



2ej 30

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

RELACIONES ESTRUCTURALES MINERALOGICAS Y TEXTURALES
DEL YACIMIENTO REY DE PLATA, EN TELOLOAPAN, GRO.

TESIS QUE PARA OBTENER EL
TITULO DE INGENIERO GEOLOGO
PRESENTA:

DAVID RENTERIA TORRES

MEXICO, D.F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

- I N D I C E -

Resumen

I.	Introducción	
	I.1.Objetivo del Trabajo.	1
	I.2.Método de Trabajo	1
	I.3.Trabajos Previos.	2
	I.4.Generalidades	3
	I.4.1.Localización.	3
	I.4.2.Vías de Acceso.	3
	I.5.Fisiografía	4
	I.5.1.Geomorfología	4
	I.5.2.Hidrografía	5
II.	Geología	
	II.1.Geología Regional	6
	II.2.Geología Local.	9
	II.2.1.Litología	9
	II.2.2.Tectónica	18
III.	Yacimientos Minerales	
	III.1.Introducción.	20
	III.2.Forma del Yacimiento.	21
	III.3.Mineralogía y Textura de la Mena.	24
	III.4.Zoneamiento	29
	III.5.Alteraciones.	30
	III.6.Comparación con otros depósitos de sulfuros masivos	31
	III.7.Discusión	34

IV.	Conclusiones.	36
	Bibliografía.	39
	Apéndices	
	- Plano Geológico del Nivel-1220	
	- Plano Geológico del Nivel-1165	
	Análisis petrográfico	41
	Análisis minerográfico.	69

Resumen

El proyecto Rey de Plata es uno de los pocos depósitos de sulfuros masivos conocidos al norte del estado de Guerrero e incluidos en una secuencia vulcano-sedimentaria metamorfizada del Jurásico Superior - Cretácico Inferior.

La mineralización es estratiforme y ocurre en la parte inferior de la unidad volcánica félsica asociada con horizontes reductores de filitas carbonosas. Exhibe un zoneamiento vertical teniendo una mena negra al alto, con la asociación esfalerita-galena-tetraedrita-pirita, cambiando hacia la base a una mena amarilla con pirita-calcopirita; el zoneamiento lateral se presenta con un rumbo --NE-SO, teniendo en el Cuerpo Rey de Plata una asociación de esfalerita-tetraedrita-galena-bournonita-sulfosales de plata (proustita-pirargirita) con algunas concentraciones de barita.

Tres fases de plegamiento y una de fracturamiento, han sido identificadas. Las dos primeras: foliación y crenulación, probablemente se desarrollaron durante el metamorfismo; la tercera corresponde al desarrollo de pliegues de grandes dimensiones y la cuarta fase a un fallamiento en la zona.

El yacimiento es similar a los depósitos tipo Kuroko del Japón, - sin embargo, presenta importantes diferencias: carece de estructura dómica eruptiva, ausencia de una zona de stockwork y alteración a lo alto de la mineralización.

La depositación de los sulfuros se atribuye a exhalaciones volcánicas submarinas, distales de la fuente volcánica exhalativa, la que probablemente se relacione con un arco insular propuesto por Campa y Ramirez (1981) para esta zona de Guerrero.

I. Introducción .

I.1. Objetivo del trabajo.

Basado en observaciones de campo, que junto con el estudio en laboratorio de las muestras colectadas, servirán para describir el yacimiento mineral. A continuación se analizarán dichos resultados para posteriormente compararlos con yacimientos similares adyacentes, y así obtener una conclusión sobre la metalogenia de este tipo de yacimiento .

I.2. Método de trabajo.

Para el presente trabajo las actividades se desarrollaron en dos etapas: Trabajo de campo y trabajo de gabinete.

Durante el trabajo de campo, que tuvo una duración de treinta días efectivos, se realizaron las siguientes actividades:

- Muestreo sistemático de los cuerpos mineralizados y roca encajonante en superficie y subsuelo, y localización de las mismas en planos.
- Obtención de muestras representativas de las unidades litológicas existentes.

El trabajo de gabinete consistió en:

- Estudio petrográfico y minerográfico de las muestras colectadas.
- Interpretación de la información recabada, tanto en el laboratorio como en el campo, seguida de la redacción del presente informe .

I.3. Trabajos previos.

Los primeros datos referentes a la geología y mineralización en el área, corresponden a informes de la Compañía Minera La Campaña, que en los años de 1946 a 1949 realizó trabajos para explotar la mineralización de la zona. Posteriormente Zamorano (1977), indica en sus análisis mineragráficos, que la mineralogía del yacimiento es esfalerita, galena, pirita, calcopirita y ~~Argentita~~, -- además, señala la presencia de las formaciones Esquisto Taxco y Roca Verde Taxco Viejo, y sugiere un posible origen vulcanogénico para el yacimiento .

Noguéz, Fons e Ibarquengoitia (1981), presentan de manera más detallada la geología del proyecto; indicando las distintas unidades litológicas que afloran en el área, geometría del yacimiento y planteando una hipótesis genética en la que señalan un origen vulcanogénico .

Trabajos de caracter regional:

Carl Fries Jr.(1960), describe la estratigrafía de la cuenca Guerrero-Morelos; De Cserna(1974), mediante el estudio radiométrico de zircones analizados por el método plomo-alfa, da una edad Precámbrica Tardía al Esquisto Taxco; Campa(1974), atribuye a la secuencia metamórfica vulcano-sedimentaria una edad entre el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano.

Otros trabajos desarrollados ~~desarrollados~~ en la secuencia metamórfica vulcano-sedimentaria, con un caracter local y enfocados al aspecto económico-minero, son los presentados por: Campos/Gonzales(1975) y Lorinczi/Miranda(1978), para los yacimientos de Cam

po Morado, Gro.; Espinoza(1982), para el área de Tlanilpa, Gro. - y Del Vecchio(1978), para el área de Tlanilpa-Azulaquez, Gro.. En todos los trabajos antes señalados se indica un origen vulcanogénico para el yacimiento y su relación con la secuencia vulcano-sedimentaria metamorfizada .

I.4. Generalidades.

I.4.1. Localización.

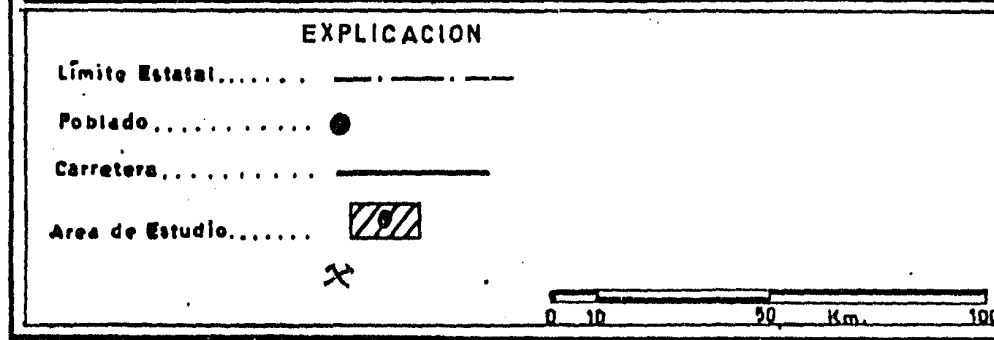
El área del Proyecto Rey de Plata se encuentra situada a 10 km. - al suroeste de la ciudad de Teloloapan, ubicada en la parte norte-central del Estado de Guerrero (Fig. 1). La investigación se concentra en una área de 4km². entre los poblados de Tehuixtla y el - Tule-Zaccapa .

Geográficamente está definida por coordenadas centrales 18°20'57" de latitud norte y 99°55'22" de longitud oeste, con una elevación promedio de 1,400metros sobre el nivel del mar.

I.4.2. Vías de acceso.

Al sureste de Teloloapan se localiza la ciudad de Iguala desde - la cual se inicia el acceso por la carretera federal No. 51 Iguala-Ciudad Altamirano. Al haber recorrido 58km. por dicha carretera se llega a Teloloapan, sitio a partir del cual se continúa por un camino de terracería que conduce al poblado de Tehuixtla, después de haber recorrido aproximadamente 15 km. se llega al sitio del proyecto .

El tiempo promedio en recorrer el trayecto, de la Cd. de Iguala a Teloloapan es de 2 horas y de Teloloapan al proyecto es de 45 minutos .



PROVINCIAS FISIOGRAFICAS
Según Erwin Raisz, 1964



- 1.-Provincia de la Sierra Madre del Sur.
 - A) Subprovincia Cuenca del Balsas-Mexcala.
 - B) Subprovincia Vertiente del Sur.
 - C) Subprovincia Planicie Costera.
- 2.-Provincia Eje Neovolcánico.
- 3.-Provincia Meseta del Norte.

AREA DE ESTUDIO

FIG. 1 MAPA DE LOCALIZACION.

I.5. Fisiografía.

En base a la división de provincias fisiográficas para la República Mexicana publicado por Raiz (1964), el área de estudio se localiza en la parte norte de la Provincia de la Sierra Madre del sur, dentro de la Sub-Provincia denominada Cuenca del Balsas-Mexcala, Fig. 1 .

La Cuenca del Balsas-Mexcala se presenta con una dirección general paralela a la costa del pacífico y teniendo una longitud de 600 - km. aproximadamente y 150 km. en sus partes más anchas, limitando al norte con la Provincia del Neovolcánico .

La cuenca es drenada por el Río Balsas al que se unen numerosos tributarios; el perfil morfológico del valle originado por el cauce del Río Balsas es en forma de V a través de casi todo su recorrido .

I.5.1. Geomorfología.

La morfología observada actualmente, a sido el resultado, tanto de las características litológicas como de la evolución geológica de la región. Siendo así que en las partes altas, como en la Sierra del Tule, donde se tiene un grueso paquete de calizas, se observe que éstas rocas forman cantiles de paredes verticales y llanos en la cima. Por otra parte las rocas metamórficas, como metatobas y metandesitas, forman lomas redondeadas con pendientes suaves; por lo que respecta a las rocas metavolcánicas alteradas, estas forman lomeríos con fuertes pendientes. Las filitas, generalmente en contacto con cuarcitas, forman lomeríos redondeados con pendientes muy abruptas. Las cuarcitas en forma de pequeños afloramientos

ramientos, hacen más accidentado el terreno, ya que al ser más resistente al intemperismo, provoca en relación con las filitas, -- abruptos cambios en la topografía .

I.5.2. Hidrografía

La región forma parte de la Cuenca del Balsas, donde todas las corrientes son tributarias del Río Balsas .

El área del proyecto es drenada por numerosos arroyos intermitentes como el Tule y Las Paredes, que fluyen en dirección Este-Oeste y que durante la temporada de lluvias vierten sus aguas vierten sus aguas en el Arroyo Zacoapa que fluye en dirección Norte-Sur, este arroyo es a su vez afluente del Río Teloloapan, única corriente permanente en el área e integrante de la red hidrográfica del Río Balsas, el cual vierte sus aguas en el Océano Pacífico.

III. Geología Regional .

Aflorando en la parte noroeste del estado de Guerrero y al sur del estado de México, se tiene una secuencia volcánico-sedimentaria metamorfozada que ocupa la base de la columna estratigráfica regional, sobreyaciendo a ésta secuencia se tiene un conjunto de unidades sedimentarias constituidas por rocas calcareas y terrigenos rítmicos del Cretácico Medio a Superior. El Terciario está representados por materiales conglomeráticos contemporaneos con derrames de basalto; estos depósitos fueron seguidos por importantes emisiones volcánicas riolíticas durante el Oligoceno .

Mezosoico

Jurásico Superior-Cretácico Inferior

En la zona correspondiente al noroeste de Guerrero y sur del estado de México, aflora una secuencia metamórfica, a la cual Campa, et al, (1974) designa con el nombre de Secuencia Volcánico-Sedimentaria Metamorfozada. Esta secuencias comprende una alternancia de rocas metavolcánicas (metalava andesítica-dacítico, metatoba y metaglomerado) y metasedimentos (filita, metarenisca, cuarzita y caliza foliada) .

Dentro de la secuencia se han encontrado amonitas del grupo de los berriasélidos y douvillicerátidos así como lamelibranquios y tintínidos, cuya determinación permitió asignar a la secuencia una edad de Jurásico Superior-Cretácico inferior.

Albiano Inferior - Cenomaniano Inferior

En los alrededores de Teloloapan, Gro., sobreyaciendo a la secuencia metamórfica, se encuentran calizas de la Formación Morelos, - del Albiano-Cenomaniano (Fries, 1960). Estas calizas se presentan en estratos gruesos a masivos y contienen abundantes fósiles.

De Cserna, et al, (1978) menciona que los estratos gruesos de caliza de la Formación Morelos cambian de facies, de oriente a poniente, convirtiéndose en calizas negras o gris oscuras, algo arcillosas, en estratos delgados a medianos, interestratificados con lutitas gris oscuras, a veces negras, frecuentemente calcareas, - correspondientes a la Formación Amatepec.

Cenomaniano Superior - Turoniano

Encima de la Formación Morelos descansa una secuencia de rocas -- Volcanoclásticas andesíticas, derrames de andesita, lutita y caliza, en estratos delgados a medianos. A esta secuencia De Cserna (- op. cit.) la ha designado con el nombre de Formación Xochipala, - fijando como localidad tipo las cercanías del poblado de Xochipala. La variación litológica de esta formación, desde su base hasta su cima es como sigue: Lavas andesíticas y tobas en su base; en la parte media se presentan lutitas con ocasionales estratos delgados a medianos de caliza arcillosa; caliza en estratos delgados a medianos con intercalaciones de lutita constituyen la cima de la formación.

