

2ej  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESTUDIO PARAGENETICO Y DE INCLUSIONES FLUIDAS  
DE LA VETA LIPTONIA, PERTENECIENTE A LA MINA  
GUADALUPE EN EL MUNICIPIO DE  
ZACUALPAN, EDO. DE MEXICO**

**TESIS PROFESIONAL**  
**Que para obtener el Título de**  
**INGENIERO GEOLOGO**  
**presenta**  
**JOSÉ PABLO RUIZ NORIEGA**

**MEXICO, D. F.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1989  
NO ADEUDA LIBROS



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 está 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.

## INDICE

### RESUMEN

#### 1.- INTRODUCCION

1.1) OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.2) ESTUDIOS PREVIOS

1.3) METODO DE TRABAJO

#### 2.- GEOGRAFIA

2.1) LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

2.2) CONDICIONES SOCIOECONOMICAS

2.3) CLIMA Y VEGETACION

#### 3.- FISIOGRAFIA E HIDROGRAFIA

3.1) PROVINCIA FISIOGRAFICA

3.2) RASGOS OROGRAFICOS

3.3) RASGOS HIDROGRAFICOS

#### 4.- GEOLOGIA

4.1) GEOLOGIA REGIONAL

4.2) UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

4.3) GEOLOGIA ESTRUCTURAL

## **5.- YACIMIENTOS MINERALES**

**5.1) ROCA ENCAJONANTE**

**5.2) FORMA DE LOS CUERPOS MINERALES**

**5.3) ALTERACIONES HIDROTHERMALES**

**5.4) TEXTURAS DE LA MINERALIZACION**

**5.5) PARAGENESIS Y ZONEAMIENTO**

**5.6) ANALISIS DE INCLUSIONES FLUIDAS**

**5.7) HIPOTESIS GENETICAS**

## **6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFIA**

### **APENDICES Y PLANOS**

## RESUMEN

El distrito minero de Zacaualpan en el Estado de México está caracterizado por un sistema de mineralización en vetas falla con dos texturas principales: relleno de cavidades y brechamiento. Las estructuras mineralizadas se encuentran emplazadas principalmente en rocas volcánicas de composición intermedia a básica, principalmente tobas liticas con un metamorfismo dinámico regional de bajo grado, que ha dejado en la roca su textura original.

La orientación de las estructuras mineralizadas es N-S con variación de 0 a 18 grados al este y al oeste y N45°W con buzamiento de 60 a 70°; donde se alojan las vetas mas importantes como: Lipton, Liptonia, El Caballo y otras.

La zona está caracterizada por la cloritización alta que presenta la roca tanto en superficie como en los niveles inferiores de la mina; cabe mencionar que dicha cloritización es un producto asociado a los procesos de mineralización y/o proviene del metamorfismo regional que afectó el área, y del cual es característico.

En general el distrito minero presenta asociaciones de Au, Ag, Pb y Zn dentro de un marco que lo encierra como yacimiento hidrotermal de baja a mediana temperatura.

Se distinguen en la mina tres zonas de mineralización claras: Zona de oxidación, de enriquecimiento supergénico y la zona de sulfuros primarios. La concentración de plata mas importante se localiza en la frente sur del rebaje 1502 del nivel 195 y en el nivel 140.

## **1.- INTRODUCCION**

**1.1) OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

**1.2) ESTUDIOS PREVIOS**

**1.3) METODO DE TRABAJO**

## INTRODUCCION

Sí México es un país cuya riqueza minera se ha puesto de manifiesto no sólo antes de la conquista por la riqueza de las joyas encontradas por los conquistadores, sino particularmente en la época de la colonia cuando por esa riqueza nacieron ciudades hermosas como Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Texco y Chihuahua, es de la mayor importancia continuar investigando, palmo a palmo nuestro territorio, que sin duda llevará a hacer grandes descubrimientos. La prueba la tenemos en los descubrimientos hechos en los últimos 30 años; yacimientos metálicos y no metálicos como:

La Caridad ( cobre ) y Los Añoles ( uranio ) en Sonora; Santo Domingo y San Juan de la Costa ( fosforita ) en Baja California; Real de Angeles ( plata ) en Zacatecas; Mercurio y El Tubo ( fierro ) en Michoacán; Peña Blanca y la Coma ( uranio ) en Chihuahua y Nvo. León, por citar algunos de los más importantes.

El estudio que se desarrolla a continuación se presenta como trabajo de tesis para obtener el título de Ing. Geólogo y es una pequeña contribución al conocimiento minero de México y en particular de una pequeña porción del estado que lleva ese nombre.

### 1.1).- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

El propósito del presente estudio es el obtener por medio de estudios paragenéticos y de inclusiones fluidas, una o varias hipótesis genéticas acerca de dicho yacimiento y que como consecuencia sirva para encontrar la fuente mineralizante, la posibilidad de incrementar las reservas de la Unidad y orientar la prospección minera.

Lo anterior con el fin de corresponder primeramente a la empresa por la ayuda que de ella he recibido y también contribuir modestamente al conocimiento de los yacimientos minerales del país.



## 1.2).- ESTUDIOS PREVIOS

Trabajos relacionados con estudios de inclusiones fluidas en el distrito minero de Zacualpan, sólo se cuenta con el realizado por el Dr. Tawn Albinson en 1985, quien muestreó sólo las vetas principales del distrito como son: Lipton, Liptonia, Veta Nueva y Veta Prieta. En dicho estudio, Albinson propone un intervalo de temperatura de homogeneización de 180 a 260 grados centígrados, y por tanto lo clasifica como un yacimiento de tipo hidrotermal de baja temperatura según los resultados obtenidos de 8 muestras en la veta Liptonia en los distintos niveles, que a juicio del suscrito dista de ser un resultado confiable por falta de más datos para interpolar o configurar.

En cuanto a estudios paragenéticos en el distrito, como tales no existe alguno que haya sido editado, sin embargo existen varias tesis que proponen una paragénesis para dicho yacimiento, pero ninguno propone o estudia directamente la veta Liptonia por lo que, tanto estudios de inclusiones como de paragénesis mineral, son prácticamente nuevos.

### 1.3).- METODO DE TRABAJO

El trabajo quedó dividido en dos partes: Campo y Gabinete. El trabajo de campo consistió en el levantamiento de la geología de mina juntamente con una prospección superficial. Durante el trabajo de campo se muestreó la veta Liptonia; se obtuvieron un total de 78 muestras ( ver plano de muestreo ) con el objeto de desarrollar estudios de inclusiones fluidas y su paragénesis. Se hizo un levantamiento geológico del nivel 70 de la mina Guadalupe además de un reconocimiento geológico por el arroyo de Gama, a fin de reconocer las diversos accidentes estructurales y unidades estratigráficas.

El trabajo de gabinete tuvo dos etapas: una preliminar al trabajo de campo, que consistió en la búsqueda de información referente a la zona de mineralización de Zacualpan y distritos adyacentes, y otra etapa que comprendió la preparación de láminas delgadas y superficies pulidas de las muestras del nivel 70, 110, 140, del rebaje 1502 y de los núcleos de barrenos, para realizar estudios petrográficos, minerográficos y de inclusiones fluidas. Finalmente se procedió a integrar la información para establecer su valoración en el contexto geológico del yacimiento a partir de la cual se generaron algunas consideraciones en la prospección.

## **2.- GEOGRAFIA**

**2.1) LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO**

**2.2) CONDICIONES SOCIOECONOMICAS**

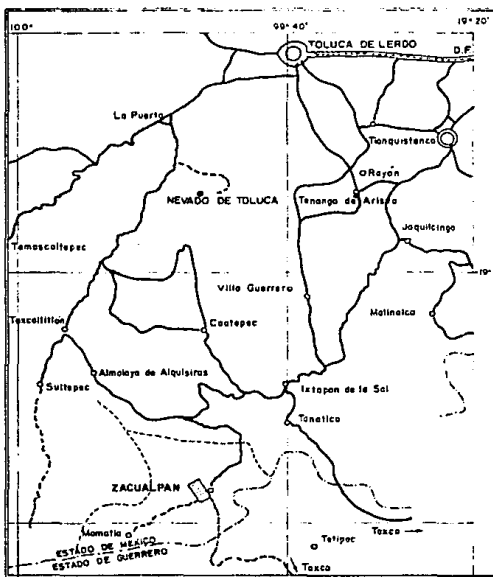
**2.3) CLIMA Y VEGETACION**

## 2.1).- LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

La Unidad minera Zacualpan, se localiza al suroeste de la ciudad de México, en el municipio de Zacualpan, Edo. México y dentro del distrito minero del mismo nombre. En línea recta está a 94 kilómetros al SW de la ciudad de México y a 164 Km por carretera vía Toluca.

Las coordenadas geográficas que delimitan el área de Zacualpan son: 18 44' 00" latitud norte y 99'48' 30" longitud oeste. Con una altitud promedio de 1960 m.s.n.m (plano 1 y figura 1). El distrito de Zacualpan se comunica por la carretera pavimentada federal 134 con la ciudad de México y con Toluca por la misma carretera; asimismo, se puede comunicar con la ciudad de México, vía Toluca - Almoloya de Alquiciras - Zacualpan. La unidad Zacualpan, se comunica con el pueblo de Zacualpan por un camino de terracería transitable en cualquier época del año. Existen numerosos caminos de terracería que comunican al poblado de Zacualpan con varios pueblos de Guerrero y del estado de México y de Morelos. Las estaciones ferroviarias más cercanas, se encuentran en las ciudades de Toluca y Puente de Ixtla, Mor. Existe comunicación por carretera, en camiones de primera y segunda clase con Toluca, Cd. de México, Sultepec, Almoloya, Ixtapan de la Sal, etc.





**EXPLICACION**

CARRETERA

TERRACERIA

POBLACION

LIMITE ESTATAL

LIMITE MUNICIPAL

COORDENADAS GEOGRAFICAS 90° 40'

AREA DE ESTUDIO

<b>UNAM</b>	FACULTAD DE INGENIERIA
LOCALIZACION Y ACCESO ZACUALPAN, EDO. DE MEXICO	
TESIS PROFESIONAL	J. PABLO RUIZ N.
ESC. 1:500,000	NOV. 1980 FIGURA N° 1

## 2.2).- CONDICIONES SOCIOECONOMICAS

La población de Zacualpan, Mex se ve beneficiada por la actividad minera y en gran parte, de esta actividad depende su economía. Cuenta con una población de 5,500 habitantes aproximadamente; servicio de transporte, servicio telefónico, con una sola caseta para larga distancia, correos, telégrafo, alumbrado público y servicio de agua potable, la cual generalmente escasea en las épocas de enero a mayo. Desde el punto de vista educativo tiene un kinder, una escuela primaria y una secundaria que satisfacen las necesidades de la población. Entre otras actividades socioeconómicas desarrolladas en el pueblo de Zacualpan, está, la agricultura de temporal, la cual se practica en forma rudimentaria por carecer de recursos y de equipo. Entre los productos que se cultivan se pueden citar: frijol y maíz.

