui, Cora Cora, Chala y Chaparra. Bol N° 34 INGEMMET Lima-Perú. 1980.

- PARK, C.F. & GUILBERT, J.M. Ore Deposits.  
W.H. Freeman & Company, San Francisco-USA.  
(1985)
- PETERSEN, U.: Plutones y Mineralización en los Andes of  
Perú, Bolivia, Chile. Bol.Soc.Geol.Perú N° 33  
pgs. 219-239. Lima Perú (1958)
- PICHO G., V. Geología de los Cuadrangulos de Pausa y  
Caravelí. Bol. N° 37. INGEMMENT. Lima-Perú.
- QUADRIO, A.J. & KELLET, K.R. : Recovery of Gold from Lance  
field Arsenical Sulfides Ore. The Austr. IMM  
Peth and Kalgoorly Metallurgy and Geology,  
pgs. 1-11 (1984)
- RAMDOHR, B.: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen.  
Akademie-Verlag, Berlin-Alemania (1950)
- RODRIGUEZ F., C. Alteraciones de Roca,  
Zonamiento Metalogenético y su Importancia  
para la Explotación del Yacimiento Aurífero  
Calpa. Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional  
Alcides Carrión. Cerro de Pasco-Perú (1993)
- STEPHAMN, S. Genese Der subvulkanischen Silbererzgänge von  
Caylloma in Perú un die durch die Genese  
bedingten bergbauilichen Nutzungsmerkmale.  
Dissertation TU Clausthal-Zellerfeld.  
Alemania (1972)
- SWASH, P.M. A Mineralogical Investigation of Refractory  
Gold Ores and their Benefication, with  
special Reference to Arsenical Ores. J.S.  
Africa Inst. Min. Metall. N° 898, pgs 173-  
180.  
Johannesburg-South Africa. (1988)
- SWASH, P.M. & ELLIS, P.: The Roasting of Arsenical Gold  
Ores: A mineralogical Perspective. Gold 100.  
Proceedings of the International Conference  
on Gold. Vol. 2 Extrative Metallurgy of  
Gold pgs. 235-257. SAIMN. Johannesburg-South  
Africa (1986).