En base a estudios paleontológicos (microfauna) se le ha asignado una edad Cenomaniano Superior-Turoniano.

Turoniano - Campaniano

Fries (1960) designó con el nombre de Formación Mexcala a una secuencia de lutitas, limolita, arenisca y conglomerado llegando a formar una secuencia de más de 1,200 metros de espesor, que aflora en la región centro y sur-occidental del Estado de Guerrero.

De Gserna (op. cit.) menciona que los estudios detallados llevados a cabo en el área del proyecto hidroeléctrico el Caracol, permitieron conocer la presencia de cuerpos ígneos penecontemporáneos en la Formación Mexcala. Estos cuerpos ígneos incluyen horizontes de toba y de diques félsicos caolinizados y deformados.

Terciario

Eoceno - Oligoceno

Sobreyaciendo discordantemente a las rocas cretácicas, se presentan rocas sedimentarias clásticas continentales, constituidas principalmente por limolitas, areniscas y conglomerados rojos, denominadas por Fries (op. cit.) como Formación Balsas.

La ubicación cronológica de la formación es incierta, solo afirmando que corresponde a un período trafogénico del Terciario. Campa y Ramirez (1980) han reconsiderado las relaciones estratigráficas y estructurales e indicando que la Formación Balsas varía desde el Cretácico Medio o Tardío .

II.2.1. Litología

En el proyecto minero de Rey de Plata, aflora una alternancia de Rocas metavolcánicas y metasedimentarias, que formarían parte de la secuencia volcánico-sedimentaria reportada por Campa (op. cit.) entre Teloloapan, Gro. e Ixtapan de la Sal, Mex..

Para el presente trabajo se han definido las unidades litológicas en base a su posición estructural y naturaleza premetamórfica. --

Las diferentes unidades aquí presentadas son similares a las propuestas por Noguéz y Fons (1981), pero con diferencias dentro de cada una de ellas.

Las seis unidades así definidas son :

CONG, conglomerado

LAC, sucesión de lutitas, areniscas y calizas

MVS, metavolcánico superior

MS, metasedimentario

MVSA, metavolcánico superior alterado

MVI, metavolcánico inferior

A continuación se describe cada una de las unidades litológicas que afloran en el área del proyecto e integran la columna litológica local (Fig.2).

COLUMNA LITOLOGICA

SEGUN LA POSICION ESTRUCTURAL DE LAS UNIDADES

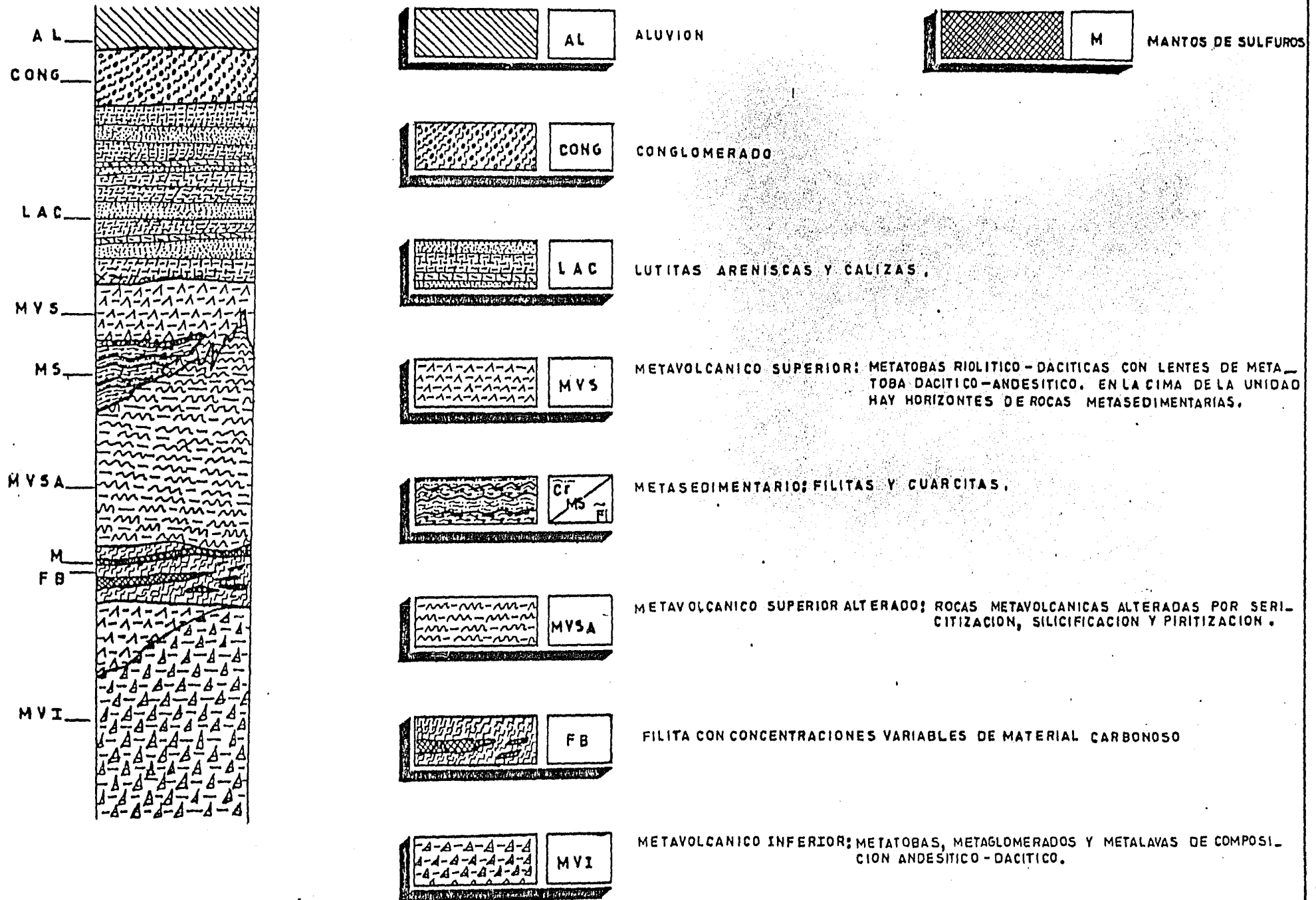


Fig. 2

Metavolcánico inferior (MVI)

Esta unidad comprende una alternancia de metalavas y metatobas, de color verde, cuya composición varía de andesítico a dacítico y que son descritas por separado.

Metaglomerado y Metatoba

La metatoba es de color gris verdoso a verde; de foliación incipiente; con cristales y fragmentos de roca que varían de 1 mm. a 2 cm., en ocasiones, estos constituyentes aumentan de tamaño, presentando fragmentos de 10 a 15 cm. como promedio y siendo los más grandes de 30 cm., estas variaciones dan lugar a un metaglomerado, con una foliación incipiente que rodea a los fragmentos de roca.

Al microscopio se observa una textura ligeramente foliada, con fenocristales de plagioclasa alterados por sericita y clorita, que al reemplazarlos totalmente forma pseudomorfos; fenocristales de posibles minerales máficos, se observan totalmente alterados, solo dejando una impresión de su forma romboidal; la matriz se observa completamente alterada por cuarzo de grano muy fino, clorita y sericita; el cuarzo ha recristalizado en algunas fracturas, además, pequeños granos ocupan ~~algunas~~ las cavidades dejadas por los minerales alterados; los carbonatos se presentan diseminados en la roca y en vetillas deformadas junto al cuarzo (muestra PRDR-20-33 y BRP -5-171.60).

Metalava

Es una roca color verde grisaseo a verde oscuro, compacta, de foliación incipiente, ocasionalmente presenta vesículas; generalmente es afanítica, exceptuando muestras provenientes de afloramientos ubicados a lo largo del Arroyo de Las Paredes, ya que estas muestras exhiben una textura porfídica, con fenocristales de feldespatos de -

2 a 3 mm. en promedio, correspondiendo a un probable cuerpo hipab_{is}al, cuya extensión no fue posible delimitar debido a la cubierta vegetal y la carencia de afloramientos fuera del cauce del arroyo (muestra DR-12-84). También, en dicho arroyo, fueron observadas concentraciones de material calcareo y pizarroso de color negro e incipiente foliación, algunas muestras al ser analizadas, se les clasificó como tobas de grano fino (muestra PRDR-20-58).

Al microscopio la mayoría de las muestras exhiben incipiente foliación y textura porfídica (muestra BRP-36-33.42 y BRP-1-133.65). Los fenocristales corresponden a plagioclasas y, ocasionalmente, a clinopiroxenos, muchos de estos minerales se presentan alterados y -- pseudomorfizados por sericita y clorita, además, el evento metamorfico a deformado a los fenocristales de plagioclasa y fragmentado a los clinopiroxenos; la matriz la constituyen clorita y sericita; los carbonatos y las vetillas de cuarzo son de origen secundario; la ilmenita se presenta en forma de "esqueletos" con alteración a -- leucoxeno (muestra DR-4-3 y BRP-4-94.00).

Las capas más rígidas o competentes, como metatobas o metalavas, -- se prestana particularmente bien al desarrollo de la esquistosicidad de fractura; el ángulo esquistosidad- estratificación es en -- general de 90° (Fig. 10).

Metavolcánico Superior (MVS)

La unidad consiste en una secuencia de metatobas riolítico-dacíticas con algunos lentes de metatobas dacítico-andesíticas y, en menor proporción, metasedimentos. Estructuralmente, al bajo de ésta unidad y cerca del contacto con la unidad metavolcánica inferior,

ocurren los horizontes mineralizados, asociados a filitas con concentraciones variables de material carbonoso.

- Metatoba riolítico-dacítica

Es una roca de color gris claro a amarillo, textura piroclástica, con fragmentos de roca que varían de 2 mm. a 1 cm.. Presenta dos episodios de deformación; la foliación mineralógica S_1 , y una posterior correspondiente a una esquistosidad de fractura S_2 perpendicular a la primera.

Al microscopio presenta fenocristales de plagioclasa sódica y feldespato potásico alterados por sericita y clorita; la matriz criptocristalina se ve afectada por clorita en forma de escamas.

Tanto los fenocristales como el cuarzo diseminado en la matriz, - presentan su eje mayor orientado paralelamente a la foliación --- principal S_1 ; las fracturas perpendiculares a S_1 y rellenas con - recristalizaciones de cuarzo y calcita, corresponden a una segunda deformación S_2 (muestra SZ-I-13, SZ-I-14, SZ-I-15 y SZ-D-20).

- Metasedimentos

Estructuralmente, hacia la cima de la unidad, se encuentran algunos horizontes metasedimentarios que corresponden a una roca de color blanco grisáceo, foliada y alterada.

Al microscopio exhibe cuarzo equigranular y subredondeado; micas y arcillas que pseudomorfizan a fenocristales de feldespatos y/o - ferromagnesianos; la clorita rodea a los granos de cuarzo y se observan pequeños granos detríticos de zircón (muestra DR-7-24).

- Metatoba dacítico-andesítica

Sus afloramientos son de aparente forma lenticular y se encuentran

en la parte Este del proyecto (Figs. ³/~~4~~ y ⁴/~~5~~).

Es una roca gris clara a verdosa, con foliación incipiente y textura piroclástica.

Al microscopio la textura es ligeramente foliada, con abundantes fenocristales de plagioclasa sódica alterados por sericita y clorita formando pseudomorfos; la matriz esta constituida por cuarzo de grano muy fino, sericita y principalmente clorita; fenocristales de minerales máficos alterados dejan una impresión romboidal; el cuarzo recristaliza a lo largo de pequeñas fracturas y ocupa cavidades dejadas por minerales alterados (muestra BRP-1-23.65, BRP-36-6.05 y DR-11-71).

Metavolcánico Superior Alterado (MVSA)

En ésta unidad se describe a las rocas de la unidad metavolcánica superior afectadas por una intensa alteración, la cual ha originado una roca foliada con sericitización, silicificación, piritización y desarrollo de cuarzo celdar entre los planos de foliación. La alteración se ubica al alto de la mineralización y se considera singenética al proceso de mineralización.

Es una roca de color blanco amarillento que intemperiza a un color café rojizo; finamente foliada y constituida principalmente por micas y cuarzo de grano fino a medio; cristales euhedrales de piritita, de 1 mm. en promedio, se presentan diseminados en la roca, sin embargo, tiende a agruparse entre las superficies de foliación.

Al microscopio, la textura varía de filitica a esquistosa; siempre se tiene al cuarzo como mineral principal, ya sea como fenocristales o granos finos diseminados, en algunas muestras, es común observar bandas donde el tamaño del cuarzo varía de una banda a otra,

correspondiendo éstas muestras a metasedimentos; algunos cristales cúbicos de pirita exhiben sombras de presión ocupadas por cuarzo "fibroso"; micas como la muscovita paragonita están dando la foliación; la clorita se presenta diseminada en la muestra, y junto con la sericita, reemplaza a fenocristales (DR-8-34, DR-6-13, SC-I, SZ-D-21) y BRP-9-66.34).

Filita con material carbonoso (FB)

En general, esta unidad está definida por filitas con concentraciones variables de material carbonoso, entre las cuales se presentan frecuentes lentes de sílice amorfo (muestra SC-D-4') y pirita de grano fino, indicando ésto, que se depositó en una cuenca reducida.