### 2.3).- CLIMA Y VEGETACION

En general durante todo el año, Zacualpan tiene un clima templado y con una humedad media. De acuerdo con Köppen el clima de la región es ( Cwz ) y C(x2) X', según la carta de climas consultada, correspondiente a templado con lluvias en verano. La temperatura promedio en el año es de 18 grados y la precipitación pluvial anual es de aproximadamente 1,350 mm.

En cuanto a la vegetación, la flora es muy característica, se observan las siguientes especies: de la familia de las Fagáceas se encuentran principalmente Encino blanco, amarillo y el Encino prieto, de la familia de Ericacea se tienen Madroños, de las Pináceas, se tiene Ocotes y Pinos.

Cada una de las anteriores se caracteriza por encontrarse ubicadas en la zona distribuidos según la altitud; así los pinos y ocotes se encuentran en las zonas de mayor altitud madroños en las zonas bajas.

\* Carta de Climas de la Republica Mexicana. Esc 1: 1,000,000  
publicada por el INEGI, 1986



**3.- FISIOGRAFIA E HIDROGRAFIA**

**3.1) PROVINCIA FISIOGRAFICA**

**3.2) RASGOS OROGRAFICOS**

**3.3) RASGOS HIDROGRAFICOS**

### 3.1).- PROVINCIA FISIOGRAFICA

El área de Zacualpan se encuentra en el borde septentrional de la subprovincia Cuenca Balsas-Mezcala en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur (según Raisz, 1959). La cuenca del Balsas-Mezcala presenta una disección controlada por fracturas y fallas.

### 3.2) RASGOS OROGRAFICOS

La topografía de la región refleja características geomorfológicas heterogéneas, se tienen por zonas, etapas geomorfológicas de pendientes abruptas y otras de pendientes suaves.

El relieve más alto es el parteaguas constituido por los cerros de Momostle y La Tentación y es sobre el flanco noroeste del mismo, que se localizan la mayoría de las mines de la región. Las pendientes de los cerros que definen este parteaguas son muy pronunciadas por zonas, se tienen por lo general pequeñas hacia el NE y muy fuertes hacia el NW; alcanzan en ocasiones, hasta 65 grados de inclinación.

En cuanto a la orografía, las elevaciones más prominentes son: el cerro de la Tentación con 2,710 m., el cerro de Coronas con 2,540 el de Ayotusco con 2,326 m. y el cerro de Momostle con 2,470 m.

### 3.3) RASGOS HIDROGRAFICOS

Las aguas que fluyen en la zona, se configuran en una red dendrítica y en ocasiones en sistemas enrejado y paralelo, estos últimos con cierto control estructural. Los ríos son intermitentes, con agua sólo en época de lluvias. El más importante de los ríos que existen en la región es el de Ayotusco, que es del tipo consecuente. Asimismo el arroyo de Gama, sobre el cual se efectuó el caminamiento, corresponde también a este tipo.

**4.- GEOLOGIA**

**4.1) GEOLOGIA REGIONAL**

**4.2) UNIDADES ESTRATIGRAFICAS**

**4.3) GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

#### 4.1).- GEOLOGIA REGIONAL

El distrito de Zacualpan representa litológica y estructuralmente un problema bastante complejo, debido principalmente a la falta de afloramientos y al intemperismo tan pronunciado de la roca. La secuencia es claramente observada sólo en arroyos ( no en todos los casos ), como el de Gama o el de Ayotusco.

Existen en el área rocas metamórficas y sedimentarias intercaladas. La secuencia de rocas metamórficas está constituida por una secuencia metavulcano-sedimentaria de ambiente eugeosinclinal, representada por pizarras generalmente carbonosas y en menor grado filitas. La secuencia sedimentaria ligeramente metamorfozada está representada por lutitas y calizas. Los depósitos volcánicos son lavas dacíticas y andesíticas, aglomerados y tobas liticas de composición ácida y básica; es en estas últimas unidades en donde se encuentran emplazados la mayoría de los cuerpos minerales.

En general los contactos entre las distintas unidades metamórficas y sedimentarias aparecen concordantes; la secuencia tiene un espesor cercano a los 2,500 m. ( Herrera González, B. 1983. Tesis profesional ).

Las rocas metamórficas son el resultado de un metamorfismo dinámico regional incipiente de la facies de esquistos verdes, lo que permite observar las texturas y la estratificación primaria.

La falta de indicadores estratigráficos en estas rocas, no ha permitido asignar con certeza una edad; por lo que localmente aún sigue en discusión. No obstante para los propósitos de la Compañía en cuanto a la explotación, la edad de estos no representa un dato primordial. Tentativamente como se verá más adelante se le considera del Cretácico Inferior.

En el presente estudio no se pretende dar información acerca de la columna estratigráfica y de la estratigrafía a nivel regional por lo que sólo se mencionarán las unidades litológicas que de alguna manera están relacionadas con la mineralización y desde luego se tomó, de Oropeza Ortiz (1983) una columna estratigráfica local.

#### 4.2 UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

En el área aflora una secuencia vulcano-sedimentaria que pertenece al arco insular de la costa del Pacífico y que ha sido afectada por un metamorfismo regional de bajo grado de la facies de esquistos verdes; la edad de dicha secuencia no ha sido bien determinada, pero se le asigna una edad mesozoica. Se diferencian cuatro unidades litoestratigráficas principales (Herrera, op.cit), Ver columna estratigráfica. El área de mejor exposición, aparece en arroyo de Gama y el de Ayotusco, aunque este último se encuentra ligeramente alejado de la mina; otros afloramientos se encuentran sobre los caminos de terracería aunque por la alteración es difícil dar un análisis claro.

## UNIDAD INFERIOR.

La Formación Inferior es la unidad que subyace a la secuencia y su área de mejor exposición se encuentra en el arroyo de Gama. Se extiende tanto al sur como al sureste y se observa también en los arroyos de El Alacrán, San Jerónimo y Ayotusco. Está constituida principalmente de tobas y lavas de composición básica con intercalaciones y lentes de tobas félsicas, tobas liticas y lutitas.

a) Tobas y lavas máficas. Son de composición básica con un color verde oscuro; presentan una textura de tipo piroclástica y porfídica. El tamaño de los clastos es variable pero tiende a gruesos; éstos inmersos en una matriz de grano fino.

En general la roca se encuentra cloritizada y con fenocristales de plagioclasas subdrales, y en ocasiones caolinizados.

b) Tobas liticas. Constituidas por fragmentos angulosos a subredondeados de 2 a 15 cm y con lentes arcillosos. Presenta una textura piroclástica y contiene pirita diseminada. Debido al metamorfismo de bajo grado se observa una cierta textura que permite considerarla como una filita.



c) Tobas félsicas.

De composición dacítica; de color verde claro cuando está sin alterar y verde amarillento al intemperismo. De textura piroclástica con matriz de grano fino a medio. Su área de mejor exposición es sobre el arroyo de Gema donde se observan intercaladas con lentes arcillosos y esporádicamente con lavas porfídicas. Estas lavas presentan una matriz de grano fino y de composición afanítica con fenocristales de hornblenda ( Dropeza Ortiz, 1982, esis profesional ). Tiene un gran contenido de calcita proveniente posiblemente de los fluidos hidrotermales ( ver origen yacimiento ). En esta unidad la intensidad de foliación es mayor que en la anterior.

d) Lutitas. En general de grano muy fino con intercalaciones en paquetes de 2 a 15 m. La textura es lepidoblástica con cristales de cuarzo. La matriz es principalmente fina con sericita, cuarzo y minerales opacos. La foliación en este miembro es mucho mas notable que en los anteriores por lo que se observa mas como una pizarra.

Compuesta por feldespatos, cuarzo, sericita, clorita, y calcita principalmente. Intercala con tobas y lavas máficas. La base de dicha secuencia es desconocida puesto que no aflora, pero se le llegó a medir un espesor cercano a los 650 m.

En general los contactos de la Formación Inferior entre las distintas unidades son concordantes y transicionales; en ocasiones forman interdigitaciones.

El medio de depósito de la Formación, en general,  
fue marino y reductor, determinado por la presencia  
de lentes arcillosos con material carbonoso y  
abundante pirita.

## UNIDAD AYOYUSCO

Esta Unidad recibe su nombre de la localidad tipo que se encuentra en el arroyo de Ayojusco y ha sido correlacionada por U. Díaz ( 1977 ) y por C. Oropeza ( 1982 ) en los arroyos de Gama, San Jerónimo y El Alacrán. Está constituida por lutitas carbonosas de color negro y pardo oscuro al intemperismo. Los constituyentes principales son cuarzo, sericita , feldespatos, material carbonoso, clorita y abundante pirita.

Presenta una foliación muy fina y coincidente con la estratificación, con fracturamiento intenso relleno por calcita y cuarzo. ( Ver columna estratigráfica).

Dentro de la Formación se encuentra localizado un miembro de aglomerado volcánico con clastos alargados que van de subredondeados a subangulosos y cementados por una matriz tobáceo - arcillosa de cuarzo, clorita y minerales opacos. Se le midió un espesor cercano a los 70 m.

Dentro del paquete se encuentran contenidas lentes tobáceos de composición intermedia de poco espesor ( 10 m. ) y algunas de calizas ( 15 m. ) observadas tanto en la bocamina del Regenerador como en el arroyo de Gama.

La Formación es perfectamente identificable en toda su extensión; preferentemente sedimentaria y sólo una parte volcánica; tiene los contactos con las formaciones sub y suprayacente transicional y concordante respectivamente.. Tiene un espesor de 500 m ( Díaz, 1977 y Herrera G 1982 ) con estructuras secundarias tales como el "boudinage", crenulaciones y vetillas de segregación.

De acuerdo con su litología, el depósito fue en un medio acuoso con escasa oxigenación, esto último denunciado por la presencia de material orgánico, y con escasa circulación de agua. Probablemente el único momento en el que el medio no fue tranquilo fue en el depósito del aglomerado volcánico.

## UNIDAD LA MINA

Recibe su nombre por ser ésta la Formación que atraviesa las obras mineras y se encuentra aflorando en todos los arroyos del Área; la zona de mejor exposición está en el arroyo de Gama, aguas arriba del poblado del mismo nombre. Está constituida por tres miembros principales: Tobas félsicas, tobas félsicas calcáreas y tobas líticas con lentes arcillosos. ( ver columna estratigráfica).

