



24/1/6

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“Características Geológicas del Yacimiento Poli-
metálico en el Área de Azulaquez, Mpio.
Ixcapuzalco, Gro.”**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO GEOLOGO

Presenta:

JESUS CARRANZA MEDINA



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.

**"Características Geológicas del Yacimiento Polimetálico
En el Area de Azulaquez, Mpo. Ixcapuzalco, Gro."**

- I INTRODUCCION**
- II GENERALIDADES**
- III MARCO GEOLOGICO REGIONAL**
- IV MARCO GEOLOGICO LOCAL**
- V YACIMIENTOS MINERALES**
- VI CONCLUSIONES**

BIBLIOGRAFIA

APENDICE

**Jesús Carranza Medina.
Facultad de Ingenierfa.**

I INTRODUCCION

- 1 Antecedentes.
- 2 Historia Minera.
- 3 Estudios Previos.
- 4 Infraestructura.
- 5 Objetivos
- 6 Método de trabajo.

II GENERALIDADES

- 1 Localización y extensión del área.
- 2 Vías de comunicación.
- 3 Clima y vegetación.
- 4 Fisiografía.
- 5 Orografía.
- 6 Hidrografía.

III MARCO GEOLOGICO REGIONAL

- 1 Esquisto Taxco.
- 2 Rocaverde Taxco Viejo.
- 3 Formación Acuitlapán.
- 4 Formación Amatepec-Formación Morelos.
- 5 Formación Mexcala.
- 6 Formación Balsas.
- 7 Riolita Tilzapotla.
- 8 Tectónica.

IV MARCO GEOLOGICO LOCAL.

- 1 Rocas Igneas Volcánicas Metamorfizadas.
- 2 Rocas Igneas Volcaniclasticas Metamorfizadas.
- 3 Rocas Sedimentarias Metamorfizadas.
- 4 Rocas Sedimentarias.
- 5 Geología Estructural.

V YACIMIENTOS MINERALES

- 1 Introducción
- 2 Forma del Yacimiento y Roca Encajonante.
- 3 Mineralogía y Paragénesis.
- 4 Zoneamiento.
- 5 Alteraciones.
- 6 Modelo Genético.
- 7 Obras Mineras.

VI CONCLUSIONES.

B I B L I O G R A F I A .

A P E N D I C E .

I INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes.

En 1979 el Consejo de Recursos Minerales (C.R.M.) - inició trabajos de exploración regional en el area de Tlanilpa-Azulaquez comprendida dentro del proyecto Eje Neovolcánico, cuyo fin fué la valorización del potencial económico-minero - de los mantos de sulfuros masivos alojados en el paquete de - rocas metamórficas que afloran al sur del Eje Neovolcánico.

En 1985, la Gerencia de Estudios Especiales, pre -- sentó un programa para realizar estudios a semidetalle y de - terminar la distribución de los cuerpos de sulfuros masivos - en una localidad al sureste de Zacualpan, Edo. de México. El presente trabajo constituye parte de estos estudios.

1.2 Historia minera.

De acuerdo con la información proporcionada por los habitantes de la zona, los yacimientos de Azulaquez fueron explotados después de la Revolución, entre 1917 y 1920. Durante este lapso se realizaron las principales obras mineras conocidas: Capiri, Aurora, San Francisco, Guadalupe, Cruz Blanca y San Antonio.

La suspensión de la explotación se originó por el agotamiento de las menas conocidas, así como por el alto costo del flete entre Azulaquez y Zacualpan.

En 1975 la Compañía Minera Peñoles, efectuó un programa de exploración que consistió de estudios geológicos y de barrenación, abandonando el área poco después por considerar no económicos los cuerpos evaluados.

1.3 Estudios Previos.

Desde el punto de vista regional se cuenta con algunos trabajos geológicos. Entre 1803 y 1804 Humboldt realiza su famoso recorrido de Acapulco a Veracruz, pasando por Taxco, es él quien realiza las primeras observaciones científicas (Humboldt 1808). Sin embargo, no es sino hasta 1960 en que Fries da una primera interpretación sobre la evolución geológica de la zona de Morelos y áreas adyacentes. Este autor opina que las rocas más antiguas son esquistos sericiticos y cloríticos, denominándoles Esquisto Taxco. Estas rocas están cubiertas discordantemente por una secuencia de tobas, brechas y menor cantidad de derrames lávicos de composición andesítica, a la que denominó Rocaverde Taxco Viejo. Las edades asignadas son Paleozoico Tardío y Triásico Tardío respectivamente (Fries 1960).