Aflora en el antiguo Tajo Bland (Fig. ⁴ ~~7~~) y su continuidad a profundidad se conoce mediante barrenación, distinguiéndose cambios en el espesor de esta unidad, lo que sugiere irregularidades en la paleotopografía de la cuenca de sedimentación y combinación -- con los efectos de un metamorfismo dinámico.

Estas rocas alojan a los cuerpos de sulfuros masivos: Rey de Plata (con dos mantos de sulfuros masivos) y Tehuixtla (un manto de sulfuros masivos, donde se tiene una mena negra sobre una mena amarilla).

Al microscopio (muestras BRP-5-130.00, BRP-9-122.50 y BRP-34-21.10) es una roca constituida por abundantes filosilicatos (muscovita-paragonita y, en menor proporción, clorita) que dan la foliación y pequeñas bandas de cuarzo de grano fino; pirita cúbica presenta aureolas de recristalización de cuarzo ondulatorio; material carbonoso se dispone entre los planos de foliación; algunos minerales están fracturados y sus fragmentos desplazados.

Metasedimentario (MS)

Esta unidad se halla integrada por filitas y cuarcitas, y cuya --
área de afloramiento está restringida al norte del proyecto (Figs.

~~3~~ y ~~4~~).

-Flitas (Fi)

Roca color gris oscuro que varía al café rojizo, finamente folida
, con un tamaño de grano que varía de arcillas a limos .

Al microscopio presenta mica blanca (muscovita-paragonita) dando
la foliación; el cuarzo es el mineral más abundante, presenta un
tamaño homogéneo, subredondeado, algunos granos de cuarzo exhiben
una forma alargada y con sombras de presión; entre los granos de
cuarzo se observan "hojuelas" de clorita y cristales de siderita
de forma rómbica (muestras DR-5-9, y PRDR-16-7). Los filosilicatos
(muscovita-paragonita y clorita) muestran una orientación preferente
te, que corresponde a la foliación S_1 , la que a su vez se observa
plegada debida a una segunda orientación S_2 , que al microscopio -
se observa como una segunda generación de muscovita-paragonita.

-Cuarcita (Cr)

Roca de color gris oscuro, muy compacta, de foliación incipiente,
estratificada en capas cuyo espesor varía de 1cm. a 30 cm. . Esta
roca presenta variaciones texturales, cambiando a un metaconglomerado
cuarcífero (Fig. 17) que da una forma lenticular dentro de las
cuarcitas.

Al microscopio, se observa como principal constituyente al cuarzo
, siendo éste, granos bien clasificados y subredondeados, además,
junto con los granos de cuarzo, se presentan fragmentos de roca; la
foliación S_1 es incipiente y está dada por la muscovita-paragonita
(muestra DR-5-8).

Algunos pliegues megascopicos y simétricos (Fig. 5), son junto con una foliación S, , los rasgos estructurales más sobresalientes.

Lutitas, Areniscas y Calizas (LAC)

La unidad corresponde a una sucesión de capas interestratificadas de lutita, arenisca y caliza que sobreyacen a las unidades meta-volcánicas. Los afloramientos de esta unidad se ubican al Oeste del proyecto, en los alrededores del poblado de Tehuixtla (Fig. #³).

Litologicamente está constituida por una alternancia de lutitas y calizas, todas ellas de color gris oscuro a negro debido a la gran cantidad de materia carbonosa que contiene; interestratificadas se encuentran areniscas de color gris claro (muestra FRDR-21-65B). - Los estratos de esta unidad tienen un espesor variable; donde las rocas de grano grueso, como la arenisca, presentan estratos que varían de 10 a 50 cm., sin embargo, las rocas de grano fino como lutitas, presentan una estratificación laminar.

Una foliación ligeramente paralela con la estratificación y un intenso plegamiento, son el resultado de un evento metamórfico de muy bajo grado que se produjo después de haberse depositado esta unidad. Debido a su incompetencia a los esfuerzos, se encuentra muy plegada, formando pliegues isoclinales, algunos de ellos recostados .

En el análisis petrográfico de la caliza (muestra FRDR-21-65) se observó una incipiente recristalización y un curvamiento de la foliación en las partes recristalizadas, dando la apariencia de "ojos" (Fig. 6).

Un conglomerado sobreyace a esta unidad, cubriendola en discordancia angular.

Conglomerado (CONG)

El conglomerado varía en su composición, ya que pasa de un conglomerado calcareo formado por fragmentos de caliza, cuarzo y arcillas, a un conglomerado volcánico constituido por fragmentos de toba.

Su coloración es rojiza o amarillenta y los fragmentos que lo constituyen van de 1 a 20 cm.; los componentes varían de subredondeados a subangulosos. La matriz es limo-arcillosa, con cementante de carbonato de calcio y óxido de hierro, siendo este último quien le da su color rojizo característico. El grado de cementación varía, ya que en algunas partes está bien cementado, mientras que en otras se desmorona.

El conglomerado se encuentra sobreyaciendo en discordancia angular a todas las rocas que afloran en el área del proyecto.

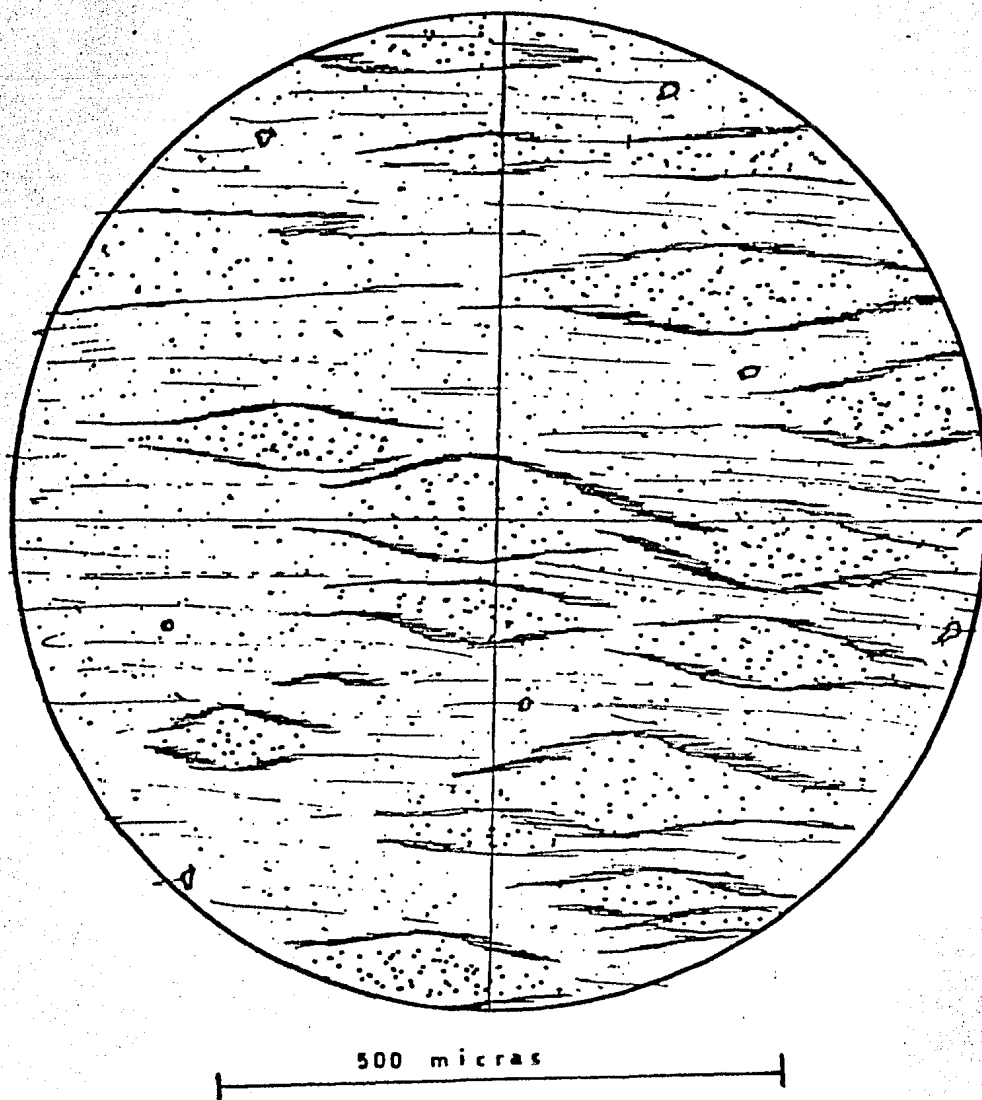


Fig. 8 Lámina delgada de la muestra PRDR-21-65B, que corresponde a una caliza, en algunas partes presentando una recristalización en forma de granos aislados, alrededor de los cuales la foliación S, se ha curvado dando la apariencia de "ojos", también se observan fragmentos de cuarzo, y clorita dando la foliación.

II.2.2. Tectónica.

En el área de estudio, fueron reconocidas cuatro fases de deformación; correspondiendo las dos primeras a eventos metamórficos, la tercera a un plegamiento de grandes dimensiones y la cuarta a una fase distensiva.

-Primera Fase

Durante esta fase se han originado algunos pliegues isoclinales y una foliación que forma un ángulo muy pequeño o nulo con la estratificación.

Esta fase se asocia a un evento metamórfico de bajo grado, donde los filosilicatos (muscovita-paragonita y clorita) se orientan en una dirección diferencial, dando así la foliación S_1 a la roca.

-Segunda Fase

Se presenta como una segunda generación de pliegues, cuya dirección es paralela al plano axial y corresponde a una esquistosidad de - fractura del tipo "strain slip" y que origina la crenulación de - la foliación S_1 , (Fig-9).

La esquistosidad de fractura S_2 , oblicua con la estratificación, se presenta como una serie de fracturas planas paralelas, en cada una de las cuales existe un pequeño deslizamiento (Fig. 10); pero también esta acompañado de una recristalización de algunos componentes de la roca (cuarzo y calcita) y los nuevos minerales (muscovita-paragonita) adoptan la orientación que esté más en equilibrio con las nuevas condiciones existentes.

La esquistosidad tanto de flujo como de fractura, varía según la litología, siendo las rocas más duras, como metatobas y metalavas, las que se presentan cortadas por pequeñas fracturas, mientras que las menos rígidas, están crenuladas y con pocas fracturas.

, como filitas,

En esta segunda fase, también se han desarrollado algunos pliegues o del tipo Kink-bands, con bordes paralelos y la anchura de las bandas es del orden del centímetro.

-
-Tercera Fase

Corresponde a un plegamiento, que en el área del proyecto, se describe como un monoclinal (Cuerpo Rey de Plata), éste probablemente sea parte de un pliegue de mayores dimensiones, lo cual solo se puede inferir, ya que se desconoce la continuidad de la estructura hacia el Este del proyecto, por estar erosionada.

-Cuarta Fase

Corresponde a una fase distensiva que se manifiesta por pequeñas fallas normales de poco desplazamiento, como las observadas en el Nivel-1165, a la entrada del Nivel-1220 y una posible falla de finida por el Arroyo El Tule con dirección E-O.

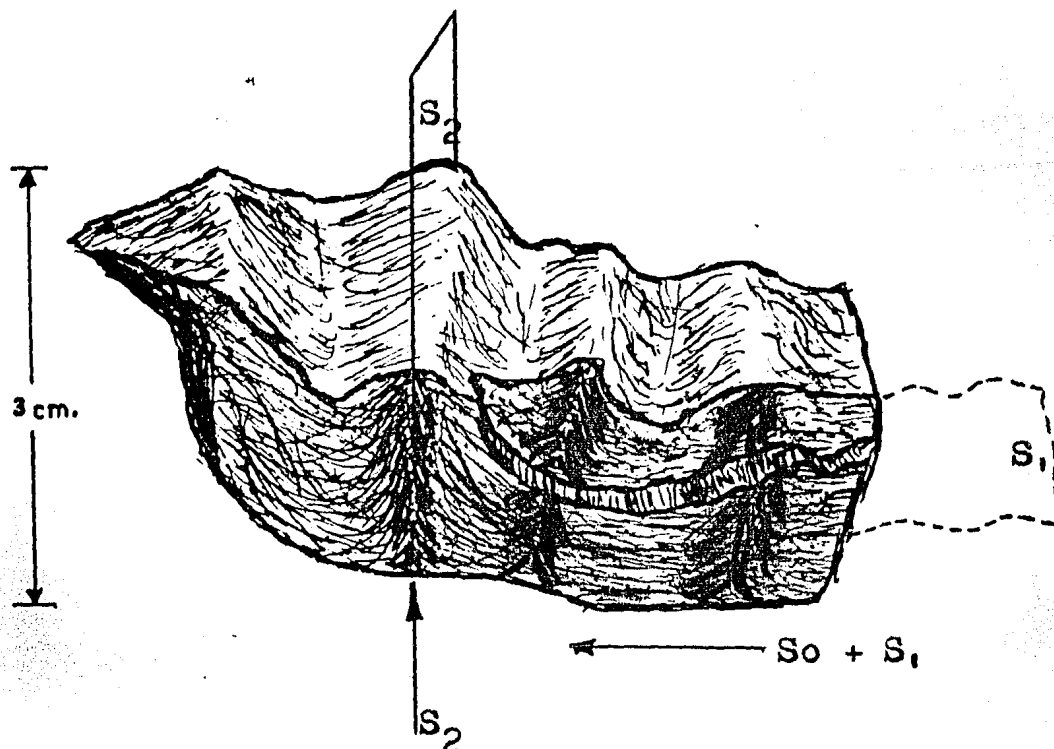


Fig. 9 Muestra de sulfuros masivos donde una esquistosidad (S_2) del tipo "strain slip cleavage", correspondiente a una segunda fase de deformación, ha plegado a una primera foliación (S_1) que se confunde con la estratificación (S_0). El plano axial de los pequeños pliegues corresponde a S_2 .