### a) Tobas félsicas

De composición dacítica con características muy similares a las tobas félsicas de la Formación Inferior con clorita, sericita y feldespatos; con clastos alargados en el sentido de la foliación. Intercala con lentes arcillosos y lentes de lavas porfidicas. El contenido de carbonato de calcio dentro del paquete es muy grande a lo largo y ancho del mismo.

### b) tobas félsico - calcáreas

De composición muy similar a la anterior pero con textura piroclástica. Los minerales se encuentran orientados de acuerdo a la foliación. Intercala con lentes arcillosos y tiene como característica principal el mayor contenido de carbonato de calcio, mismo que lo distingue de la anterior, así como lentes semidolomitizados.

Sobreyace transicionalmente al miembro félsico y subyace concordante a las tobas líticas.

c) tobas líticas

De composición intermedia con fragmentos de tobas félsicas, angulosos a subredondeados y de tamaño variable; con matriz de grano fino y foliación incipiente.

Este miembro tiende a acuñarse tanto al NW ( Veta Negra ) como al SE ( El Alacrán )

Esta Formación, según cita Herrera Glez. ( op. cit. ) Díaz U. en 1978 la correlaciona con la Roca verde- Taxco Viejo del Triásico superior. Su espesor promedio es de 650 m. El medio de depósito fue acuoso con predominancia de material volcánico y en un medio de poca circulación de agua.

## UNIDAD SUPERIOR

Los afloramientos más descriptivos de esta Unidad se localizan sobre el arroyo de Gema; está constituida por dos miembros principales: Tobas y aglomerados máficos y lutitas y tobas.

### a) Tobas y aglomerados máficos.

Las tobas de composición básica y con textura piroclástica son de color verde y ligeramente amarillas al intemperismo ( depende del contenido de óxidos ). Los clastos se encuentran alargados en la dirección de la foliación y de tamaño variable ( 2 a 5 cm ).

El aglomerado está constituido por fragmentos riolíticos con textura vesicular, inmersos en una matriz básica. El espesor de dicho miembro es desconocido pero se le han llegado a medir 250 m.

### b) Lutitas y tobas.

Se presentan alternando rítmicamente en paquetes de 2 a 10 m. El color es negro grisáceo y ocre al intemperismo en las lutitas y verde para las tobas. Existen lentes de lavas porfídicas de composición intermedia a básica ( dacítica ) y con estructuras vesiculares.

Los miembros de dicha formación son concordantes entre si al igual que con la unidad subyacente.

Su contacto superior es desconocido así como su espesor aunque se le han llegado a medir hasta 300 metros. El depósito fue acuoso y predominan las emanaciones volcánicas.

Sobre el arroyo de Gama, cerca de la mina el Pachuqueño, pueden encontrarse aguas arriba calizas metamorfizadas y con ausencia de fósiles a las que se les ha asignado una edad de Cretácico Inferior ( Fries 1960 ) y la correlaciona por su cercanía, con la Formación Morelos. Estas lentes de calizas son observables, intercaladas con filitas y pizarras carbonosas.

De acuerdo con Manuel Alvarez Jr. ( 1961 ) los eventos ígneos se manifiestan durante fines del cretácico y principios del terciario y la formación de los yacimientos hidrotermales ocurrió durante el Oligoceno-Mioceno y Mioceno-Plioceno ( Emilio Gutierrez, 1973 ). Como puede observarse hay autores que marcan una edad mesozoica a la secuencia y otros que marcan una edad mesozoica-terciaria (no mencionada en el texto ) ,el presente trabajo no pretende avalar ni una ni otra posición, ya que se carece de las bases para ello ; sin embargo, para fines prácticos se le asigna la edad que le atribuye Ma. Fernanda Campa et. al. en 1976, del Triásico Superior al Cretácico, y es en este último que se inician los episodios hidrotermales.



EDAD		LITOLOGIA		DESCRIPCION	
CRETACICO	4		Vmr	TOBAS Y AGLOMERADOS MAFICOS, LENTES ARCILLOSOS	
			Vs	LUITAS TOBACEAS Y TOBAS ARENOSAS	
			Vmr	TOBAS FELSICAS FOLIADA LENTES DE LAVAS PORFIRITIC.	
			Vf	TOBAS LITICAS INTERMEDIAS LENTES ARCILLOSOS	
	3		Vf	LUITAS NEGRAS CARBON TOBAS ARENOSAS	
			Vif	TOBAS Y LAVAS MAFICAS DE GRANO MEDIO A FINO	
				MATERIAL TOBACEO (PIROCLASTOS)	
			Ms	MATERIAL ARENOSO 1/ 16 A 2 mm	
				LAVAS	
			Vm	FRAGMENTOS PIROCLASTICOS ANGULOSOS A SUBREDONDEAD	
				FRAGMENTOS REDONDEADOS DE TAMAÑO VARIABLE	
			Vs	LENTES ARCILLOSOS	
	1		Vm	1 UNIDAD INFERIOR	
				2 UNIDAD AYOTUSCO	
					3 UNIDAD LA MINA
					4 UNIDAD SUPERIOR

COLUMNA ESTRATIGRAFICA  
MODIFICADA DE CUTBERTO  
OROPEZA ORTIZ, 1983

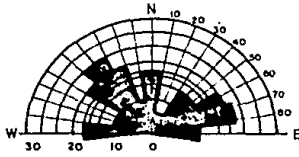
#### 4.3.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

De acuerdo con Campa et.al., Herrera González y con diversos autores, en la zona existen cuatro eventos de deformación superpuestos; el más antiguo pertenece al del Cretácico medio, posteriormente se tiene la orogenia Laramídica a finales del Cretácico y principios del Paleoceno; otra a finales del Mioceno y finalmente la del Plioceno que se encuentra activa en el presente. Los 3 primeros fenómenos dinámicos descritos, son de carácter compresional y el cuarto de índole tensional.

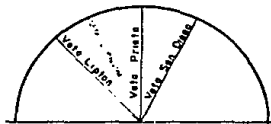
Estructuralmente se pueden encontrar fallas, fracturas, diáclasis, foliación, boudinage y crenulaciones causadas en su mayoría por movimientos compresionales.

En la zona existen dos sistemas principales de fracturamiento: el primero y más antiguo tiene una dirección N-S que varía de 0 a 10° y están asociadas a plegamiento. Las fracturas y fallas de este sistema son de poca extensión, y varias de ellas se encuentran mineralizadas, tal como lo evidencian las obras mineras localizadas a lo largo del arroyo de Gama, y aún cuando esta mineralización no es de mucha importancia, es digna de tomarse en cuenta, ya que dieron vida a la mina durante 300 años.

El segundo sistema, de rumbo NW-SE corta al primer sistema y es un producto de un fallamiento de tipo antitético ( Herrera 1983 ); está caracterizado por una serie de fallas paralelas que buzcan en una misma dirección; ( ver figura 2 ).



Resete de direcciones medidas en la region de Zacualpan, Mex., que muestran claramente las direcciones preferentes de la ruptura.



Direcciones Principales de la mineralización en las minas de C A P S A, Zacualpan, Mexico.

FIGURA No. 2

Tesis Profesional J.P.R.N. 1989

TONADO DE M<sup>a</sup>. FERNANDA CANPA 1974.

## **5.- YACIMIENTOS MINERALES**

**5.1) ROCA ENCAJONANTE**

**5.2) FORMA DE LOS CUERPOS MINERALES**

**5.3) ALTERACIONES HIDROTERMALES**

**5.4) TEXTURAS DE LA MINERALIZACION**

**5.5) PARAGENESIS Y ZONEAMIENTO**

**5.6) ANALISIS DE INCLUSIONES FLUIDAS**

**5.7) HIPOTESIS GENETICAS**

De los dos sistemas principales de fracturamiento descritos, el segundo es, precisamente, el que contiene la mayoría de las vetas mineralizadas como son: Lipton, Liptonia, El Caballo y otras; todas estas vetas tienen una gran extensión.

Este sistema se puede correlacionar con la faja mineralizada que se extiende desde El Oro en México y Tlalpujahua Mich., hasta Taxco en Guerrero, y pasa por Angengueo, Ixtapan del Oro, Sultepec, Zacualpan y Huitzuco tal como lo indica Robles R.R. ( 1940 ) ( Ver origen yacimiento ). En general dicha franja tiene un fracturamiento de tipo transcurrente y normal que corre en forma paralela al combamiento de Valle de Bravo-Taxco (Pérez González, F. 1982 en tesis profesional)

### 5.11.- ROCA ENCAJONANTE.

Como ya se ha mencionado, la gran mayoría de las vetas del distrito de Zacualpan, incluida entre ellas la veta Liptonia, se encuentran emplazadas en una secuencia de rocas volcánicas, de composición intermedia a básica. Se trata generalmente, de tobas líticas de composición dacítica con un color verde y con textura porfírica relicta ( muestra de mano ) constituida principalmente por cristales de cuarzo en muy bajo porcentaje y plagioclasas, clorita y micas, así como fragmentos líticos.

La roca encajonante presenta una foliación incipiente debida al proceso dinamo metamórfico regional que afectó la zona ( Cretácico, según Campa et.al, 1976 )

De acuerdo con el Ing. Germán Arriaga G. se verificó por análisis petrográfico que las plagioclasas contenidas en las muestras delatan una alta presión de formación, mas no así una alta temperatura. Lo anterior en cierta forma se verifica por los tres movimientos de tipo compresional que marca Herrera González en 1983.

El proceso dinamo metamórfico provoca que en algunos niveles de la mina, la determinación de la roca sea dudosa.

Del análisis petrográfico se obtuvo que la roca es una metatoba andesítica con fragmentos líticos inmersos en una matriz vítrea de composición intermedia; presenta una textura ígnea relicta con una alineación de los componentes minerales.

La roca encajonante presenta una intensa cloritización y es, a nivel regional, producto de un dinamo metamorfismo que afectó la zona durante el Cretácico Superior, (Campa Ma. F. op.cit. )

En las láminas delgadas se observa claramente a ferromagnesianos reemplazados por la clorita.

En algunas de las muestras se observan halos de alteración que rodean a las plagioclasas y forman bordes de clorita sobre las mismas. Este tipo de alteración se presenta con mucho más claridad en la veta cuando se encuentre brechada.