De Cserna (1975) le atribuye al Esquisto Taxco una edad Precámbrica Tardía, en base a un estudio en zircones autígenos (?). Campa y colaboradores en 1974 describen la secuencia vulcanosedimentaria metamorfozada de Ixtapan de la Sal, proponiendo una edad Titoniano-Neocomiano (?)-Aptiano,

por el hallazgo de fauna de esta época, y no es sino hasta 1979 en que propone un modelo sobre la evolución tectónica del área denominada Tierra Caliente.

Díaz-García (1980) en su estudio describe las unidades litológicas de la región de Zacualpan, propone una nueva unidad, la Formación Ayotusco, que es una formación que se encuentra entre el Esquisto Taxco y la Rocaverde Taxco -- Viejo.

En 1981 el Instituto de Geología de la U.N.A.M. publica la Hoja-Taxco (14 Q-h) escala 1-100 000 con un resumen de la Geología de la Hoja Taxco, estados de Guerrero, México y Morelos, estos estudios fueron realizados por de Cserna y Fries Jr., en 1965 y publicados posteriormente por de Cserna.

Dentro de las investigaciones que tratan más específicamente a la zona bajo estudio destaca la de Vecchio Carranza (1978) quien realizó estudios minerográficos en el área de Tlanilpa-Azuláquez.

La Gerencia de Estudios Especiales del C.R.M. cuenta con algunos trabajos de exploración realizados por Franco y colaboradores entre 1981 y 1985 en donde muestran en geología regional las zonas más atractivas económicamente, así como la ubicación de las obras mineras, resultado de análisis químicos obtenidos de las muestras y algunas secciones geológicas.

1.4 Infraestructura.

El poblado más cercano al área de estudio es Ixcapuzalco, Gro., y se localiza aproximadamente a 15 Km hacia -- el SW, el cual cuenta con servicios de agua potable, servi
cios médicos, electricidad y teléfono público.

A 28 Km al N-NE se encuentra el pueblo de Zacualpan, Méx., el que cuenta con agua potable, servicio médico, una subestación eléctrica para la toma de energía a nivel-- industrial, así como plantas de beneficio para maquilar mate
rial extraído por compañías particulares.

Sin embargo, la población mejor comunicada es la-- Ciudad de Iguala, Gro., que se encuentra aproximadamente a -- 100 Km al SE de la zona estudiada y cuenta con servicio de ferrocarril y pista aérea.

Dentro del área de estudio solo se cuenta con -- agua en abundancia en época de lluvias así como caminos de terracería y veredas.

1.5 Objetivos.

El desarrollo del presente estudio se fundamenta -- en la realización de los siguientes objetivos específicos:

a) Establecer las características geológicas básicas del comportamiento de la mineralización.

b) Determinar los patrones estructurales que gobiernan la mineralización.

c) Reconocer la presencia de alteraciones que puedan emplearse como guías mineralógicas.

d) Reconocer los minerales de mena y determinar la paragénesis.

e) Establecer una hipótesis de la génesis del yacimiento.

1.6 Método de trabajo.

Para la realización de los objetivos anteriores, el trabajo se dividió en dos etapas:

- Trabajo de Campo.
- Trabajo de Gabinete.

El trabajo de campo consistió en un levantamiento de la litología del área, así como los datos estructurales de la misma, ésto se realizó por caminamiento de los arroyos, veredas y en los escasos afloramientos dentro del área.

Así mismo se realizó una descripción de los barrenos realizados por la Compañía Peñoles BA2-1 y BA2-2, próximos a la mina Aurora. Cabe mencionar que dichos barrenos fueron proporcionados por una persona a quien la Compañía Peñoles se los regaló y por lo tanto no se tiene certeza de que los núcleos -

estén en su posición original dentro de las cajas. No obstante de estos barrenos se obtuvieron muestras para su análisis petrográfico.

Básicamente el trabajo de gabinete consistió en la agrupación y selección de las muestras de roca más representativas de la zona.