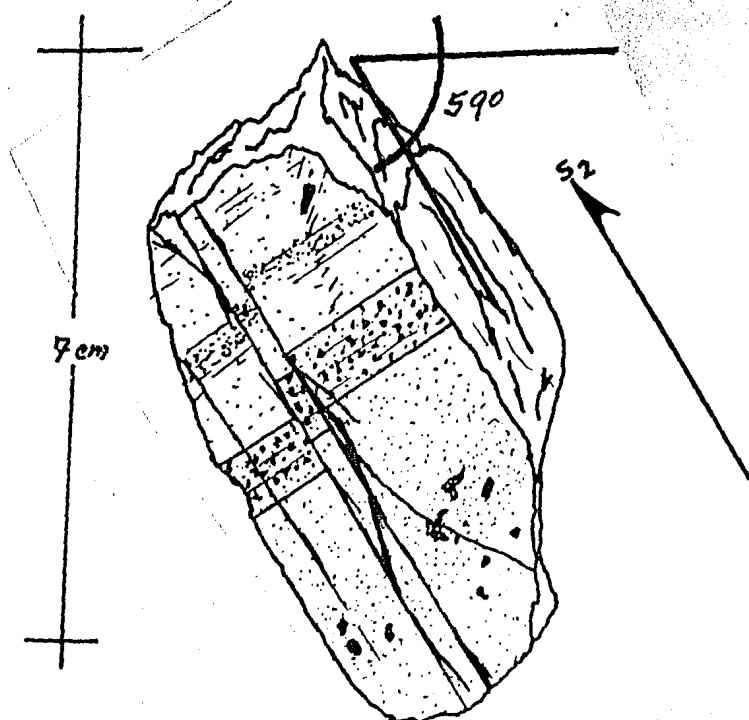


Fig. 10 Esquistosidad de fractura del tipo "strain slip cleavage" S_2 , presentandose como una serie de fracturas planas paralelas, con un pequeño desplazamiento.

La muestra corresponde al afloramiento de una metatoba dentro de la Unidad metavolcánica inferior (MVI), donde la gradación de los granos es perpendicular a S_2 y forma un ángulo de 59° con la horizontal, esto se explicaría, siendo la muestra parte de un probable pliegue dentro de la secuencia metavolcánica.

Muestra PRDR-20-33

III. Yacimientos Minerales.

En el estado de Guerrero y sur del estado de México, aflora una secuencia volcánico-sedimentaria metamorfozada que presenta horizontes de filitas carbonosas asociadas a concentraciones importantes de sulfuros estratiformes, tales concentraciones han sido explotadas económicamente en algunos lugares del estado de Guerrero, como: Tlanilpa-Azulaquez, Teloloapan, y Campo Morado; y en el estado de México; Tizapa y Santa Rosa (Fig. 11) .

Ubicado a 15 km. al suroeste de Teloloapan, se localiza el yacimiento de Rey de Plata, de cuya existencia se sabe desde fines del siglo pasado, y se informa que su explotación dió comienzo a principios del presente siglo. La evidencia de mineralización en la zona, fue el afloramiento de lentes de sulfuros masivos, explotados mediante tajo abierto, llamandose Tajo Bland al sitio donde se realizaban los trabajos de minado, actualmente solo se observan vestigios de la presencia del manto en dicha zona .

En 1976, año en que Servicios Industriales Peñoles inicio sus actividades en el área, se dió comienzo a un programa de barrenación y obra directa, dando como resultados; la detección mediante sondeos del Cuerpo Tehuixtla y el conocimiento, por medio de obra directa, de las características (geometría, mineralogía y estructura) de los mantos en el Cuerpo Rey de Plata (Fig. 12).

Como ya se habrá observado, el yacimiento ha sido dividido en dos zonas: Cuerpo Tehuixtla y Cuerpo Rey de Plata, esta división obedece; tanto a la separación espacial y cronológica del yacimiento como a diferencias estructurales y mineralógicas, y pese a encon

del yacimiento del Peñoles
0001705

YACIMIENTOS DE SULFUROS
ESTRATIFORMES AL SUR DE LA
REPUBLICA MEXICANA

- 1.- Cuale
- 2.- La Minita
- 3.- Tizapa
- 4.- Sta. Rosa
- 5.- Tlanilpa - Azulaques
- 6.- Rey de Plata
- 7.- Campo Morado

ESCALA?

Fig. 11
David Rentería Torres - 87



trarse en la misma posición estratigráfica, pero por las razones antes expuestas, en el presente trabajo serán tratados por separado. Es conveniente señalar que la conexión entre ambos cuerpos fue probada primeramente por el sondeo BRP-30 que cortó 0.75 m. de mineral y posteriormente por el sondeo BRP-43 .

III.2. Forma del Yacimiento.

La mineralización se presenta en forma de mantos de sulfuros masivos confinados en una unidad de filitas con concentraciones variables de material ~~carbonoso~~^{carbonoso}. En el Cuerpo Rey de Plata, han sido detectados dos mantos cuyos espesores disminuyen hacia el noroeste hasta casi perderse para posteriormente volver a engrosarse formando un solo manto cuyo espesor es de casi 30 m., constituyendo así el Cuerpo Tehuixtla .

-Cuerpo Rey de Plata

Como se observará en las secciones geológicas y bloque esquemático (Figs. 13 y 14), la mineralización en este cuerpo la constituyen dos mantos de sulfuros masivos, denominados Manto A y B .

El Manto A; se encuentra, estructuralmente, en la parte superior de filitas ~~bituminosas~~^{carbonosas}, y en algunas partes, en el contacto entre las filitas y la unidad metavolcánica que le sobreyace, el espesor varía entre 2.0 m. y 0.10 m. .

El Manto B; se halla en la parte media de la unidad de filitas ~~bituminosas~~^{carbonosas}, es paralelo al Manto A, y se encuentra, aproximadamente, entre 6.50 y 20.00 m. abajo de éste, los espesores de la mineralización son mayores, estando estos en un rango de 3.00 y 0.20 m., además, la mineralización no presenta la continuidad observada

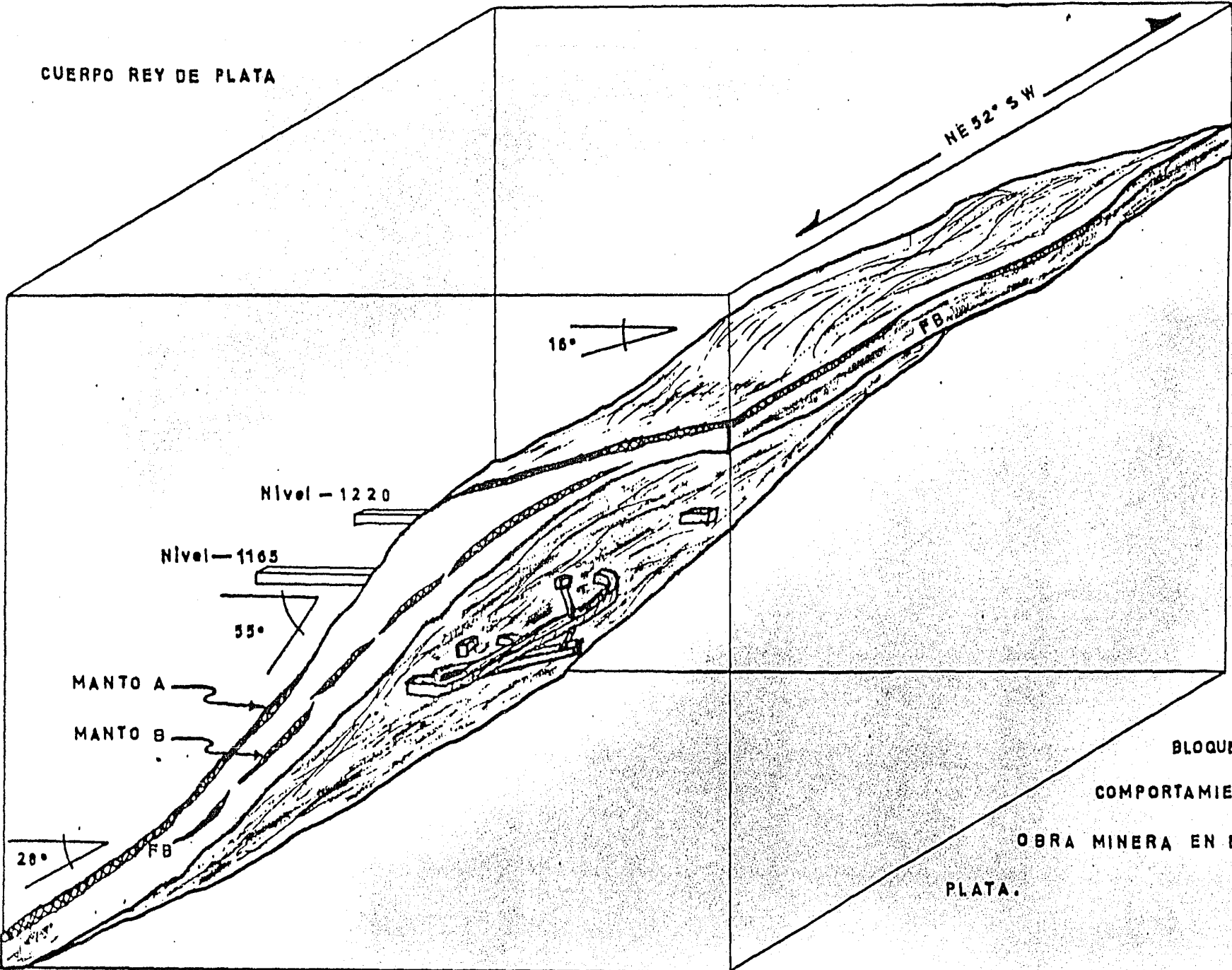
da en el Manto A, siendo ahora cuerpos lenticulares de escasa extensión horizontal.

El programa de barrenación en el Cuerpo Rey de Plata a suministra do información detallada sobre su geometría y permitido interpretar un plegamiento monoclinal que probablemente forme parte de un plie gue de mayores dimensiones. En el análisis de los barrenos y datos de obra directa, y como se notará en las figuras 12 y 13, los man tos y roca encajonante cambian bruscamente de echado, ya que de - llevar un ángulo de 16° al NO, pasan a un echado de 55° al NO, pa ra posteriormente, a una mayor profundidad, cambiar nuevamente a un echado de 28° ; en el lugar donde este cambio ocurre, se tiene un engrosamiento de la unidad encajonante debido a, posiblemente, a un plegamiento intraformacional. Posteriormente y conforme da - inicio el cambio de pendiente, se tiene un alargamiento que llega a producir la ruptura del manto y un acortamiento que causa una reducción en el espesor original de la unidad de filitas carbonosas y de los mantos de sulfuros masivos. Explicando esto, por el actuar de un par de fuerzas, generando así, un movimiento de cizalla sobre las filitas carbonosas, todo esto durante una tercera fase de defor mación que origina el pliegue.

También durante durante la disminución de espesores, rocas incompe tentes como las filitas, se han deslizado y colocado en contacto con el metavolcánico, al manto de sulfuros masivos (Fig. 14).

Como ya se indicó, este plegamiento corresponde a una tercera fase de deformación; siendo las primeras fases de deformación contempo raneas al metamorfismo, donde se han preservado texturas cizalladas de grano fino, ^{ten} siendo el tamaño del grano ^{como} un argumento para señalar que la deformación se efectuó a baja temperatura.

CUERPO REY DE PLATA



BLOQUE ESQUEMATICO DEL
COMPORTAMIENTO DEL MANTO Y
OBRA MINERA EN EL CUERPO REY DE
PLATA.



MANTO DE SULFUROS



FILITA CON MATERIAL CARBONOSO



OBRA MINERA

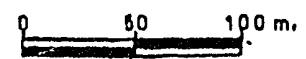


Fig. 13



CUERPO REY DE PLATA

NE 52° SW

16°

Nivel - 1220

Nivel - 1165

35°

MANTO A

MANTO B

20°

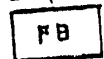
FB

FB

BLOQUE ESQUEMATICO DEL
COMPORTAMIENTO DEL MANTO Y
OBRA MINERA EN EL CUERPO REY DE
PLATA.



MANTO DE SULFUROS



FILITA CON MATERIAL CARBONOSO



OBRA MINERA

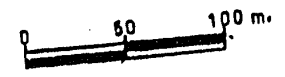


Fig. 13

David Rentería Torres 83

Simultáneamente con el plegamiento se ha efectuado un brechamiento de los minerales más competentes como la pirita.

El eje del pliegue con un rumbo NE 45°SO, presenta un ligero buzamiento al suroeste, y se manifiesta el cambio de pendiente por un fracturamiento en superficie, que ha favorecido la orientación del cauce de pequeños arroyos.

-Cuerpo Tehuixtla

Los mantos que constituyen el Cuerpo Rey de Plata al continuar buzando al suroeste con una intencidad de 20° a 28°, presentan una disminución en su espesor, lo que inicialmente se había interpretado como la terminación de la mineralización en la zona, sin embargo, mediante un programa de barrenación, fue detectado un manto de sulfuros masivos, siendo denominado Cuerpo Tehuixtla.