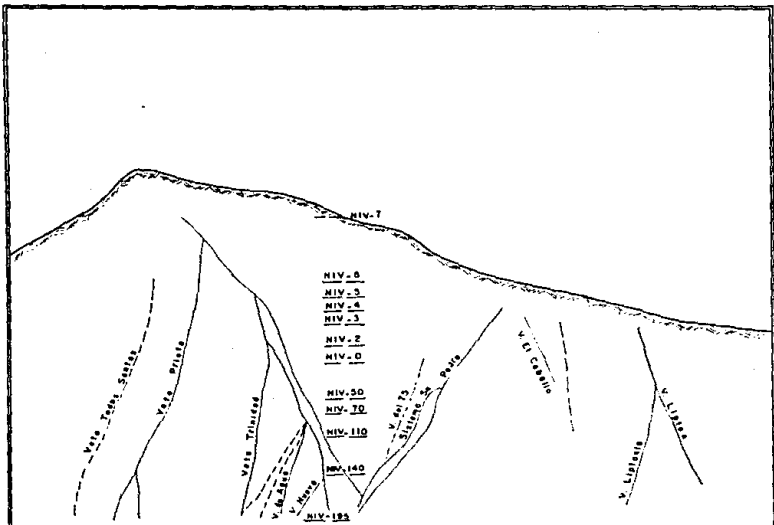
## 5.2.) FORMA Y ESTRUCTURA DE LOS CUERPOS

La veta muestreada y estudiada en el distrito minero de Zacualpan ( Liptonia ) se presenta como una veta falla con rumbo general de NW 30° SE y con un buzamiento en general de 65 NW, su continuidad está bien definida en los diferentes niveles de la mina; su potencia es muy variable, desde unos cuantos centímetros hasta varios metros, los mayores espesores se observan en los niveles inferiores (140 y 195).

La veta Liptonia no presenta expresión en superficie, intersecta a la veta Lipton - la cual si aflora a unos 50 m de profundidad, cerca del nivel 50 y es en este punto donde se inicia la veta. ( ver figura # 3 )

Liptonia es un cuerpo tabular definido por la traza de una falla normal en la cual está emplazada. Cabe mencionar que la gran mayoría de las vetas del distrito están controladas estructuralmente por un sistema de fallas de rumbo NW-SE y así como por un sistema de fracturamiento perpendicular a estas pero que no es de gran importancia pues no se encuentra mineralizado, ni provoca en los anteriores cambios bruscos en cuanto al echado, rumbo o desplazamientos.





SISTEMA DE VETAS MINA GUADALUPE

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

ZACUALPAN, EDO. DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL J. PABLO RUIZ N.

ESC. I. S. ODD NOV. 1989 FIGURA N° 3

La veta presenta ramaleos en los niveles superiores ( 70 y 110 )por lo que es difícil seguir la continuidad de la misma, en estos niveles, se supone que es debido a la baja presión litostática y a la alta presión de los fluidos mineralizantes, los cuales van buscando las zonas que ofrezcan menor resistencia. Es por lo anterior que el cuerpo se ve disperso en un gran número de pequeños y angostos cuerpos diseminados en la roca encajonante ( vetillas y stockwork, al alto y al bajo respectivamente ), lo anterior no se produce con tanta claridad a profundidad, el comportamiento es más estable.

### 5.3.2. ALTERACIONES HIDROTERMALES

Dentro de la veta y en la roca encajonante, las alteraciones más comunes y de mayor desarrollo son:

a) ~~Silicificación~~ Silicificación.- Se presenta principalmente en la veta cuando la textura es brechoide y en los niveles superiores de la mina. Existen dos diferentes eventos que pudieron originar esta alteración.

1) Silice homogéneo en forma bandeada, producto de una primera fase de acción hidrotermal que originó el yacimiento, y, que generalmente se encuentra mineralizado.

2) El silice se presenta en forma de cristales eudrales rellena huecos, en forma de drusas, por lo general estéril, y se produjo en la última etapa de la acción hidrotermal o ligeramente posterior a ella.

Cabe mencionar que existe otro tipo de cuarzo, lechoso, pero este no es producto de la mineralización sino del metamorfismo y se presenta como segregaciones en la roca encajonante.

b) Carbonatación.-Esta es la alteración que se presenta con más claridad en los niveles inferiores de la mina; particularmente en el nivel 195 y en el rebaje 1502, posiblemente debido a la cercanía con la pizarra calcárea que se encuentra en la base, la cual, al paso de los fluidos mineralizantes reacciona con las sales disueltas en el fluido lo que provoca la remoción de los carbonatos depositándolos más arriba.

#### 5.4. TEXTURAS

En el distrito son notorias dos tipos de texturas mineralizadas: las vetas con textura homogénea y las vetas con textura o estructura brechoide.

Es muy importante mencionar que la veta Liptonia presenta ambas texturas sin importar la profundidad ni las leyes, aunque predomina la textura brechada en ésta.

##### Textura homogénea

El tipo de vetas con textura homogénea ocurre en el yacimiento de manera restringida, y se observan principalmente minerales como: galena, pirita, calcopirita, arsenopirita, esfalerita, y en el caso de la plata como sulfosales. En las zonas homogéneas, la mineralización es menor que en las zonas con textura brechoide pero aún así, aparecen los minerales antes mencionados. Estos minerales se presentan bien cristalizados y desarrollados, lo que implica que el proceso por el cual se formaron se desarrolló a una velocidad más o menos lenta dando tiempo a los cristales a desarrollarse en una interacción de los fluidos mineralizantes con la roca encajonante. Se puede decir que las condiciones de libre circulación de fluidos, así como un espacio físico bien desarrollado fueron factores determinantes para que este tipo de vetas se desarrollara. En veta Liptonia es común encontrar la mineralización rellenando cavidades, donde se observa claramente un crecimiento bien desarrollado de

cristales euedrales de cuarzo y en forma de venillas la galena, pirita, esfalerita, etc.

#### Vetas brechadas.

La presencia de este tipo de textura en la veta, es más abundante que las anteriores; las potencias de éstas pesan de 1m. En ciertas zonas de la veta a diferencia de las anteriores, se puede decir que existió una reactivación tanto física como química de los componentes de la roca encajonante lo que dio lugar a que la veta adquiriera una textura brechoidal, y se encuentre muy silicificada; además presenta alteraciones propias de un yacimiento hidrotermal de baja temperatura, aún cuando con los resultados obtenidos de las inclusiones fluidas el yacimiento puede entrar dentro de otra clasificación.

En este tipo de vetas son reconocibles los halos de alteración bien definidos circundantes a ellas y se desarrollan en la roca encajonante. Aparte en el brechamiento intenso de la veta, se pueden encontrar fragmentos de tamaño muy variado, los cuales son generalmente de la roca encajonante aunque se observa también este brechamiento en los minerales que constituyen la estructura, lo que indica varios períodos de mineralización.

Son observables diferentes formas de reemplazamiento hidrotermal como el desarrollo de superficies cóncavas y bordes de avance a nivel microscópico; esto se observó en las muestras LPT-10, LPT-09 y LPT-11 todas del nivel 110. ( Ver apéndice fotográfico )

## 5.5.) PARAGENESIS Y ZONEAMIENTO

La mineralización predominante en la veta Liptonia es:

	Proustita		Pirita
Plata	Pirargirita	Hierro	Arsenopirita
	Plata nativa		Calcopirita
	Polibasita **		
	Tetraedrita		
	Galena		
Plomo		Zinc	Esfalerita
	Jamesonita **		
	* Hematita		
Oxidos		Silicatos	Cuarzo
	Limonita		
	Calcita		
Carbonatos		Otros	Fluorita
	Rodocrosita **		

Ver figura 4

\* Observados sólo en los niveles superiores ( 50 y 70 )

\*\* Observados por los autores anteriores y no por el suscrito

Nivel 70

Se observaron principalmente Proustita-pirargirita, arsenopirita, esfalerita, galena, pirita así como grandes cantidades de cuarzo y calcita.

Nivel 110

Se observaron calcopirita, esfalerita, arsenopirita, tetraedrita, proustita-pirargirita, galena y como ganga cuarzo y calcita. Asimismo se encontró un cristal de fluorita. ( trazas ).

Nivel 140

Se observó calcopirita, galena, esfalerita, tetraedrita ( traza ), arsenopirita, cuarzo y calcita.

Nivel 195

Arsenopirita, pirita, galena, esfalerita, proustita-pirargirita ( en gran proporción ), cuarzo y calcita. Se debe aclarar que el contenido de carbonatos es mayor que el del cuarzo.

En los barrenos perforados bajo el nivel 195, principalmente se observaron: pirita, galena, esfalerita así como un alto contenido de calcita y cuarzo.

Hacia los niveles inferiores al 195, la mineralización ya es escasa y se piensa que es difícil encontrar los altos valores como en el nivel 140 y 195.



## **PARAGENESIS PROPUESTA**

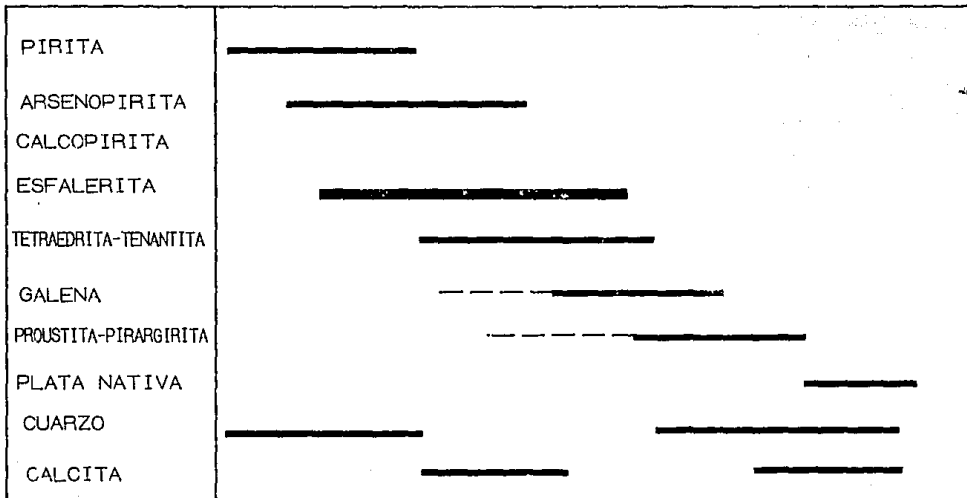


figura # 4

## IDEAS ACERCA DE ZONEAMIENTO

Se distinguen claramente en la mina tres zonas minerales a manera de zoneamiento supergénico:

a) La zona de oxidación, que abarca desde superficie ( aún cuando Liptonia no aflora ) hasta las cercanías del nivel 110

b) La zona de enriquecimiento supergénico. Dicha zona no es muy clara pero se le supone entre los niveles 110 y 140, y

c) La zona de sulfuros primarios, ubicada del nivel 140 a la base del nivel 195 y posiblemente aún más, se desconoce su profundidad ya que el nivel máximo al que se llegó fue el 195 y se supone por los núcleos de barrenos, que llega aún a los 240 metros.

Existe un zoneamiento mineral de tipo periplutónico, es decir, se encuentran los minerales localizados por zonas.