Se realizó la petrografía de 30 muestras y mineralografía de 25, análisis químicos por elementos mayores (Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Ni, Cr, Cd, S y Ba) en roca encajonante y en zona mineralizada.

Se elaboraron diagramas estereográficos con los datos de la foliación y un plano geológico a semidetalle del área.

Finalmente, se interpretó la información obtenida para integrar el presente trabajo.

II GENERALIDADES.

II.1 Localización y extensión del área.

El área de estudio se encuentra en la porción nor-occidental del Estado de Guerrero, Mpo. de Ixcapuzalco. Cerca de los límites con el Estado de México, entre las siguientes coordenadas geográficas:

Paralelos $18^{\circ} 33' 32''$ y $18^{\circ} 34' 40''$ Latitud Norte.

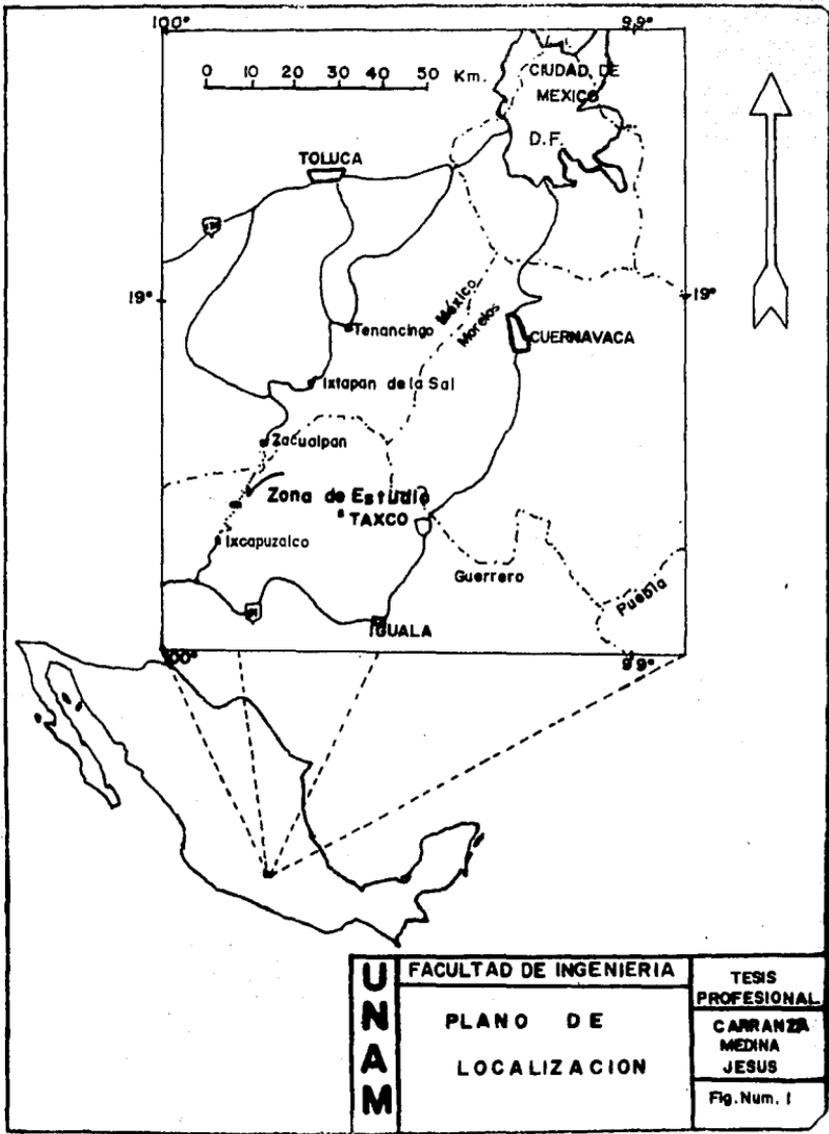
Meridianos $99^{\circ} 48' 17''$ y $99^{\circ} 50' 30''$ Longitud Oeste.

La zona de estudio abarca una extensión de 8 km². -
(Figura 1)

II.2 Vías de comunicación.