En base a dos sondeos que han cortado un manto de 0.75 m. en puntos intermedios entre ambos cuerpos, se ha demostrado la continuidad de la mineralización en la zona.

Este nuevo cuerpo presenta un manto de sulfuros masivos de forma lenticular, del que se conoce un espesor máximo de 29.25 m., la extensión de este cuerpo aun no ha sido delimitada, quedando abierta a la exploración. La porción conocida del manto se comporta paralelamente con la unidad de filitas carbonosas, las que actúan como roca encajonante.

Toda la información recabada sobre este cuerpo, corresponde a datos obtenidos mediante un programa de barrenación y recuperación de nucleos.

Esta información estructural puede tener importantes implicaciones en la explotación y exploración del yacimiento.

En explotación: podemos proyectar la obra minera que facilite la extracción del mineral.

En exploración: como se observará en las secciones geológicas, el buzamiento de los mantos al suroeste, lleva a los barrenos a mayor profundidad para alcanzar el manto de sulfuros masivos. Siendo la zona de Tehuixtla la que presenta mejores perspectivas para la exploración y resultando técnica y económicamente imposible continuar la prospección por estos medios, se hace necesario el empleo de métodos geofísicos (Polarización Inducida y Resistividad).

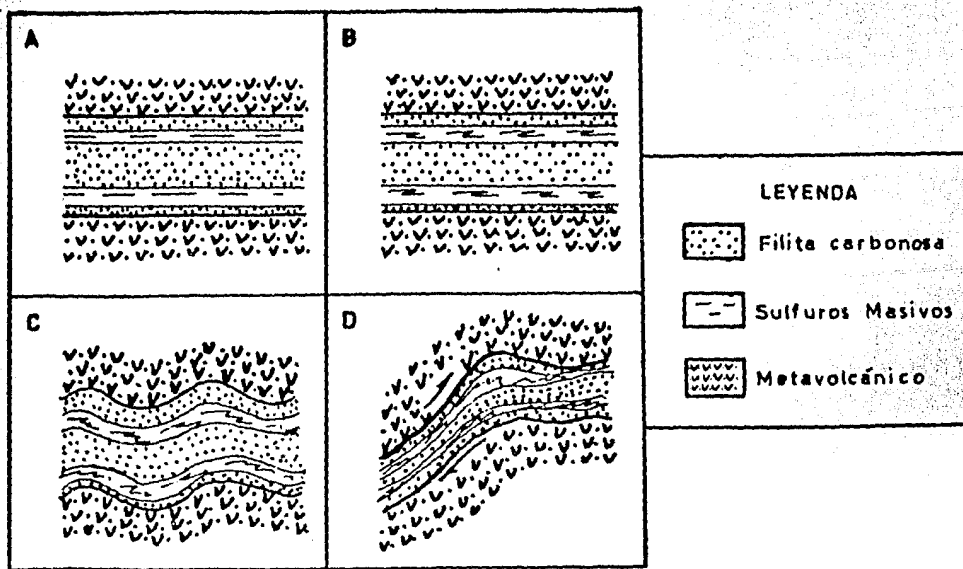
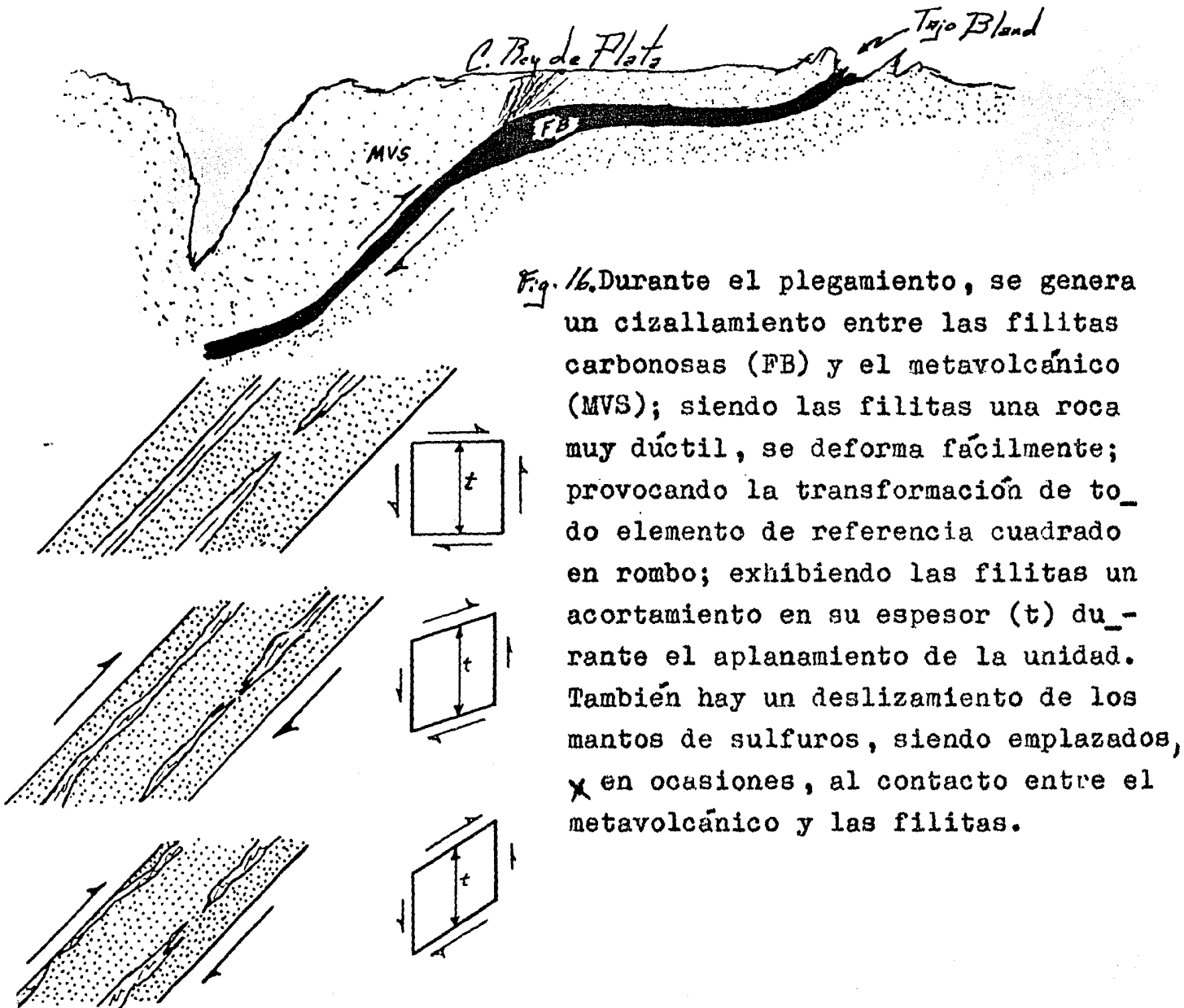


Fig. 15. Esquema de la evolución estructural del Cuerpo Rey de Plata. (a) Depositación de sulfuros asociados a filitas carbonosas y encajonados por rocas metavolcánicas. (b) Fase 1 metamorfismo y foliación. (c) Fase 2, crenulación de la foliación. (d) Fase 3, pliegues de gran escala con variación de espesores y fuerte inclinación.



III.3. Mineralogía y Textura de la mena.

En el análisis minerográfico se observó que la mena está representada por esfalerita, pirita, galena, tetraedrita, calcopirita, -- bournonita y proustita-pirargirita. Observados a través del microscopio, estos minerales exhiben texturas coloformes y de reemplazamiento. Afectando a la mena, han sido observados eventos de recristalización y brechamiento. El evento metamórfico que afectó a la mena, a hecho que fragmentos de ésta, se presenten alargados en dirección de la foliación (S₁), o bien, desplazados a lo largo de esa dirección dejando una serie de fragmentos rotos rotos desconectados entre sí. Los efectos macroscopicos del metamorfismo incluyen un aumento en el tamaño del grano, desarrollo de esquistosidad, plegamiento, brechamiento y desarrollo de formas lenticulares. Los sulfuros, antes señalados, se presentan en forma de bandas cuyo espesor varía de 2 mm. a 2 cm. . La ganga está integrada por cuarzo, calcita y barita.

Minerales de Mena

Pirita (Fe S₂):

Junto con la esfalerita son los principales constituyentes de la mena, se presenta con una textura coloforme afectada por un brechamiento contemporaneo a su formación o como resultado de su sepultamiento (Fig. 17), asociada a estas formas, pero en menor proporción, se encuentra esfalerita y galena. La recristalización a generado formas euhedrales de sección cuadrada, en las que se distinguen halos de recristalización y relictos de antiguas texturas coloformes, éstas formas euhedrales, se ven afectadas por un brecha-

miento posterior a la recristalización. Formas framboidales y algunas con apariencia de pelets se observan diseminadas en la ganga. Se ve reemplazada por calcopirita y esfalerita. En ocasiones presenta inclusiones de galena, esfalerita y ganga .

Esfalerita (Zn S)

Se presenta formando bandas y como parte de algunas formas coliformes de pirita.

Exhibe, en ocasiones, bordes rectos producto de su recristalización. Este mineral reemplaza a los demás minerales de mena y ganga, por lo que es común observar otros minerales dispuestos en su periferia, bordes de avance (contacto convexo hacia el mineral reemplazado), así como con numerosas inclusiones de los minerales reemplazados. También se observan fragmentos, que afectados por el metamorfismo se han desplazado a lo largo de la dirección de la foliación principal (S,) y que en su movimiento han dejado una serie de fragmentos rotos desconectados entre sí (Fig. 22) .

Las bandas presentan un fracturamiento perpendicular a su máxima extensión (Fig. 19) .

Galena (PbS)

Ocurre como cristales subhedrales diseminados en la ganga, formando parte de las bandas de esfalerita, y aunque en mínima proporción, también se asocia con la pirita en algunas formas coliformes. Es reemplazada por la esfalerita, tetraedrita, calcopirita y bournonita, con ésta última también se encuentra intercrescida, en base a su relación textural con la calcopirita se han determinado dos eventos en la formación de la galena; el primero en el que es reemplazado por la calcopirita y otro en el que son contempora---

neos. Se observa como inclusiones dentro de aquellos minerales e por los que a sido reemplazada .

Tetraedrita (Cu_3SbS)

Es reemplazada por proustita-pirargirita y bournonita, presentandose también como inclusiones en esta última. Se observa asociada a calcopirita y como inclusiones dentro de la esfalerita producto de su reemplazamiento. Reemplaza a la galena, evidenciado esto por bordes de avance y numerosas inclusiones de galena cerca del contacto (Fig. 20).

Calcopirita (CuFeS_2)

Se presenta reemplazando a la pirita a partir de sus bordes y relleno de fracturas dentro de ese mineral, también la galena (en su primer evento) se ve reemplazada por éste mineral. En las fracturas que presenta la esfalerita, se ha observado asociada a tetraedrita. Se encuentra en forma de inclusiones en la esfalerita, en ocasiones dichas inclusiones se orientan según direcciones de cruce (Fig. 21).

Bournonita ($2\text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$)

Ocurre como cristales alargados, generalmente asociados a galena y tetraedrita, se observa intercrescida o reemplazando a la galena y reemplazando a la tetraedrita de la cual exhibe numerosas inclusiones. A su vez, se ve reemplazada por proustita-pirargirita (Fig. 18), ha sido observada una mayor concentración de este mineral en el contacto con aquellos mantos que presentan una alta concentración de barita (Fig. 16) .

Proustita-Pirargirita ($3\text{Ag}_2\text{S}; (\text{As}, \text{Sb})_2\text{S}_3$)

ocurre como cristales xenomorfos que reemplazan a la tetraedrita y bournonita, su presencia aumenta cerca del contacto con la barita, llegando a presentarse diseminada en ella, con tamaños que varían de 0.02 a 1.0 mm. (Figs. /6 y /8) .

Minerales de Ganga

Cuarzo (SiO_2)

Es dentro de los minerales de ganga el más abundante; junto con los minerales de mena se presenta en forma de bandas; generalmente es de carácter microscópico y ocasionalmente es visible a simple vista, presentandose como cristales amorfos.

Barita (BaSO_4)

Se presenta como pequeños cristales prismáticos rectangulares, - alargados, diseminados entre los sulfuros y formando pequeños lentes interestratificados con los mantos. Se asocia con sulfosales de plata y bournonita.

Calcita (CaCO_3)

Se observa a manera de pequeñas hojuelas diseminadas entre los sulfuros; generalmente se asocia con el cuarzo formando bandas; algunas maclas se observan curvadas debido a la acción de un evento - metamórfico esencialmente dinámico.

Fig. 18

Muestra SC - I - 1'

Pirita de textura coló forme mostrando un bre_ chamiento simultáneo con el depósito y afectada por una recristalización que ha originado pirita euhedral de sección cua drada que ocasionalmente exhibe relictos de anti_ guas formas coliformes .



500 micras

Fig. 19

Muestra SC

Cristales alargados de bournonita dispuestos en la periferia de la gale_ na(Gal) con la que es_ tan intercrecidos y oca_ cionalmente reemplazando la. Las sulfosales de pla_ ta, proustita-pirargiri_ ta(Pr-Pi) se presentan reemplazando a la bourn_ nita(Bou) y a la Tetra_ edrita(Tet). La ganga la constituye la barita (ne_ gro) y se encuentra reem_ plazando a los minerales de mena .