Las mayores concentraciones de plata se encuentran localizadas, en la base hacia el frente sur 1502 al igual que en el nivel 140, no así en los niveles superiores, donde las mayores concentraciones de plata se localizan hacia la parte comprendida entre el robbins # 4 y el robbins # 2 de los niveles 110 y 70. ( ver plano de Zoneamiento ).

La esfalerita y la galena en cambio se encuentran distribuidas a lo largo de toda la obra, predominando la galena sobre la esfalerita y partiendo la primera de la última ( ver apéndice minerográfico ).

Del análisis minerográfico se desprende que la mayor cantidad de mineral de cobre Tetraedrita- Tennantita se localiza a profundidad ya que fue solo en los barrenos en los que se vió dicho mineral y en algunas muestras del nivel 195. En los niveles superiores, sólo en el nivel 110 se observó tetraedrita pero más bien como traza. ( ver planos de concentración de Pb, Zn y Au ).

## 5.6.) ANALISIS DE INCLUSIONES FLUIDAS

El estudio de inclusiones practicado a las muestras obtenidas de la veta Liptonia, se realizó de la siguiente manera:

### Nivel 70

Estas inclusiones tienen la particularidad de ser primarias, se presentan algunas pseudosecundarias. Estas inclusiones son en su mayoría de fase líquida y ocurren en cuarzo. Son muy abundantes en estas muestras, tienen una temperatura de homogeneización dentro del rango 220 a 240 grados centígrados. El cuarzo es abundante y puede corresponder a las primeras etapas de mineralización. La mineralización observada alrededor de las inclusiones no es muy abundante (< 15 %).

### Nivel 110

En las inclusiones obtenidas de estas muestras, se observaron principalmente en fase líquida; éstas son primarias y algunas pseudosecundarias; con una temperatura de homogeneización entre los 225 y 255 grados centígrados que es un poco mayor a las anteriores. Las inclusiones son también en cuarzo, se incrementa el contenido de sulfuros en general. Nivel 140 (ver planos de temperatura).

En estas muestras, la mayoría de las inclusiones son primarias y pseudosecundarias, se observa un incremento de temperatura con respecto de las anteriores; el rango de temperaturas de estas inclusiones está entre los 250 y los 300 grados centígrados. Principalmente de fase líquida aunque el incremento de inclusiones de fase vapor es grande. Las inclusiones se encuentran tanto en cristales de cuarzo como en cristales de esfalerita en ambas fases.

#### Nivel 195

Estas inclusiones son tanto primarias como pseudosecundarias; se incrementa la fase vapor y disminuye la fase líquida. Se encuentran tanto en cuarzo como en calcita y en esfalerita. La temperatura de homogeneización varía entre los 300 y 350 grados centígrados por lo que se deduce que el gradiente térmico aumenta a profundidad a razón de 50 grados por cada 100 metros y con lo que posiblemente pueda aumentar más a profundidad. Las inclusiones de este nivel presentaron problemas en su mayoría pertenecen a una fase gaseosa; sin embargo la temperatura de homogeneización para éstas es mucho mayor que para la fase líquida, de esta manera se obtienen temperaturas hasta de 600 grados, lo que resulta prácticamente imposible ya que dichas temperaturas no concuerdan ni con el gradiente ni con la mineralización. (ver plano de temperaturas).

En general, el estudio de las inclusiones presentó algunos problemas ya que al existir cuarzos de distintas etapas de formación las temperaturas obtenidas, muchas veces distan de la realidad. Otro problema que se presentó durante el estudio de las inclusiones fue el que el incremento de inclusiones en una fase gaseosa provoca la decrepitación de las muestras sin obtener temperaturas de formación de las mismas, y en el caso de obtenerlas salen del rango de clasificación, ya que reaccionan a 600 grados.

Por las características de cada uno de los niveles se puede llegar a la conclusión de que este yacimiento pudo tener dos etapas de formación, esto se determina a partir de los dos tipos de cuarzo.

El yacimiento está clasificado como hidrotermal de baja temperatura, pero por las observaciones hechas, se le supone una segunda etapa mesotermal. Es posible que el yacimiento presente ambas características, de yacimiento hidrotermal de baja temperatura, hacia la cima, es decir del nivel 70 hacia superficie, y de yacimiento hidrotermal de mediana temperatura hacia la base del yacimiento.

Es mucho más notoria la mediana temperatura ya que los rangos de temperatura de homogeneización son en general mayores a los 250 grados.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Según Albinson (1986) la salinidad promedio observada de las muestras es de 4 a 5 % equivalente en peso de NaCl, lo que supone interacción entre las aguas connatas, meteóricas y los fluidos mineralizantes, se descarta la posibilidad de que las aguas 100 % magmáticas hayan originado el yacimiento.

Tanto las inclusiones primarias como las pseudosecundarias ricas en líquidos y vapor, dan una idea de un posible encuellamiento, ya que el fenómeno da como resultado el incremento de inclusiones, esto es: el fenómeno se debe a que si se tiene una inclusión muy grande, por efecto del incremento de temperatura de homogeneización, en forma natural, tienden a formarse inclusiones más pequeñas.

Lo anterior en cierta forma comprueba las dos etapas de mineralización existentes en la veta Liptonia, al mismo tiempo que las temperaturas, ya que el encuellamiento de las inclusiones es debido a un recalentamiento; esto, como se mencionó anteriormente es más notorio a profundidad por lo que se suponen ambas clasificaciones: baja temperatura y Mesotermal.

Asimismo, se supone que la fuente origen o foco generador de los fluidos mineralizante se encuentra localizada a profundidad y hacia el NW de la veta.

### 5.7.1. HIPÓTESIS GENÉTICAS

En general las vetas del distrito de Zacualpan, tienen un origen similar. En una primera hipótesis se dice que se formaron a partir del depósito de sulfuros metálicos reunidos por soluciones hidrotermales que lixiviaron estos metales de la roca encajonante. Dichos fluidos pudieron actuar para mantener las fisuras abiertas; de esta manera, se facilitó la libre circulación y se dió también tiempo suficiente para la reacción, depósito y cristalización; todo esto estuvo controlado por las variaciones de temperatura, pH y salinidad. ( Francisco.Perez G. 1982 op. cit.).

En una segunda hipótesis debe tomarse en cuenta que no es exclusivamente por lixiviación la formación del yacimiento, ya que éste por sí sólo no podría generar la cantidad de mineral que hay en dicha vetas. Por tanto debe suponerse que la razón principal de origen del yacimiento son las soluciones mineralizadas provenientes de una cámara magmática o bien soluciones que provinieran de un depósito anterior de sulfuros masivos que saturó las soluciones y creó así, el alto contenido de sulfuros y sulfosales.

Otro factor que debe ser tomado en cuenta es el que juegan las aguas connatas y su removilización; es decir, la reactivación y reacción química de éstas por la acción del calor ( posiblemente por una intrusión magmática adyacente y/o a profundidad " metamorfismo regional ) al encontrarse con el fluido que asciende a altas temperaturas.



Es común que las aguas connatas contengan grandes porcentajes de sales solubles; sin embargo, son cambiadas a sales solventes en el proceso de reactivación con lo que tendrán la capacidad de extraer metales por medio de reacciones químicas con la roca encajonante.

De acuerdo con esto se puede decir que las vetas de Zacualpan y en particular la veta Liptonia se formó a partir de las rocas volcánicas preexistentes que posteriormente se vieron afectadas por un dinamo metamorfismo regional de bajo grado; con tal fenómeno los minerales singenéticos se hicieron susceptibles a una removilización durante el período de deformación. El origen del yacimiento puede suponerse por soluciones provenientes de una profundidad "x" a presiones y a temperaturas altas. De esta manera se provocó que la fractura por la cual se venían introduciendo, se ensanchara y posteriormente se brechara; se tiene como consecuencia la textura brechoide, producida hidrotermalmente y no por un proceso tectónico, ya que la mineralización, y en sí la veta no muestran rasgos de haber sido sometidos a acciones de este tipo. El origen de la mineralización es hidrotermal de mediana temperatura ( 180 a 300 grados centígrados ) según lo evidencian los análisis petrográficos y los estudios de inclusiones fluidas efectuados en las muestras, pero existe el problema de determinar la fuente precisa de los metales, planteándose las siguientes hipótesis:

- 1).- Metales diseminados en las rocas subyacentes y adyacentes, ( Francisco Pérez G., 1962 )
- 2).- Metales concentrados en depósitos estratificados preexistentes en el complejo metamórfico ( González Partido, E. 1961 )
- 3).- Metales diseminados en las rocas adyacentes y la carga mineral proveniente de los fluidos hidrotermales.
- 4).- Metales concentrados en depósitos estratificados anteriores a la carga mineral proveniente de los fluidos hidrotermales

La presencia de arsenopirita dentro de las vetas, concuerda con las temperaturas altas de homogeneización y no la supuesta por los diversos autores anteriores a este trabajo, los cuales han clasificado el yacimiento como hidrotermal de baja temperatura, no obstante, las inclusiones fluidas y la paragénesis delatan temperaturas aún mayores a los 200 grados centígrados.

La presencia de clorita y sericita en la roca encajonante delatan un rango de temperaturas bajas de formación, pero cabe hacer la aclaración de que los anteriores son producto del metamorfismo y no de la mineralización; así pues, tanto se tienen bajas temperaturas con la clorita-sericita, se tienen también temperatura ligeramente mayores dadas por la presencia de arsenopirita siendo esta última producto de la mineralización.

La relación que existe entre este yacimiento y la faja mineralizada que se extiende desde de El Oro, Mex., hasta Taxco, Gro. puede correlacionarse si se supone el mismo origen de los sulfuros nativos como es el caso de Tizapa, y que dichos metales sufrieran removilización con el metamorfismo que sufrió la zona; posteriormente, con ayuda de los fluidos hidrotermales que venían introduciéndose por fallas y fracturas, produjo la saturación de los fluidos, y finalmente depositarse como se ve hoy en día.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema mineralizado Zacualpan, Mex. particularmente la veta Liptonia, presenta un control tanto estructural como litológico, en cuanto a la mineralización. El control estructural está definido por dos sistemas principales de fracturamiento, N-S y el NE-SW, y el control litológico definido por la presencia de lutitas carbonosas en la base del yacimiento, observándose que la mineralización es prácticamente nula al alcanzarse en las vetas el nivel estratigráfico en que se encuentran dichas lutitas.

El yacimiento presenta un zonamiento en temperaturas, pudiéndose pensar en dos etapas ya que se observan temperaturas propias de yacimientos hidrotermales de baja y mediana temperatura.