El área de estudio es accesible desde la Ciudad de México por la autopista México-Toluca, posteriormente por la carretera federal 55, la que comunica con el poblado de Zacualpan. De este poblado se continúa por un camino de tierra hacia la ciudad de Arcelia, Gro., desviándose 2 km. antes de llegar a la población de Mamatla; de aquí se toma un camino de tercer orden, que comunica con el poblado de Ixcapuzalco, aproximadamente 12 km antes de llegar a éste, se encuentra una desviación hacia el Este, la que comunica con el yacimiento.

El recorrido de Zacualpan al yacimiento se realiza



**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

**PLANO DE
LOCALIZACION**

**TESIS
PROFESIONAL**

**CARRANZA
MEDINA
JESUS**

Fig. Num. I

en aproximadamente 3 horas en camioneta.

Otro camino más recomendable es la vía Toluca-Taxco-Iguala-Teloloapan. A partir de Teloloapan rumbo a Arcelia hasta la rancharía del Pochote (12 km) se encuentra un camino de terracería, el cual pasa por el poblado de Ixcapuzalco; de esta población se parte a Puerto Oscuro (15 Km) y poco antes de llegar a la Capilla Cruz del Jarro, existe una desviación a la derecha con un desarrollo de 4 km, camino que comunica al área de estudio, este recorrido se efectúa en 7 hs. - aproximadamente.

II.3 Clima y Vegetación.

La zona de estudio tiene una elevación media de --- 1900 m. sobre el nivel del mar y de acuerdo a la clasificación de Koeppen, modificada por E. García (1964), el clima que prevalece en la región queda incluido en el grupo de $BC_{w_h}^w$, - el cual es templado, con época larga de secas y lluvias principalmente en verano, aunque el área presenta variaciones reducidas, siendo un poco más calido el clima.

Este tipo de clima es favorable para el desarrollo de coníferas, las que predominan en la región, aunque existen zonas en las que se observan encinares. El bosque de las coníferas está constituido por Pinus (ocote) y Juniperus (cedro) principalmente. La vegetación boscosa cambia en las cañadas grandes a un tipo de selva baja caducifolia, debido a la ma--

yor humedad.

II.4 Fisiografía.

El área de estudio se encuentra en la porción septentrional de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, en la subprovincia Cuenca del Balsas (Raisz, 1959).

Geomorfológicamente el área presenta características de madurez temprana, con desarrollo de lomeríos de bordes redondeados y subredondeados con pendientes suaves.

En las porciones donde el relieve ha sido controlado por la resistencia de la roca a los agentes del intemperismo y erosión, se encuentran algunas gargantas, desfiladeros y barrancos estrechos.

II.5 Orografía.

Regionalmente la orografía del área está representada por la Sierra de Zacualpan, la cual se extiende de NW a SE uniéndose en el NW con la Sierra de Sultepec y al SE con la Sierra de Taxco. Sus cimas más notables son los cerros Coronas, Tres Cruces, Espinazo del Diablo, Picacho y Canal. Perpendicular a la anterior, aparece la Sierra de la Goleta que constituye el límite entre los estados de México y Guerrero.

II.6 Hidrografía.

La hidrografía de la región tiene su origen en la -

Sierra de Zacualpan, cuya vertiente nororiental drena hacia el Rfo Malinaltenango que es uno de los afluentes del Rfo -- Amacuzac.

En la vertiente occidental nacen algunos de los -- ríos tributarios del Balsas. La red pluvial del área está -- constituida por arroyos intermitentes, los que aparecen por -- infiltración.

Asimismo en las partes topográficamente altas se -- presentan arroyos en forma de V, indicando una etapa de madu-- rez temprana.

El área estudiada está cruzada por dos arroyos; El Huispa y el Azulaquez, los que llevan agua en toda época del -- año, la orientación de estos es NE-SW y son sensiblemente --- paralelos, al parecer se encuentran controlados por acciden-- tes tectónicos.

III MARCO GEOLOGICO REGIONAL

III.1 Esquisto Taxco.

Las rocas más antiguas de la región afloran al oriente y sureste de la Ciudad de Taxco, Gro. Definido como Esquisto Taxco por Fries (1960) y de Cserna y colaboradores (1974); la litología está constituida por una secuencia de esquistos sericiticos y cloríticos de grano fino, con cuarzo, sanidino, biotita (?), zircón y apatito, así como metatobas, metaignimbritas y metalavas.