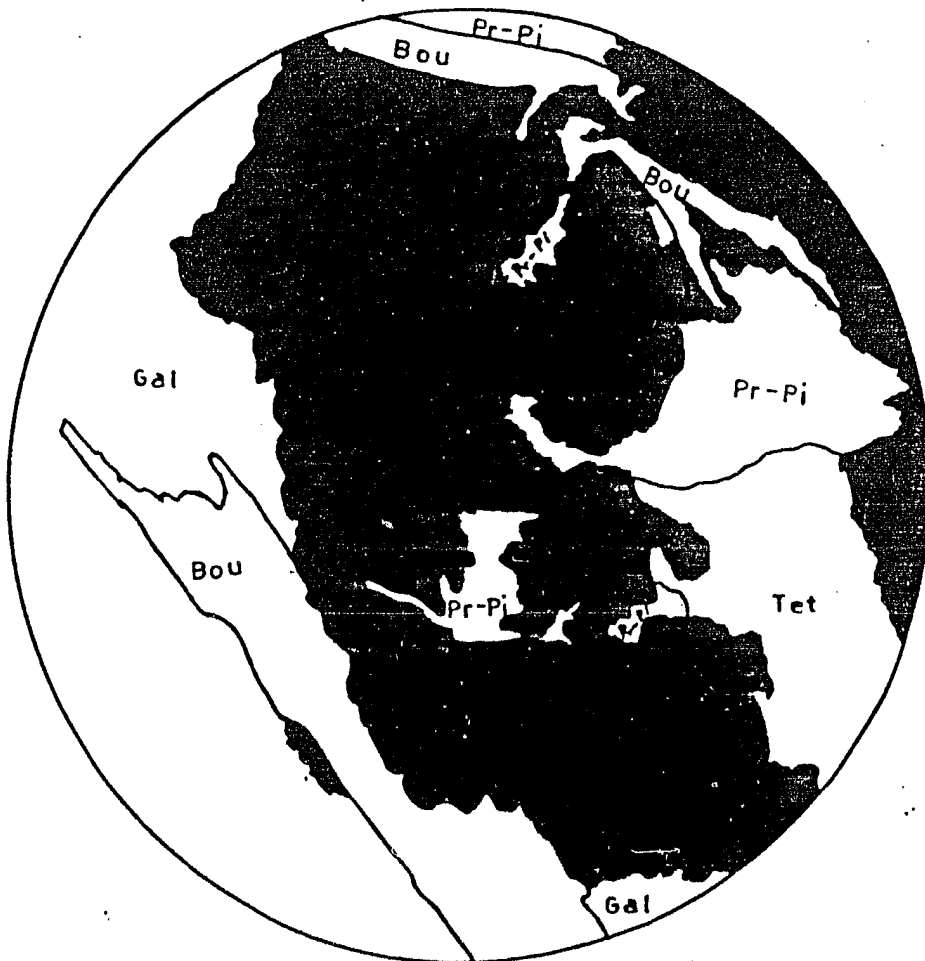
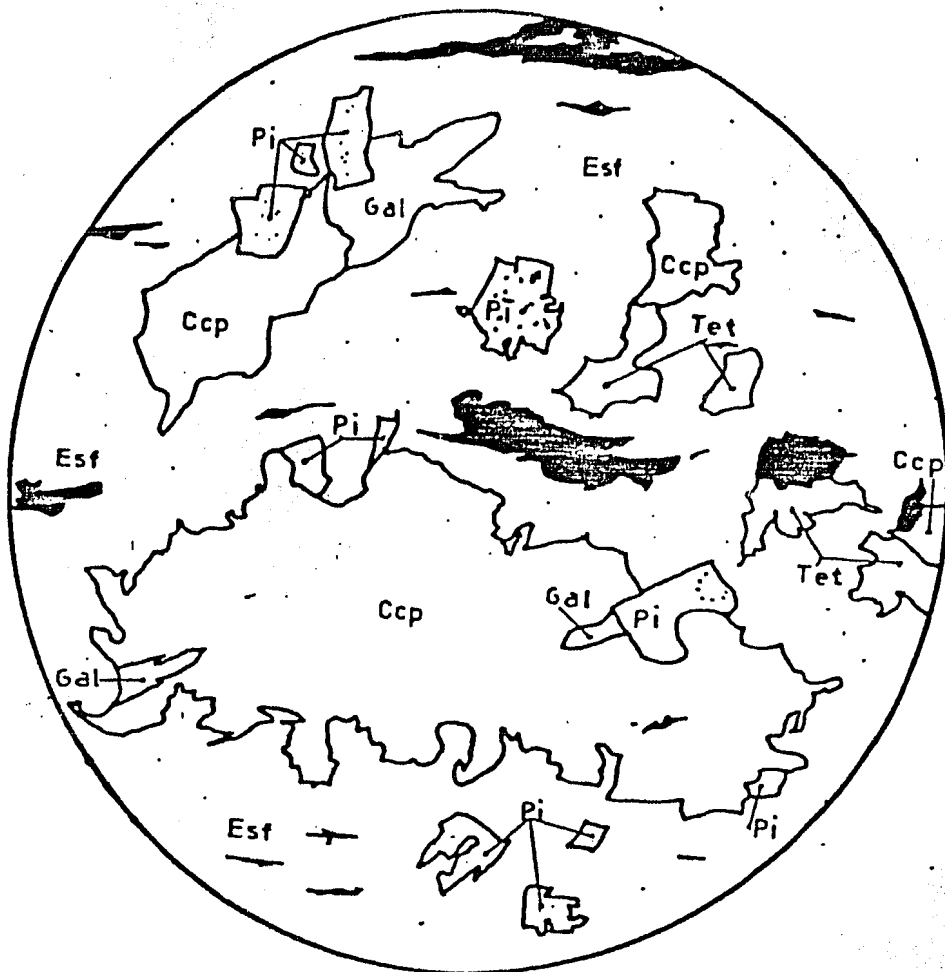


Fig. 22
Muestra BRP-31-433.30

La esfalerita (Esf) presenta inclusiones de galena (Gal), calcopirita (Ccp) y ganga (negro) que son evidencia del reemplazamiento que afecta a estos minerales. La calcopirita se asocia a la galena y a la pirita (Pi) reemplazandolas. Se presenta la pirita como cristales euhedrales producto de su recrystalizacion, además, con inclusiones de calcopirita y ganga.



500 micras

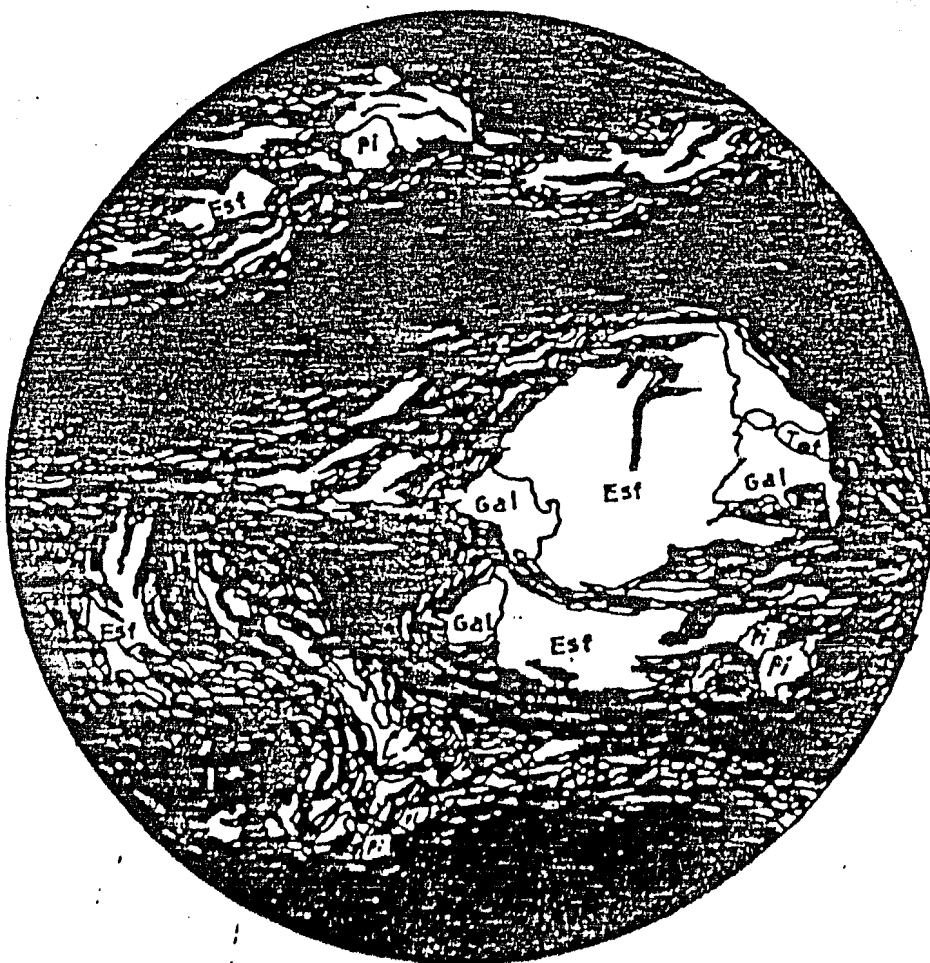


Fig. 23
Muestra SC - I - 5
Debido a un movimiento de cizalla entre planos de esquistocidad, un fragmento de la mena de sulfuros masivos se ve afectada por una rotación, seguida de la ruptura y separación en pequeños fragmentos orientados paralelamente con la dirección del movimiento de cizalla. Algunos fragmentos exhiben un alargamiento paralelo a la dirección de desplazamiento.

Zoneamiento

III.4. En base a un muestreo sistemático de los cuerpos mineralizados, y al análisis minerográfico de dichas muestras, fue posible determinar un zoneamiento en la composición mineralógica de los mantos. Este zoneamiento, se presenta tanto en el sentido vertical como lateral, presentando las siguientes características:

Zoneamiento Lateral

Consiste en un insipiente aumento de calcopirita y pirita al suroeste del yacimiento, y un aumento en el contenido de galena, tetraedrita y esfalerita al noreste del mismo (Fig. 23), cabe hacer notar que la presencia de bournonita y proustita-pirargirita solo fue detectada en muestras provenientes del nivel 1220, siendo este nivel, donde la barita, mineral de ganga, se presenta formando pequeños mantos que guardan una estrecha relación con la presencia de bournonita y proustita-pirargirita, la relación consiste en el aumento de estos minerales en el contacto del manto de sulfuros masivos y la barita (Fig. 16).

Zoneamiento Vertical

En algunas muestras colectadas, se observan variaciones verticales de la mineralogía, consistiendo estas, en una alternancia de bandas que presentan un predominio de pirita o de la asociación - esfalerita-galena-tetraedrita. Sin embargo, un zoneamiento similar al descrito en los yacimientos tipo Kuroko del Japón, fue detectado únicamente en un tramo de 29.25 m. que corresponde a un manto de sulfuros masivos, cortado por el sondeo BRP-23 en el Cuerpo Tehuixtla. El zoneamiento mencionado consiste en dos tipos de mena: Mena negra y Mena amarilla (Fig. 27).

-Mena negra (tipo Kuroko): Debe su nombre al color negro, dado -- la abundante presencia de esfalerita. Galena, pirita, calcopirita y tetraedrita son comunes pero en menor proporción con respecto a la esfalerita. Bournonita, sulfosales de plata y barita son generalmente minerales accesorios. Se presenta en la parte más superficial de la mineralización, sobreyaciendo a la mena amarilla. El contacto entre las menas es transicional y para poder definirlo - con mayor presición, se ha recurrido al análisis químico de muestras tomadas del manto. ~~●~~ ~~●~~

-Mena amarilla (Tipo Oko de los depósitos Kuroko): Este tipo de ~~m~~ mena se caracteriza, porque tanto el ejemplar de mano como la seccion pulida, presentan un color amarillo, resultado de la presencia de calcopirita intersticial y la dominante pirita. En menor proporcion esfalerita y galena dispersas entre los sulfuros mas - abundantes .

ZONEAMIENTO LATERAL

* La presencia de Bournonita ($PbCuSbS_3$) y Proustita-Pirargirita fue detectada únicamente en muestras provenientes del nivel 1220.

El muestreo sistemático del manto en los Cuerpos Tehuixtla y Rey de Plata permitió determinar un zoneamiento lateral del manto que aquí es presentado por algunos diagramas paragenéticos representativos e indicando las direcciones en que este cambio ocurre.