Las posibilidades de localizar leyes de oro y plata a profundidad son escasas debido principalmente a las altas temperaturas de homogeneización para las muestras a profundidad, que exceden en general los 350 grados centígrados. En general es difícil que las leyes de oro, plata, plomo y zinc sean explotables a profundidad, encontrándose en general un alto contenido de fierro en forma de pirita diseminada en la mayoría de los barrenos observados.

## RECOMENDACIONES

El contenido de arsénico, es en general alto, lo que se considera de importancia para la recuperación del mineral al momento de pasar a la etapa de metalurgia.

Del nivel 195 a profundidad, los contenidos de mineral son muy escasos, con excepción del lado oeste de la obra minera desarrollada en dicho nivel y a profundidad, por lo que se recomienda proseguir a profundidad siempre y cuando los barrenos G-41, G-42, G-43 y el PA324 resulten con leyes altas tanto de plata como de plomo y zinc.

Es también recomendable que se haga un estudio más detallado de inclusiones para conocer el origen de la mineralización.

BIBLIOGRAFIA

RAISZ E.

1959

CARTA DE PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DE LA REPUBLICA  
MEXICANA. Ed.

SANGSTER D.F.

1972

VOLCANOGENIC MASIVE SULPHIDE DEPOSITS  
GEOL. SURVEY OF CANADA

GUTIERREZ GONZALEZ EMILIO

TESIS PROFESIONAL 1973

ESTUDIO GEOLOGICO MINERO DEL DISTRITO ARGENTIFERO  
DE ZACUALPAN, MEX

E.S.I.A

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CAMPA MA.FERNANDA

1974

LA SECUENCIA MESOZOICA VOLCANO-SEDIMENTARIA  
METAMORFIZADA DE IXTAPAN DE LA SAL, MEX -  
TEOLOAPAN, GRO.

SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA VOL.XXXV

DIAZ GARCIA VICTOR MANUEL  
TESIS PROFESIONAL 1977  
EL CONTACTO ESQUISTO TAXCO ROCAVERDE TAXCO VIEJO EN  
LA REGION DE ZACUALPAN, EDO. MEX.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U.N.A.M.

TAKED SATO  
1977  
SULFUROS MASIVOS VOLCANOGENETICOS. SU METALOGENIA Y  
CLASIFICACION  
UNIVERSIDAD DE SONORA

HUBERT LLOYD B.  
1979  
GEOCHEMISTRY OF HIDROTHERMAL ORE DEPOSITS  
2nd EDITION  
HUBERT LLOYD B.

GARZA GONZALEZ V. CARLOS, PEREZ G. FRANCISCO  
1981  
MODELO DE DISTRIBUCION REGIONAL DE YAC. MINERALES  
EN EL AREA DE ZACUALPAN-TEJUPILCO, EDO. MEXICO  
CONSEJO DE RECURSOS MINERALES

PEREZ GONZALEZ FRANCISCO  
TESIS PROFESIONAL 1982  
ESTUDIO GEOLOGICO MINERO DEL AREA DE ZACUALPAN  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U.N.A.M.

NOGUEZ A. BENITO, OROPEZA O. CUTBERTO Y HERRERA  
GLEZ. BENJAMIN

1982

ESTUDIO GEOLOGICO SUPERFICIAL DEL DISTRITO MINERO  
DE ZACUALPAN, MEX. INFORME SIRSA DE C.V.

OROPEZA ORTIZ CUTBERTO

TESIS PROFESIONAL 1983

PROSPECCION GEOLOGICA EN EL DISTRITO MINERO DE  
ZACUALPAN

EDO. MEXICO.

FACULTAD DE INGENIERIA

U.N.A.M.

HERRERA GONZALEZ BENJAMIN

TESIS PROFESIONAL 1983

ESTUDIO GEOLOGICO MINERO SUPERFICIAL A DETALLE DEL  
DISTRITO MINERO DE ZACUALPAN, EDO. MEXICO

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

NOGUEZ A. BENITO, FLOREZ MENENDEZ J., TOSCANO F.

ANTONIO 1984

EL DISTRITO MINERO DE ZACUALPAN, EDO. DE MEXICO

GEOLOGIA ECONOMICA DE MEXICO

MONTERO URRUSQUIETA R.

TESIS PROFESIONAL 1985

GEOLOGIA Y RECURSOS MINERALES DEL AREA DE ZACUALPAN  
Y TEMASCALTEPEC EDO. DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.



**APENDICE**

**PETROGRAFICO Y MINERAGRAFICO**

## PETROGRAFIA

La petrografia se practicó a seis muestras tratándose de que éstas estuvieran comprendidas dentro de la roca encajonante. Las muestras analizadas corresponden a los niveles 110, 140 y al rebaje 1502 del nivel 135.

### Datos de campo

Muestra LPT-Xo7

Nivel 110

Loc. Veta Liptonia; Zacualpan, Edo. México

### Descripción macroscópica

La muestra se observa de color verde pardusco, de textura porfirídica; constituida por cuarzo en pequeño porcentaje, clorita, plagioclasas, micas y alto contenido de anfíboles y piroxenos. Se encuentra con alteraciones por oxidación, observándose una cubierta color naranja de espesor apenas considerable.

### Descripción microscópica.

Como minerales esenciales están los feldespatos, principalmente ortoclasa y andesina, cristales subedrales; contactos suturados y superficies sucias. Vidrio de composición básica conforma la matriz de la roca. Como minerales secundarios se presentan la calcita y la clorita, el primero relleno de fracturas y con cristales subedrales y la clorita se observa con una textura fibrosa. Los minerales accesorios son las micas, muscovita o prehenita principalmente entre las fracturas, el porcentaje de éstas es de aproximadamente un 15%.

Origen de la roca Volcánico extrusiva

Clasificación Meta-toba andesítica

Muestra LPT-14  
Nivel Rebaje 1502-3 N-195  
Loc. Veta Liptonia, Zacualpan, Edo. México

Descripción macroscópica.

Roca de color verde, textura porfídica constituida por plagioclasas, micas, clorita y en pequeña proporción cuarzo.

Descripción microscópica.

Los minerales esenciales en la muestra son: Oligoclasa-Albita; cristales subedrales, muy fracturados y alterados, con contactos suturados y superficies sucias. Se observa como matriz vítrea de composición básica. Como minerales secundarios aparecen el cuarzo, rellenando cavidades (cuarzo de segregación producto del metamorfismo) como cristales subedrales y de superficies limpias. La clorita se presenta como secundario con una textura fibrosa y en alto porcentaje (< 10%).

Como minerales accesorios se presentan las micas principalmente muscovita, alterando a vermiculita por acción del agua.

Origen de la roca. Volcánica extrusiva

Clasificación Meta-toba andesítica

**Muestra** LPT-Xo1  
**Nivel** Crucero N140  
**Loc.** Veta Liptonia, Zacualpan, Edo. México

**Descripción macroscópica**

La roca se observa de color verde con textura porfídica, constituida principalmente por plagioclasas, clorita, micas, calcita y cuarzo. Se observa la roca bastante cloritizada.

**Descripción microscópica**

Los minerales esenciales son oligoclasa-andesina en cristales subedrales muy alterados y fracturados y en algunos casos rodeados por clorita y sericita. Vidrio de composición básica conformando propiamente la matriz de la roca. Como minerales secundarios aparecen la clorita como alteración de anfíboles, se encuentra distribuida por toda la muestra. El otro secundario es el cuarzo que se presenta rellenando fracturas o cavidades y es producto del metamorfismo. No se observaron micas en esta muestra.

**Origen de la roca** Volcánica extrusiva

**Clasificación** Meta-basalto

Muestra LPT-Xo2

Nivel Crucero N-140

Loc. Veta Liptonia, Zacualpan, Edo. México

#### Descripción macroscópica

Roca de color verde claro, con tonos grisáceos, de textura porfídica y de composición principalmente de plagioclasas clorita y micas y en pequeña proporción cuarzo.

#### Descripción microscópica

Como minerales esenciales se observaron oligoclasa-andesina; cristales subedrales, rotos y parcialmente alterados. Otro mineral esencial es el cuarzo, cosa por demás extraña en una roca de composición básica, pero este cuarzo al igual que los anteriores es de segregación, presentando cristales subedrales con contactos rectos y elongaciones. No se observó vidrio en la matriz.

Minerales secundarios principalmente la calcita relleno de fracturas y cavidades que son depositados posteriormente a la formación de la roca. Se observan también minerales opacos como magnetita. Clorita como producto de alteración de anfíboles, presente en toda la roca.

Como minerales accesorios se tienen micas, ya sea muscovita o prehnita; cristales tabulares poco o nada alterados.

Origen de la roca Volcánica extrusiva

Clasificación Meta-toba andesítica

Muestra LPT-X06  
Nivel Crucero N-140  
Loc. Veta Liptonia, Zacualpan, Edo. México

#### Descripción macroscópica

La roca se observa de color verde al fresco con tonalidades grisáceas; constituida principalmente de plagioclasas, micas, anfíboles, clorita, cuarzo y calcita. De textura porfídica.

#### Descripción microscópica

Minerales esenciales se observan oligoclasa-andesina en cristales euedrales muy fracturados y parcialmente alterados tanto por el metamorfismo como por acción de los fluidos mineralizantes. Se observa también cuarzo de cristales subedrales y contactos rectos y bien definidos. No se observa vidrio como matriz. Cuarzo como producto de metamorfismo rellenando cavidades.

Minerales secundarios principalmente de alteración como clorita y sericita, ambos rodeando plagioclasas y en porcentaje mayor al 30 %. Minerales accesorios: micas en pequeña proporción.

Se observaron halos de alteración rodeando las plagioclasas, formando una especie de esferas con centro de plagioclasa y bordes de clorita y sericita.

#### Origen de la roca Volcánica extrusiva

Clasificación Hsta-toba andesítica

Muestra LPT-06

Nivel 70

Loc. Veta Liptonia, Zacualpan, Edo. México

Descripción macroscópica

Roca de color verde grisáceo con textura porfídica, constituida principalmente de plagioclasas, clorita, micas y cuarzo así como anfíboles y piroxenos, de composición básica.

Descripción microscópica

Esenciales: Plagioclasas en cristales subedrales soportados en una matriz vítrea de composición básica; superficies limpias y fracturadas. Como secundarios cuarzo y calcita como relleno de cavidades. Accesorios: Muscovita en cristales tabulares, la muestra está tomada posiblemente de la veta por lo que la descripción se dificulta y se observa mucho ( 80% ) de cuarzo y calcita.

Origen de la roca Volcánica extrusiva

Clasificación Meta-toba andesítica

## ANALISIS MINERAGRAFICO

Para el análisis minerográfico se cortaron y pulieron 18 secciones, mismas que una a una se describen a continuación.