La foliación general es de NE con inclinaciones no mayores de 40°; se puede observar que esta unidad estuvo sujeta por lo menos a dos periodos de deformación, como lo atestigua la crenulación que presenta la foliación.

La edad de esta unidad litológica, está sujeta aún a discusión, puesto que Fries (1960) que fué quien la describió originalmente, le asigna una edad Paleozoica Tardía, en función del grado de metamorfismo que presenta. Sin embargo de Cserna y colaboradores (1974) apoyados en estudios geocronológicos en zircones autigénicos (?) le asignan una edad Precámbrica Tardía. La presencia de fauna dentro de la secuencia vulcanosedimentaria de Ixtapan de la Sal y su correlación estratigráfica con el Esquisto Taxco y la unidad que le sobreyace, Rocaverde Taxco Viejo, permite a Campa (1974) asignarle una edad Titoniano-Aptiano. Aunado a estos estudios Campa y --

Ramírez (1979) analizaron la roca de la cual de Cserna (op. cit.) obtuvo los zircones que databan al Esquisto Taxco, encontrando que no eran autigénicos, por lo que la edad de la unidad no es la que el autor propone.

De acuerdo a la descripción de los Terrenos Tectonoestratigráficos propuestos por Campa y Coney (1983), el basamento de la región está formado por una serie de rocas volcánicas submarinas y sedimentarias de un arco magmático marino del Triásico Tardío al Cretácico Medio.

III.2 Rocaverde Taxco Viejo.

El nombre de Rocaverde Taxco Viejo fue propuesto por Fries (1960), para las rocas que afloran el oriente del poblado de Taxco, Gro., constituidas por una secuencia de tobas, derrames de lava, brechas y lahares de composición andesítica a dacítica, interestratificados con sedimentos terrígenos como son lutitas, areniscas y conglomerados.

La secuencia está afectada por un metamorfismo de bajo grado y transformado a esquistos de clorita y sericita. Según Fries (op. cit.) la Rocaverde Taxco Viejo descansa discordantemente sobre el Esquisto Taxco y en algunos sitios tiene un conglomerado basal, formado por fragmentos de esquisto.

Estas interpretaciones no coinciden con las propuestas por González y Torres (1987-1988) puesto que éstos afirman que la asociación clorita-albita es producto más bien de

metamorfismo oceánico (espilitización) que de un metamorfismo regional. La presencia de horizontes sericíticos es local y se presenta sobre todo en planos de deslizamiento. Además, el contenido faunístico (perteneciente al Jurásico-Cretácico Inferior) está perfectamente preservado o, en ocasiones con ligeras deformaciones cinemáticas producidas por el movimiento a lo largo de capas más fásiles.

La edad de la formación según Fries (op. cit.) es Triásico Superior, debido a la semejanza con rocas de esta misma edad en el Edo. de Zacatecas. Sin embargo, Campa y colaboradores (1974) consideran que los afloramientos de Teloloapan-Arcelia-Ixtapan de la Sal, por sus relaciones litológicas y estratigráficas, constituyen una sola secuencia volcánica y sedimentaria, la que abarca como ya se dijo al Esquistos Taxco y a la Rocaverde Taxco Viejo con fauna que la sitúa en el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano.

Recientemente, González y Torres (1988) afirman -- que las formaciones Esquistos Taxco y Rocaverde Taxco Viejo no son una misma unidad como lo afirma Campa (op. cit.) ya que la primera tiene un metamorfismo epizonal de la facies de esquistos verdes, mientras que la última sólo presenta espilitización adquirida durante su formación. Las edades atribuidas por dichos autores corresponden al Permo-Triásico y Jurásico-Cretácico respectivamente.

De Cserna (1978) por otra parte hace una interpre-

tación de cambio de facies a partir del Aptiano al Cenomani-
no Tardío desde la región de Chilacachapa hasta Huetamo.

III.3 Formación Acuitlapán.

Sobreyaciendo en forma discordante a la Rocaverde -
Taxco Viejo, se encuentra la Formación Acuitlapán, que es una
secuencia de lutitas filíticas, areniscas, grauvacas, conglo-
merados y escasas calizas (Fries, 1960). Los fósiles recolecta-
dos por Campa y colaboradores (1974) consisten en Amonitas -
mal conservadas, indicativas del Jurásico Tardío-Cretácico --
Temprano.