- Pi Pirita
- Esf Estalerita
- Ccp Calcopirita
- Gal Galena
- Tet Tetraedrita
- Bou Bournonita
- Pr-Pi Proustita-Pirargirita

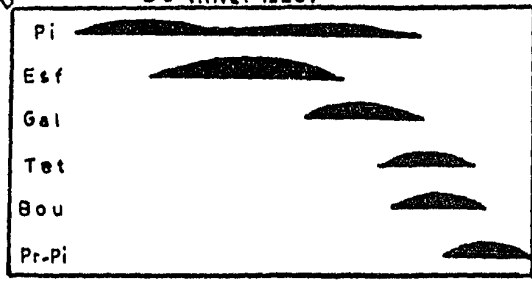
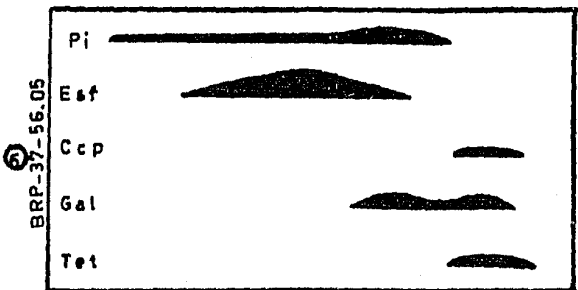
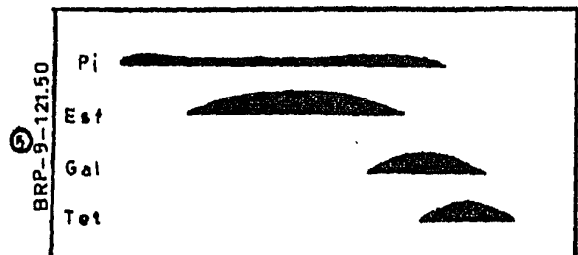
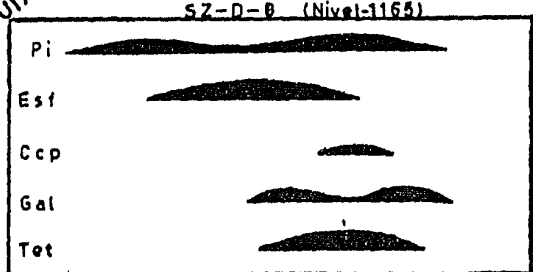
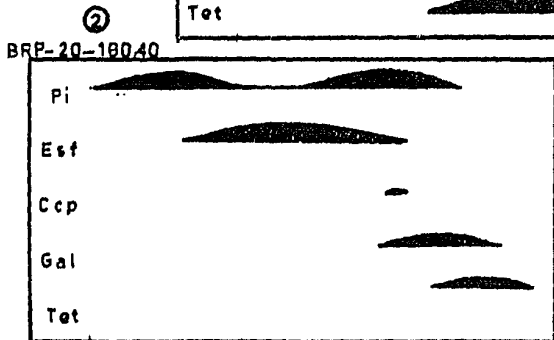
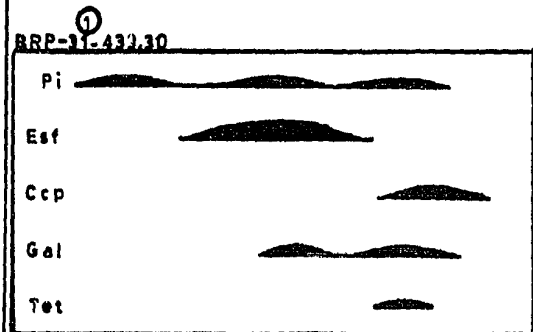
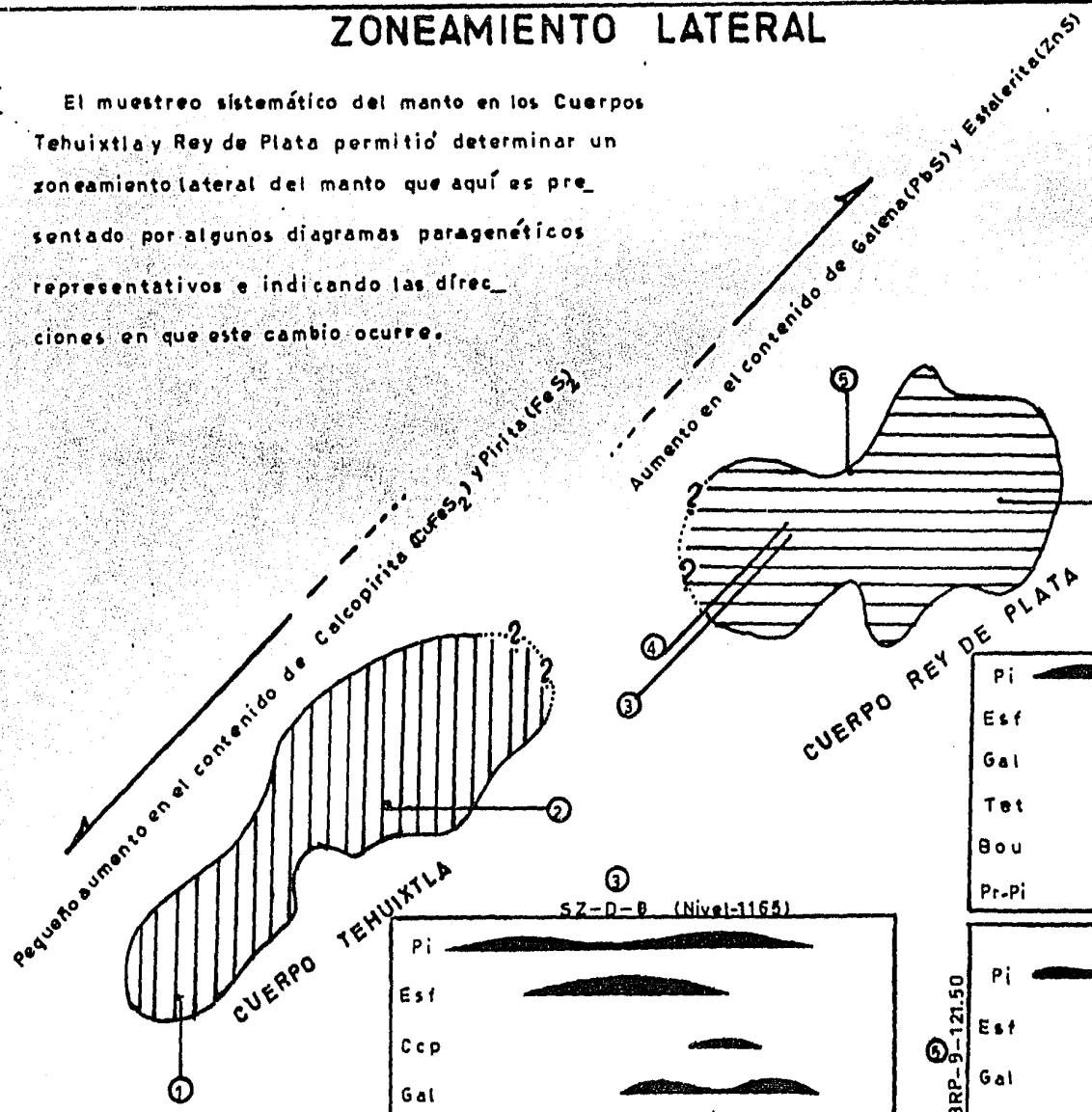
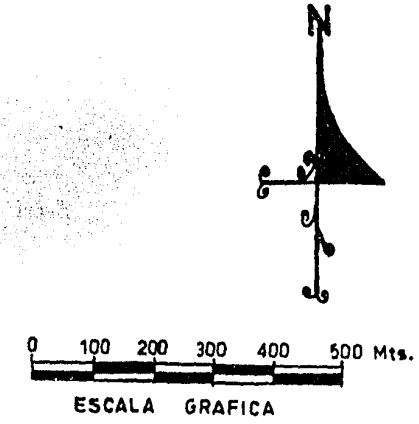


Fig. 24

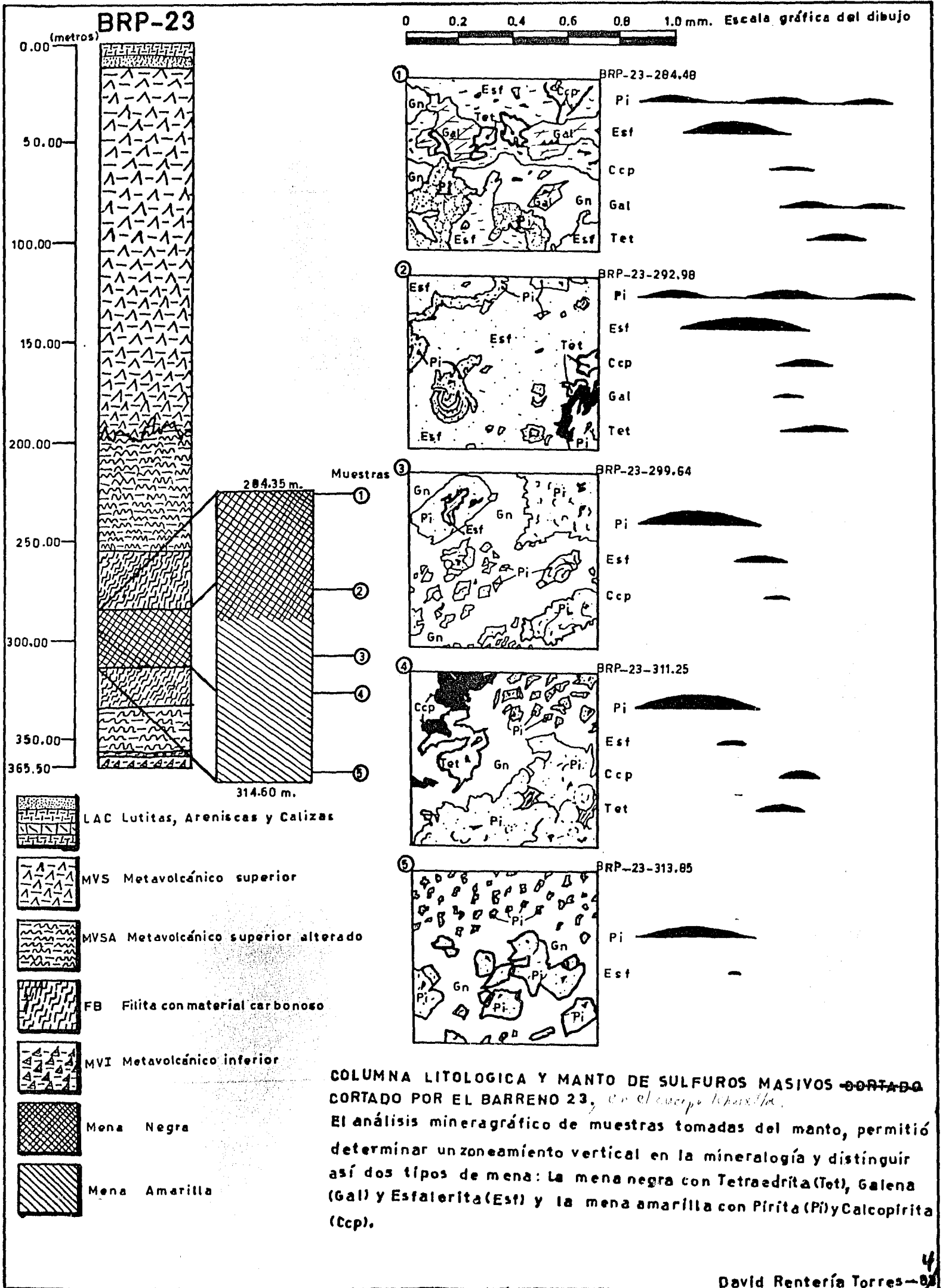


Fig. 25

III.5. Alteraciones.

Estudios petrográficos y observaciones de campo de las unidades aflorantes, indican que una alteración hidrotermal tuvo efecto durante la mineralización y fue seguida por un metamorfismo de bajo grado.

Una intensa alteración que puede estar genéticamente relacionada con la formación de los sulfuros, sería la que ocurre al alto de la mineralización presentándose con una asociación mineralógica de cuarzo, pirita, muscovita-paragonita y en menor proporción clorita. Y que debido a su intensidad en muchos casos no es posible determinar la naturaleza volcánica o plúvica de la roca.

Esta alteración y su posterior metamorfismo, han originado en la unidad metavolcánica una textura filítica, dada principalmente por muscovita-paragonita y pirita euhedral diseminada con algunas bandas de cuarzo de hábito celdar acompañadas de pirita, en ocasiones es tal la intensidad de la alteración que se forman masas lenticulares de rocas silicificadas y piritizadas.

Al intemperizarse esta unidad, el terreno adquiere una característica coloración rojiza.

Al bajo de la mineralización, la alteración de las rocas volcánicas es menor, permitiendo observar la textura original de la roca, tal es el caso de las tobas félsicas donde algunos fenocristales de feldespatos y plagioclasa se encuentran sericitizados, y dentro de una matriz alterada por clorita; las rocas máficas, lavas y tobas, presentan un color verde característico producto de la clorización de la roca. Al microscopio se observan plagioclasas pseudomorfizadas por sericita y cuarzo; la matriz esta alterada por clorita.

La carbonatación se limita a algunas zonas de la unidad matavolcánica inferior, donde las rocas presentan vetillas de calcita que han permitido el avance, y en ocasiones, la completa alteración de la roca, dando así un color marrón al afloramiento.

III.6. Comparación con otros depósitos de sulfuros masivos.

Los depósitos de sulfuros masivos ocurren en una gran variedad de ambientes en todo el mundo, siendo Sawkins (1976), quien hace una clasificación en base a los principales tipos de ambientes donde los sulfuros ocurren, y son: el tipo Chipre, el tipo Besshi y el tipo Kuroko. El tipo Chipre se asocia a secuencias ofiolíticas y evidentemente formadas en zonas de expansión de la corteza oceánica. El tipo Besshi ocurre asociado a rocas máficas y sedimentos - flysh en los flancos de arcos insulares. El tipo Kuroko se asocia a un centro volcánico, de forma dómica y composición félsica, formando parte de un arco insular (Sato, 1974).