Nº. Muestra LPT-X01

Nivel 140

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

### Descripción macroscópica

Se trata de una muestra de color verde, de textura brechoide constituida por cristales observables de cuarzo, fragmentos de roca, plagioclasas y vidrio conformando la matriz de la roca. Asimismo se observan sulfuros diseminados como galena, pirita y calcopirita. La muestra está totalmente brechada.

### Descripción microscópica

La muestra presenta una textura brechoide muy intensa ya que los minerales se presentan como reemplazamiento, observándose bordes de avance de galena sobre esfalerita y sobre pirita. El engolfamiento es también característico en los cristales de galena y la textura vernicular desarrollada por exsolución o por mezclas deutéricas. Se observa también arzenopirita y proustita-pirargirita, envolviendo la última a la primera, deduciéndose que la sulfosal de plata se deriva de la arzenopirita. En general se observa un porcentaje alto de sulfuros ( 70 % ) predominando la esfalerita y la galena.



No. Muestra LPT-07

Nivel. 110

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

#### Descripción macroscópica.

La superficie pulida a simple vista se observa con una textura brechoide, constituida por cuarzo, pirita, arsenopirita, galena y esfalerita. Fragmentos liticos de composición básica son observables, así como un cristal de fluorita.

#### Descripción microscópica

La superficie presenta una textura cristalina, observándose así mismo la textura brechoide con bordes de avance de galena sobre esfalerita y pirita; cuarzo engolfado. La cantidad de sulfosales de plata es considerablemente menor, teniéndose un porcentaje cercano al 5% del total observado en la muestra. Predominan la galena y la esfalerita, y el contenido de pirita y arsenopirita es alto, predominando la primera. El alto contenido de esfalerita y la presencia del cristal de fluorita, deben ser considerados ya que ambos son de temperaturas ligeramente mayores a la que corresponde a un yacimiento de baja temperatura.

No. Muestra LPT-Xo2

Nivel 140

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

#### Descripción macroscópica

La muestra es de una roca de color verde pardusco, con textura brechoide, donde aparte de los minerales constituyentes como cuarzo, plagioclasas y micas y minerales de relleno y depósito posterior como calcita y clorita. La matriz es vitrea y soporta totalmente a los minerales mencionados.

#### Descripción microscópica

Se observaron cristales eudrales de pirita rodeados por esfalerita, la cual forma superficies cóncavas de reemplazamiento desarrolladas por difusión iónica de galena sobre esfalerita y pirita. Se observa en general la esfalerita en forma de vetillas o hilos a través del crucero. Asimismo se observan los bordes de avance de tetraedrita sobre calcopirita. El mineral principal de la sección es la galena ( 25 % ) seguida por la esfalerita y calcopirita ( 20 % ) y tetraedrita-tennantita en un 15 %, el 40 % restante corresponde a la pirita y fragmentos de roca, además de el mineral de ganga.

Nº. Muestra LPT-Xo6

Nivel 140

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

#### Descripción macroscópica.

La sección se observa de color verde pardusco con textura brechada y constituida por cuarzo, calcita, pirita, galena y esfalerita inmersos en una matriz vítrea de composición básica.

#### Descripción microscópica.

Se observaron cristales eudrales de pirita rodeados por esfalerita y sobre ésta última bordes de avance de la galena. Es visible con claridad el aumento en el contenido de fierro de la esfalerita evidenciado por las reflexiones rojas que presenta la misma. Asimismo es notorio el remplazamiento que sufre la esfalerita por galena debido a los bordes corroídos de la primera. se observaron también tetraedrita-tennantita y proustita-pirargirita acompañados de calcopirita y arsenopirita. Los porcentajes son: Esfalerita 20 %, Galena 25 %, Proustita-Pirargirita 20 %, y tetraedrita-tennantita 10 %.

No. Muestra LPT-642

Nivel Barrero a 45m bajo el 185

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

#### Descripción macroscópica.

Se observa intensa pirritización y la roca encajonante muy cloritizada. Gran cantidad de cuarzo y calcita. La presencia de sulfuros es muy escasa, observándose principalmente fragmentos líticos. De textura brechoide.

#### Descripción microscópica

Al microscopio, se observan una serie de vetillas de carbonatos en donde se encuentran inmersos cristales bien desarrollados de pirita rodeada por galena, y éstos a su vez rodeados por calcita y cuarzo. La mineralización es prácticamente nula, observándose exclusivamente pirita y galena, predominando la primera en un 30 % contra un 5 % de galena.

No. muestra LPT-657

Nivel Barreno a 49m del N-195

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

#### Descripción macroscópica

La roca presenta fuerte brechamiento y algunos fragmentos líticos cloritizados, constituida por Cuarzo en pequeña proporción (10 %) calcita (30 %) relleno de fracturas, galena y pirita.

#### Descripción microscópica

La textura brechada es clara, observándose dicho brechamiento tanto a nivel muestra como a nivel mineral. Se observan grandes halos de alteración y vetillas, algunas veces aprovechando el crucero, en donde la pirita se encuentra inmersa en galena. Se observa el reemplazamiento en forma de islas en calcopirita sobre la pirita, así como proustita-pirargirita sobre arsenopirita, aunque este último en menor proporción. El porcentaje de platas rojas es de alrededor del 5 % del total.

No. muestra LPT-643

Nivel Barreno a 50m bajo el N195

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

Descripción macroscópica

La roca se encuentra muy cloritizada y con fuerte brechamiento con relleno de fisuras por cuarzo y calcita. Se observan pirita galena y calcopirita en menor proporción.

Descripción microscópica

Ausencia de platas rojas; proporción de esfalerita, galena mayor que en los barrenos anteriores ( >10% )del total. Existe reemplazamiento selectivo representado por el reemplazamiento de galena sobre la calcita y sobre la esfalerita. Calcopirita < 5% .

No. Muestra LPT-PA403

Nivel Barreno a 63m bajo el N185

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

#### Descripción macroscópica

La roca sigue siendo la toba muy cloritizada y con mayor contenido de cuarzo que de calcita y de ahí su dureza. Se observa pirita diseminada en la roca > al 10 %. De textura brechada.

#### Descripción microscópica

Se observan predominantemente la pirita y el cuarzo por sobre los otros minerales que son galena, esfalerita y calcopirita. Al igual que en el barreno anterior es claro el reemplazamiento de galena sobre calcita y esfalerita. La textura es brechoidal, observándose gran cantidad de líticos, los que están fuertemente cloritizados.

No. muestra LPT-058  
Nivel Barrero a El Sim del N190  
Localidad Veta Iiptonia, Zecualpan.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

La muestra presenta gran cantidad de sulfuros como galena, esfalerita y pirita, observándose la esfalerita en concentraciones. Cuarzo y calcita relleno de fisuras. Textura brechada y fragmentos líticos cloritados.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

La muestra presenta mayor porcentaje de mineralización en forma de fragmentos orientados y superpuestos, el porcentaje de tetraedrita es alto y se presenta en coexistencia con el cuarzo y sobrecrecimiento de la tetraedrita sobre calcopirita y claros bordes de avance de la galena sobre la esfalerita.



No. Muestra LPT-641

Nivel Barreno a 47.1m del N195

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

Descripción macroscópica

De textura brechada, con fragmentos líticos cloritizados; concentración de sulfuros metálicos como galena, esfalerita, pirita, calcopirita, y como compuesto de cobre la tetraedrita.

Descripción microscópica

Alto contenido de calcita relleno de fracturas; ausencia de cuarzo la mineralización se presenta en forma de vetillas principalmente la esfalerita. La galena se observa con sus bordes de avance sobre la esfalerita, y la tetraedrita a partir de la calcopirita. El porcentaje de mineralización del total de la muestra es de aproximadamente un 50 %, siendo el resto mineral de ganga y fragmentos líticos. El brechamiento es la textura. Los minerales se observan orientados lo que define la fluidez de la actividad hidrotermal.

No. Muestra LPT-664  
Nivel Barreno a 37.43m del N195  
Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

Descripción macroscópica

Se observa intensa piritización y la roca encajonada se encuentra bastante cloritizada, alto porcentaje de calcita y cuarzo en menor cantidad. Textura brechuida.

Descripción microscópica

Observable gran cantidad de sulfuros como galena, esfalerita y pirita, así como calcopirita y tetraedrita. Bordes de avance en contactos bien definidos de la galena sobre esfalerita, y bordes corroídos de calcopirita por la presencia de tetraedrita. El porcentaje de mineralización, al igual que la anterior es alto. ( >50 % ). Fragmentos líticos cloritizados. Textura brechuida.

No. Muestra LPT-07  
Nivel Rebaje 1502 del N195  
Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

#### Descripción macroscópica

La muestra se encuentra brechada, constituida principalmente por pirita, esfalerita, galena y cuarzo, así como fragmentos líticos cloritizados.

#### Descripción microscópica

Se observan claramente pirita, esfalerita y galena. La galena presenta bordes de avance sobre la esfalerita y pirita. No se observa arsenopirita pero sí proustita-pirargirita, la cual en general es escasa y se encuentra entre la ganga. Textura brechada.

Nr. Muestra LPI-02  
Nivel Rebajo 1502 del N195  
Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Se observa la muestra con textura brechada; constituida por cuarzo como relleno de fisuras, esfalerita, galena, arsenopirita, y pirita, así como fragmentos líticos cloritizados.

#### DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

El contenido en la sección pulida, de arsenopirita y pirita es alto, presentando la pirita bordes corroídos por la arsenopirita y ésta a su vez presentando bordes de avance de proustita-pirargirita. La esfalerita se encuentra en muy alto porcentaje en la sección y, contrastando con las muestras anteriores, no muestra bordes de avance de la galena. El contenido de platas rojas es muy alto mayor al 8 % del total observado. Se observa también tennantita. El contenido de plata queda corroborado en dicha muestra, ya que en esta parte de la mina, las leyes de plata rebasaban los 250 gr/ton. Los cristales son en general engolfados y rectos y son la gran mayoría de ellos eudrales.

Muestra LPT-08  
Nivel Rebaje 1502 del N195  
Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

Descripción macroscópica

De textura brechoide, constituida por cuarzo, calcita, fragmentos líticos cloritizados y como minerales de mena galena y esfalerita, con escasa pirita < 5 % y presencia de arsenopirita.

Descripción microscópica

En general la esfalerita es escasa, habiendo sido reemplazada por galena ya que presenta evidencias de bordes de avance. La galena es abundante > 10 % del total. Pirita muy escasa y arsenopirita reemplazada por proustita, la cual se observa en porcentaje alto > al 8 % . La textura es brechoide observándose cierta alineación de los minerales y fragmentos líticos. Contactos bien definidos y rectos entre los cristales.

No. Muestra LPT-10

Nivel 110

Localidad Veta Liptonia, Zacualpan.