III.4 Formación Amatepec-Formación Morelos.

La Formación Amatepec consiste de delgados estra--
tos de caliza, interestratificados con lutitas y calcareni---
tas de grano fino. La edad de esta formación es Albiana, pues
se considera como un cambio lateral transicional de la Forma-
ción Morelos que se encuentra al oriente del área.

III.5 Formación Mexcala.

La Formación Morelos, al SW del área queda cubierta
discordantemente por la Formación Mexcala (Turoniano), forma-
da por rocas clásticas marinas. Hacia la base aparecen cali--
zas delgadas a medianas en cuanto a sus estratos y en la ci--
ma lutitas y grauvacas (de Cserna, 1980).

En algunos sitios dentro del distrito minero de Tax-
co, esta formación se encuentra sobreyaciendo directamente -

al Esquisto Taxco (de Cserna, op. cit.).

III.6 Formación Balsas.

Aflorando al NE del área de estudio se encuentra la Formación Balsas (Eoceno) constituida por conglomerados, arco sa, tobas, limolitas y, en menor grado, derrames de andesita- y basaltos de olivino así como calizas de agua dulce (de Cserna, 1981).

III.7 Riolita Tilzapotla.

La Riolita Tilzapotla (Oligoceno-Mioceno), fuera del área de estudio, se manifiesta al oriente y noroccidente en - la Sierra de la Goleta. Se caracteriza por una secuencia de - derrames piroclásticos de composición dacítica a riodacítica- en su base y riolítica en la parte restante (de Cserna, op. - cit.).

III.8 Tectónica.

Las primeras observaciones estructurales para las - rocas metamórficas de la región fueron realizadas por Fries - (1960), en donde menciona que el rumbo preferencial de la fo- liación es NE-SW e inclinación suave hacia el NW, lo que le - permite inferir la presencia de pliegues fuertemente recosta- dos. Con estos datos de Cserna (1981) sugiere que si las ob- servaciones fueron correctas, se puede especular que la ten- dencia estructural se debe a una primera deformación, la cual

fue responsable de la foliación originándose desde el norpo--
niente hacia el suroriente, probablemente contra terrenos -
metamórficos más antiguos de las partes centro-meridionales y
centro orientales de México.

De Cserna (1981) cartografió el basamento, dividién--
dolo en dos unidades litoestratigráficas de las cuales la más
antigua posee por lo menos dos deformaciones penetrantes (Es-
quistos Taxco); encima de esta se encuentra en forma discordan--
te la Rocaverde Taxco Viejo en la cual solo se observa una so--
la foliación.

La segunda foliación en el Esquistos Taxco desplaza--
a la primera, dando origen a la ondulación de la primera fo--
liación, que sin duda resulta de una deformación compresiva -
(de Cserna, op. cit.).

De Cserna (op. Cit) concluye que las estructuras -
actuales en la Rocaverde Taxco Viejo y unidades sobreyacien--
tes, corresponden a pliegues amplios, que se formaron hacia -
finales del Cretácico Tardío. Estos pliegues siguen una di--
rección preferencial NNW-SSE, ni la estratificación ni la -
foliación, en donde se puede observar, muestran inclinaciones
mayores de 40°.

IV. MARCO GEOLOGICO LOCAL.

La secuencia litológica del área de Azulaquez, consiste en una intercalación de lavas, rocas volcánicas y rocas sedimentarias, las cuales han sufrido un metamorfismo de bajo grado correspondiente a la facies de esquistos verdes. Esta secuencia se encuentra coronada por areniscas, lutitas y calizas sin aparente metamorfismo.

Las rocas metavolcánicas están constituidas por: metandesitas con variaciones a metadacitas, metatobas y metahares. Por lo que respecta a las rocas sedimentarias metamorfizadas, se encuentran pizarras y metacalizas, así como sedimentos arcillosos y carbonosos.

Como ya se mencionó, el área de estudio se encuentra en una zona que sufrió metamorfismo regional, por lo que toda la secuencia litológica, en función de la competencia original de cada una de las unidades, presenta en mayor o menor grado foliación conspicua, siendo esta la característica principal en toda el área.