De entre los depósitos de sulfuros masivos asociados a la secuencia vulcano-sedimentaria del norte de Guerrero, el yacimiento de Rey de Plata es quien presenta mas similitudes con los depósitos del tipo Kuroko; siendo estas, su asociación con un vulcanismo submarino félsico o intermedio y relacionado con rocas sedimentarias, y su similar mineralogía y zoneamiento, sin embargo, existe una importante diferencia, Rey de Plata no se encuentra asociado a centros dómicos eruptivos.

La alteración hidrotermal de las rocas félsicas por silicificación, sericitización o cloritización es común encontrarla relacionada al stockwork de vetillas de sulfuros y cuarzo, caracterizándose por estar presente al bajo de los depósitos Kuroko. Tal stockwork

ésta aparentemente ausente en Rey de Plata, sin embargo, éste yacimiento presenta una muy particular característica, su alteración al alto de la mineralización, esta se encuentra constituida por sericitización y pirita diseminada con formas lenticulares de cuarzo y pirita.

Otros yacimientos asociados a un vulcanismo félsico son: Tlanilpa-Azulaques y Campo Morado, que también carecen de centros eruptivos y zona de stockworks, sin embargo, estos yacimientos de Guerrero, los de Cuale en Jalisco y los de Tizapa y Sta. Rosa en el estado de México, se asocian a rocas pelíticas con material carbonoso, evidenciando condiciones reductoras en la depositación de sulfuros.

Capas de barita y yeso se caracterizan por estar asociadas con algunos depósitos Kuroko, pero estos minerales están presentes cerca de los depósitos de sulfuros exhalativos en rocas volcánicas félsicas. En los yacimientos del estado de Guerrero (Tlanilpa-Azulaques, Rey de Plata y Campo Morado) la barita es un mineral escaso y el yeso, aparentemente, está totalmente ausente. Barita y yeso son inexistentes en los depósitos de Tizapa y Sta. Rosa.

El distintivo zoneamiento en la mineralogía, es bien conocido en muchos depósitos Kuroko, con Cu predominando en la zona del stockwork y en la parte inferior del depósito, y Pb-Zn incrementándose en relación al Cu hacia la parte superior del depósito y lejos del centro eruptivo. De los sulfuros masivos de los estados de Guerrero y Mexico, Rey de Plata es el único que presenta un zoneamiento similar al tipo Kuroko. Basados en esta similitud con el yacimiento japonés, se podría indicar un posible centro exhalativo al suroeste de Rey de Plata.

La mineralización de sulfuros masivos en muchos lugares del mundo aparece coincidiendo con cambios en el tipo de vulcanismo o sedimentación. Tales depositos ocurren como en el contacto entre diferentes tipos de roca, porfídicas y/o piroclásticas con lutitas, andesitas y basaltos; otros depósitos pueden localizarse en un tipo de roca volcánica. En los yacimientos de Guerrero se determinó que Rey de Plata al igual que Tlanilpa-Azulaques (Espinoza, 1982) ocurren en la parte inferior de rocas volcánicas félsicas, cerca del contacto con la unidad volcánica mafica; Campo Morado (Lorinczi/Mirando con reinterpretación de Fons /Novelo), ocurre en el contacto de una unidad sedimentaria y el volcánico félsico.

III.7. Discusión.

Todo lo antes señalado indica que el yacimiento de Rey de Plata puede ser considerado como un depósito de sulfuros masivos vulcanogénicos.

Este tipo de menas han sido denominadas en la literatura geológica de manera diferente, como: estratiforme, exhalativo, submarino-exhalativo y vulcanogénicos, entre otros.

El origen de estas menas parece estar relacionado a exhalaciones submarinas o actividad hidrotermal asociada con vulcanismo o zonas de fracturas en el piso oceánico. Recientes observaciones han indicado que muchos yacimientos se forman por la acumulación de sulfuros de grano fino que precipitan a partir de soluciones con alta temperatura que emergen del piso oceánico, como se observa en los depósitos de 21°N, East Pacific Rise; Cordillera de Juan de Fuca y Rift de Galapagos (Bischoff, et. al., 1983).

Rey de Plata se asocia a una secuencia volcánica-sedimentaria, que inicia con un vulcanismo que produce lavas y piroclastos andesíticos, que al finalizar este período y en la parte inicial de un subsecuente vulcanismo félsico, se emplazan los sulfuros masivos asociados a horizontes reductores; el vulcanismo félsico declina y presenta horizontes sedimentarios, que después de un metamorfismo de bajo grado, se presenta ahora como cuarcitas, metaconglomerado y filitas. La asociación de tobas, rocas sedimentarias y horizontes reductores, indican condiciones marinas durante la deposición de estas rocas y por ende de los sulfuros masivos.

Las texturas coloformes, formas granulares de sulfuros diseminados en la roca encajonante y la alternancia de bandas de sulfuros de distinta mineralogía, indican que fluidos mineralizantes saturados, enfriaron y rápidamente precipitaron.

El brechamiento de las menas, puede ser indicativo de posteriores etapas explosivas en el vulcanismo de la zona.

Algunas de las condiciones señaladas por Sato (1977) para la precipitación de sulfuros son; la dilución de la solución, el descenso de la temperatura, variación en el pH y fugacidad del oxígeno, siendo uno o la combinación de varias de ellas, lo que ha permitido la precipitación de los metales de mena en Rey de Plata, sin embargo, son difíciles de evaluar con la información y medios disponibles. Pero una condición importante dentro de los sulfuros masivos, es su asociación con horizontes reductores que evitan la oxidación de sulfuros. Francheteau et. al. (1979), menciona que las observaciones realizadas en el East Pacific Rise, indican que los sulfuros son preservados solo si son rápidamente cubiertos y protegidos de la oxidación por sedimentos, tobas o lavas. Como ya se

habrá observado los horizontes reductores son comunes en muchos de los yacimientos de sulfuros masivos y en particular en Rey de Plata, donde se encuentran intimamente relacionados con la mineralización y dentro de rocas ígneas piroclásticas.

Asociadas a la mineralización y dentro del horizonte reductor, se encuentran masas irregulares de silice amorfo que probablemente correspondan a productos del mismo proceso exhalativo que ha originado la mineralización.

III.8. Conclusiones.

I. La secuencia vulcanosedimentaria del norte de Guerrero actúa como roca encajonante de la mineralización. Tal secuencia se caracteriza por presentar rocas cuya composición varia de andesítico a félsico, siendo donde ocurre un cambio en la composición, el sitio donde se presentan los sulfuros.

II. Como muestra su abundancia, los sulfuros masivos se concentran en la parte baja de una unidad metavolcánica y asociados con filitas carbonosas. Esto sugiere un control litológico para la deposición en el área. La parte inferior de la unidad, también es una guía favorable para la prospección de la mineralización de sulfuros masivos.

III. Se reportan cuatro episodios de deformación; el primero corresponde a la foliación, el segundo a la crenulación de la foliación, el tercero a pliegues de grandes dimensiones y el cuarto a una fase distensiva que origina algunas fallas.

IV. Se tienen dos cuerpos de sulfuros, Tehuixtla y Rey de Plata, ambos son contemporaneos y presentan continuidad en la mineralización. Tehuixtla presenta mayores espesores y mayor contenido de Ca

copirita y pirita; Rey de Plata presenta sulfosales de plata, bournonita, barita y más tetraedrita. La diferencia de espesores probablemente se deba a la paleotopografía del área y la variación mineralógica a variaciones en la distancia con la fuente exhalativa.

V. Cuerpo Tehuixtla exhibe un zoneamiento vertical, similar al tipo Kuroko, con una mena negra (esfalerita, galena y tetraedrita) sobreyaciendo a una mena amarilla (pirita y calcopirita). En el zoneamiento lateral, Rey de Plata muestra más tetraedrita y la asociación barita-sulfosales de plata-bournonita que se presenta como concentraciones importantes en el nivel-1220.

VI. Se hace énfasis en la alteración al alto de la mineralización, ambas relacionadas con la actividad volcánica pero modificadas por deformación y metamorfismo. Una continua actividad volcánica se sugiere para la depositación de rocas piroclásticas con el yacimiento exhalativo.

VII. El depósito presenta muchas similitudes con los depósitos japoneses tipo Kuroko, ocurriendo en rocas félsicas de composición dacítico-riolítico y rocas sedimentarias. Sin embargo hay diferencias importantes,; la alteración a lo alto de la mineralización, la carencia de una estructura dómica eruptiva y la ausencia de una zona de stockwork.

VIII. El yacimiento de Rey de Plata se interpreta como la depositación de sulfuros en el piso oceánico, alejado (distal) de la fuente volcánica y exhalativa, la cual estaría situada al suroeste.

IX. El depósito es similar a otros yacimientos de sulfuros masivos vulcanogénicos depositados en ambientes de arco insular con respecto a su geometría, estructura, rocas asociadas, mineralogía y carácter ígneo de la roca encajonante. Esto coincide con lo expuesto

por Campa y Ramirez (1980) al mencionar que la secuencia volcánico-sedimentaria metamorfizada, emplazada en Teloloapan-Amatepec, corresponde al dominio de arco insular-mar marginal.

- Bischoff, J.L., Rosenbauer, R.J., Aruscavage, P.J., Baedecker, P. A. and Crock, J.R., 1983, Sea-Floor Massive Sulfide Deposits from 21°N, East Pacific Rise; Juan de Fuca Ridge; and Galapagos Rift: Bulk Chemical Composition and Economic Implications: Econ. Geol., V. 78, p. 1711-1720.
- Campa, M.F., Campos, M., Flores, R. y Oviedo, R., 1974, La Secuencia Mesozoica Volcánica Sedimentaria Metamorfizada de Ixtapan de la Sal, Mex.-Teloloapan, Gro.: Bol. Soc. Geol. Mexicana XXXV, p. 7-28.
- Campa, M.F. y Ramirez, J., 1979, La Evolución Geológica y la Metalogénesis Del Noroccidente de Guerrero: Serie técnico-científica de la Universidad Autónoma de Guerrero, No. 1, p. 102.
- Campos, M.H. y Gonzales, S., 1975, Exploración geológica minera en el área de Campo Morado, Guerrero: Tesis de Licenciatura U.N.A.M. .
- Colorado, L.D., 1979, Etud D'une partie de la Ceinture Metamorphique (Mesozoique) du sud du Mexique (Etats de Mexico et Guerrero):Diplome de Docteur Ingenieur, L'universite Pierre Et Marie Curie, Paris .
- Cserna, Z. de, et al., 1974, Edad Precámbrica del Esquisto Taxco, Gro.: Bol. de la Asoc. de Geol. Pet., Vol. XXVI, No. 4-6.
- Cserna, Z de, Palacios, M., y Pantoja J., 1978, Relaciones de facies de las rocas Cretácicas en el Noroeste de Guerrero y en áreas colindantes de México y Michoacan: Revista del Instituto de Geología, UNAM, V. 2, No. 1, p. 8-18 .
- Del Vecchio, M.A., 1978, Estudio Petrográfico-Mineragráfico del área de Tlanilpa-Azulaques, Gro.: Tesis de Licenciatura UNAM .
- Espinosa, V.J., 1982, Características Geológicas de los Yacimientos Estratiformes de Tlanilpa Gros: Tesis de Licenciatura, UNAM .
- Francheteau, J., Neodham, H., Choukroune, P., Juteau, T., 1979, - Massive deep-sea sulphide ore deposits discovered on -- the East Pacific Rise: Nature, V. 277, p. 523-528 .
- Fries, C., 1960, Geología del estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, Región Central y Meridional de México: Instituto de Geología, UNAM, Bol. 60, 236 p. .
- Lorinczi, G.I. and Miranda V., J.C., 1978, Geology of the Massive Sulfide Deposits of Campo Morado, Gro., Mexico: Econ. - Geol., V. 73, p. 180-191 .

- García, F. J., Novelo, L.F., Pérez, I.J.M., 1981, Geología del Yacimiento de Sulfuros Masivos El Rey de la Plata, Teloloapan, Gro.: A.I.M.M.G.M., Mem. Tec. XIV, p. 141-179 .
- Harley, D.N., 1979, A mineralized Ordovician resurgent caldera complex in the Bathurst-Newcastle mining district, New Brunswick, Canada: Econ. Geol., v. 74, p. 786-796.
- Herrera, M.E., 1981, Geología del Area Almolaya de las Granadas-San Lucas del Maíz, Municipio de Tejupilco, Edo. de México: Tesis de Maestría, UNAM .
- Hutchinson, R.W., 1972, Volcanogenic Sulphide deposits and Their Metallogenic Significance: Department of Geology, University of Western Ontario.
- Parga, P.J.J., 1980, Geología y metalogénesis del yacimiento Estratiforme de Sulfuros Masivos de Tizapa, Zacazonapan, Edo. de México: C.R.M. VIII Seminario Interno.
- _____ 1981, Geología del Area de Tizapa, Municipio de Zacazonapan, Edo. de México: Tesis de Maestría, UNAM .
- Raiz, E., 1964, Landforms of Mexico (mapa), Cambridge, Mass. .
- Sato, T., 1974, Distribution and Geological Setting of the Kuroko Deposits: Mining Geology Special Issue, No. 6, p. 1-9 .
- _____ 1977, Los sulfuros masivos volcanogénicos su metalogenia y clasificación: Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, publicación No. 1, 54 p. .
- Sawkins, F.J., 1976, Massive sulphide deposits in relation to geotectonics: Geol. Assoc. Canada, Spec. Paper 14, p. 221-240 .
- Zamorano, M.G., 1977, Estudio Geológico del Yacimiento de Sulfuros Masivos El Rey de la Plata, en Teloloapan Edo. de Guerrero: Tesis de Licenciatura, UNAM .