#### Descripción macroscópica

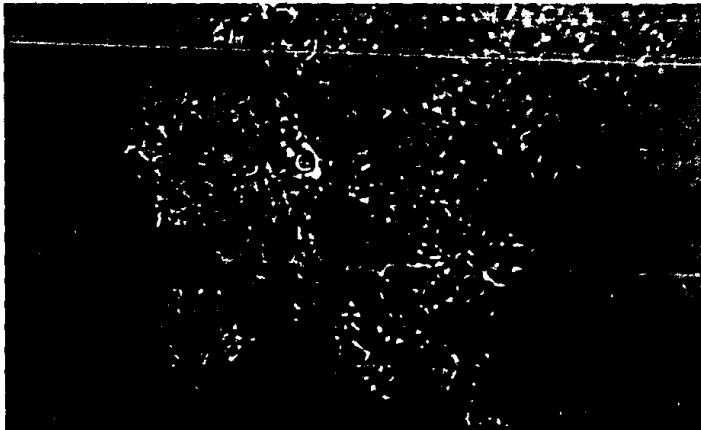
Se observa la muestra con textura brechada; constituida por cuarzo como relleno de fisuras, esfalerita, galena, arsenopirita, y pirita, así como fragmentos líticos cloritizados.

#### Descripción microscópica

Esfalerita con reflexiones internas amarillas, alto contenido de ésta, > 8 % presentando bordas de avance de galena. En general los cristales son eudrales y no presentan alteración. Presencia de pirita en porcentaje bajo, habiendo sido sustituida por calcopirita. Proustita-pirargirita con ausencia de arsenopirita.

**APENDICE**  
**FOTOMICROGRAFICO**

Fotomicrografía # 1  
Muestra: LPT 07  
Nivel 110  
Luz Normal  
Objetivo 32X

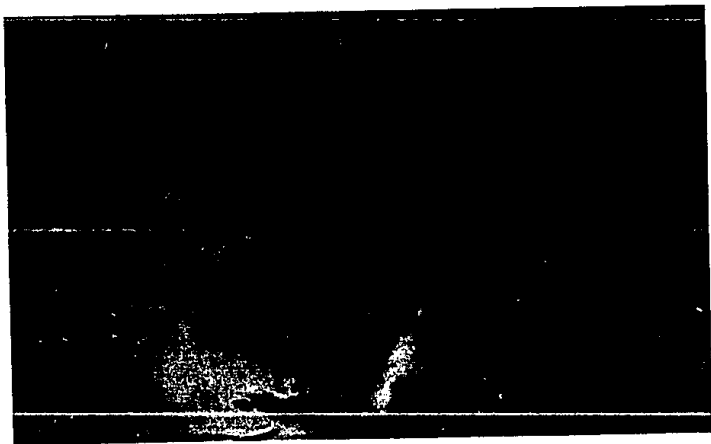


**OBSERVACIONES:**

Inclusiones en cuarzo. Parte inferior derecha muestra dos inclusiones producto de encuellamiento.



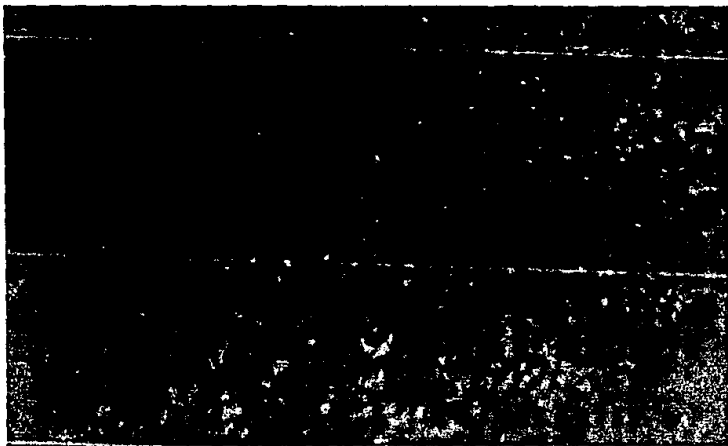
Fotomicrografia # 2  
Muestra: Barreno G42  
Luz Normal  
Objetivo 64X



OBSERVACIONES:

Inclusión en cuarzo ( primaria).

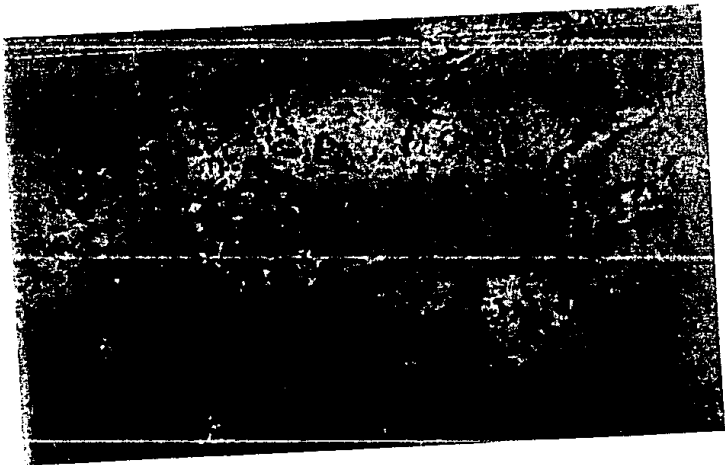
Fotomicrografia # 3  
Muestra: LPT 08  
Nival 195  
Luz Normal  
Objetivo 32X



OBSERVACIONES:

Inclusión en cuarzo.

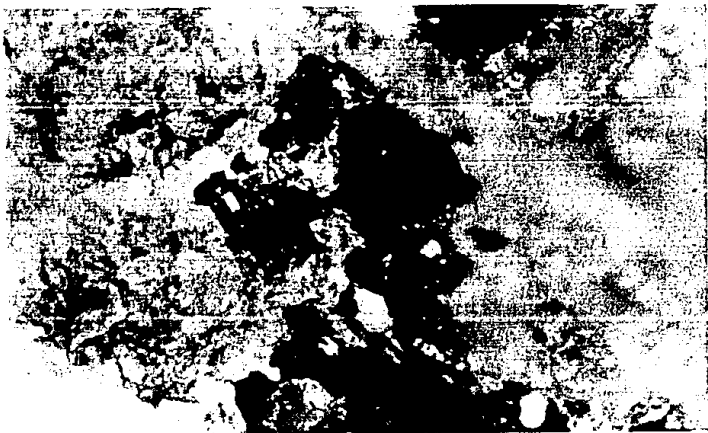
Fotomicrografia # 4  
Muestra: LPT Xo2  
Nivel 140  
Luz Polarizada  
Nicoles Cruzados  
Objetivo 32X



OBSERVACIONES:

Inclusiones en calcita. Se observan los huecos dejados por las inclusiones. Color rosa y verde por birrefringencia de la calcita.

Fotomicrografia # 5  
Muestra: LPT Xo6  
Nivel 140  
Luz Polarizada  
Objetivo 32X



OBSERVACIONES:

Se observa claro el relleno de cavidades. En color naranja-  
amarillento la esfalerita; obscuro la galena blanco-verdoso  
la calcita, destello blanco intenso arsenopirita.

Fotomicrografia # 6  
Muestra: LPT 07  
Nivel 110  
Luz Polarizada  
Objetivo 32X



OBSERVACIONES:

Esfalerita envuelta por cuarzo. Reflexiones internas de la es-  
falerita muy claras. Abajo izquierda galena.

Fotomicrografia # 7  
Muestra: LPT 02  
Nivel 1895  
Luz Polarizada  
Objetivo 32X



OBSERVACIONES:

Esfalerita y galena envueltas en cuarzo; color rojizo pertenece a las platas rojas.

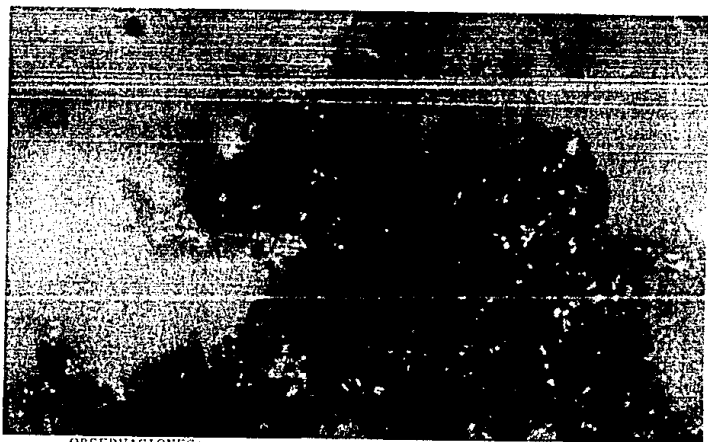
Fotomicrografia # 10  
Muestra : LPT 08  
Nivel 195  
Sin nicoles cruzados  
Luz Polarizada  
Objetivo 10X



OBSERVACIONES:

Se observa la textura brechoide ( sin líticos en la foto) y el relleno de cavidades por cuarzo. Color crema galena; café-esfalerita, azul-covelita y blanco-cuarzo.

Fotomicrografía # 9  
Muestra: LPT No2  
Nivel 140  
Luz Polarizada  
Objetivo 32X

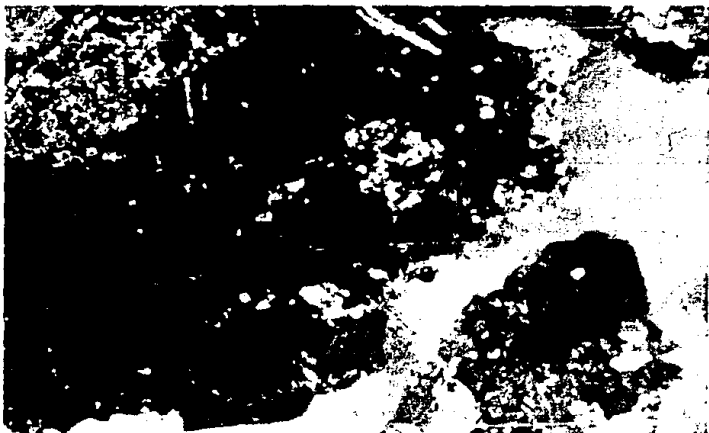


**OBSERVACIONES:**

Se observan claramente los bordes de avance de galena sobre  
esfalerita, así como los contactos y bordes engolfados. En  
amarillo pirita y los destellos blancos de arsenopirita:  
(abajo al centro).



Fotomicrografía # 8  
Muestra: LPT 04  
Nivel 110  
Luz Polarizada  
Objetivo 32X



OBSERVACIONES:

Se observa claramente los bordes de avance de galena sobre es-  
falerita. En amarillo pirita, blanco cuarzo.