Debido a la fuerte deformación que existe en el área de estudio, fue imposible definir una columna estratigráfica. Sin embargo, se menciona la posición relativa de las distintas unidades litológicas, basándose en su posición estructural.

IV.1 Rocas Igneas Volcánicas Metamorfizadas.

Dentro de éste tipo de rocas se consideran a las metandesitas y metadacitas. Estas rocas se encuentra íntimamente relacionadas, además de ser el tipo predominante en el área de estudio.

Metandesita-Metadacita.

Estas rocas presentan un color verde claro, gris verdoso e incluso amarillo ocre a la intemperie, y un color verde olivo a oscuro a la fractura. Algunos horizontes se encuentran silicificados y cloritizados, esta última alteración le da un color característico a la roca, de ahí que se le denomine localmente como Roca Verde.

Petrográficamente se observan fenocristales de plagioclasa sódica, variando de andesina a oligoclasa, la mayoría de estos cristales se encuentran saururizados y sericitizados. Como minerales máficos aparecen augita y epidota, siendo la primera mucho más abundante que la segunda en una proporción de cuatro a uno aproximadamente, es común encontrar pseudomorfos a partir de cristales de augita. En lo que respecta a la matriz está compuesta casi en su totalidad por clorita y sericita criptocristalina.

Asimismo existen numerosas vetillas de cuarzo y calcita que se encuentran relleno de fracturas.

Esta unidad se ubica en la base de la secuencia y es

tá sobreyacida por una unidad de Lahares (Fotografía 1); también se encuentra en posible contacto tectónico (?) con las demás unidades litológicas, ya que la fuerte foliación que existe en el área impide determinar con exactitud sus relaciones estructurales originales.

IV.2 Rocas Igneas Volcanoclasticas Metamorfizadas.

Metalahares.

Presentan una estructura brechoide a conglomerática, e interperizan en forma diferencial en función de los clastos, adquiriendo un color amarillo ocre en la matriz y café claro en los clastos; se presentan variaciones en donde adquiere una tonalidad gris verdoso a gris oscuro en la matriz, mientras que los clastos pueden variar a un color crema (Fotografías 2 y 3).

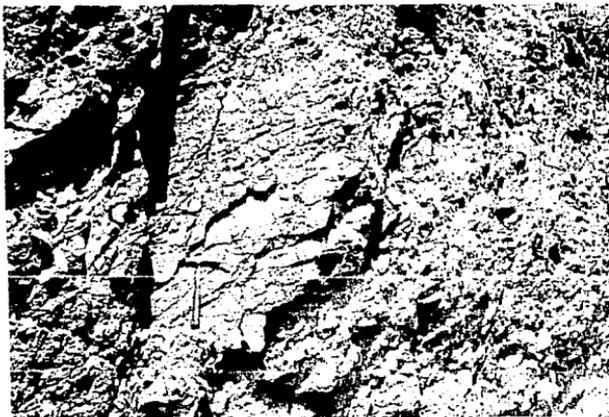
El tamaño de los clastos varía desde cuatro a cinco centímetros hasta más de un metro. Como ya se mencionó, en función de la angulosidad de los clastos se clasificó como aglomerado o lahar.

Al microscopio se puede observar fragmentos de rocas andesíticas, con relictos de plagioclasa sódica (andesina), dentro de la una matriz criptocristalina de cuarzo y feldespato. La composición de los clastos es homogénea por lo que constituye un aglomerado o una brecha oligomictica.

Esta unidad se encuentra sobreyaciendo a la Roca Ver



Fotografía 1. Contacto entre dos litologías, en la parte inferior la Metasediment y Metagabbro, en la parte superior el Metagabbro.



Fotografía 2. Afloramiento del metagabbro, se observan los clastos con una orientación preferencial.

de (metandesita) en forma de lentes de dimensiones variables (20 a 40 m aproximadamente).

Areniscas Volcánicas y Tobas.

Tienen un color café claro, amarillo ocre, gris verdoso y gris oscuro a la intemperie, mientras que la fractura tiene un color gris verdoso.

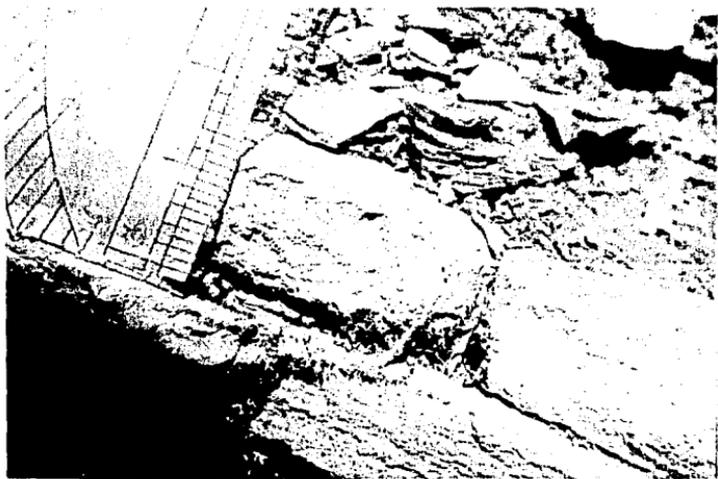
Esta secuencia empieza con brechas tobáceas (Fotografía 4 y Microfotografía 5), cambiando verticalmente a tobas con estratificación gradada, llegándose a intercalar con sedimentos arcillosos.

Las areniscas volcánicas, están mal clasificadas. -
 Contienen fragmentos angulosos y algunos subredondeados de rocas volcánicas andesíticas, calizas y pizarras así como cuarzo y plagioclasas detríticas, empotrados en una matriz (mayor de 25%) arcillosa. Su origen puede deberse a deslizamientos de roca poco consolidada y corrientes de turbidez, por la gran cantidad de fragmentos líticos que la componen, lo que indica una área tectónicamente activa, con ambientes sedimentarios inestables. La clasificación pobre y la mezcla de arenas y arcillas se debe a un depósito rápido con poco transporte (Fotografía 6 y Fotomicrografía 7).

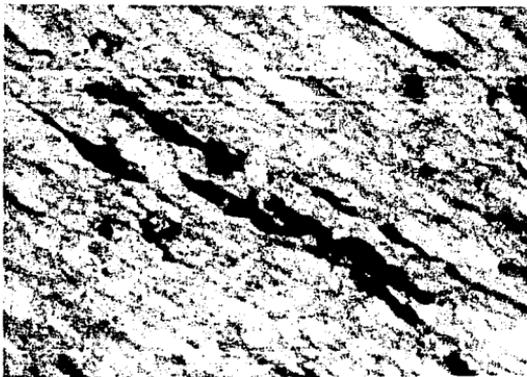
En este horizonte existen estructuras primarias - como rizaduras (Fotografía 8) además de encontrarse con intercalaciones de esquistos de clorita, los que se interpretaron-



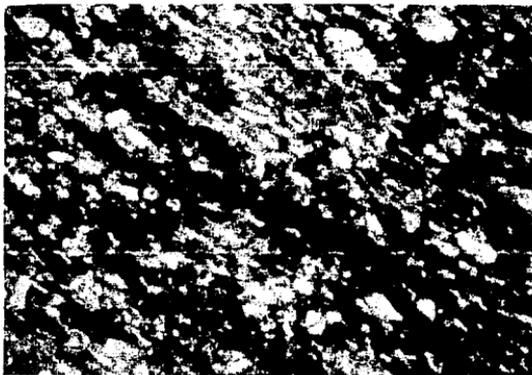
Fotografía 3. Detalle del lehar, véase la orientación de las arenas.



Fotografía 4. Tobas arenosas que sobreyacen al lehar, es de observarse la estratificación.



(a)



(b)

Fotomicrografía 5. Totas arenosas milonitizadas mostrando la orientación de los fragmentos de cuarzo y plagioclasa en una matriz de sericita y clorita. (a) luz paralela (b) Nicoles cruzados (5X).

Fotografía 6. Arveiras con
glomeraticas volcánicas
tra del terreno 111.1 -
174 m de profundidad.



(a)

Fotomicrografía 7. Arveiras
conglomeraticas volcánicas
mostrando un fragmento de
roca volcánica, cuarzo, plú-
goclasas sericitizadas y
calcita en una matriz tabe-
dosa. (a) Luz Paralela.

(b) Nicolas Cruzado.

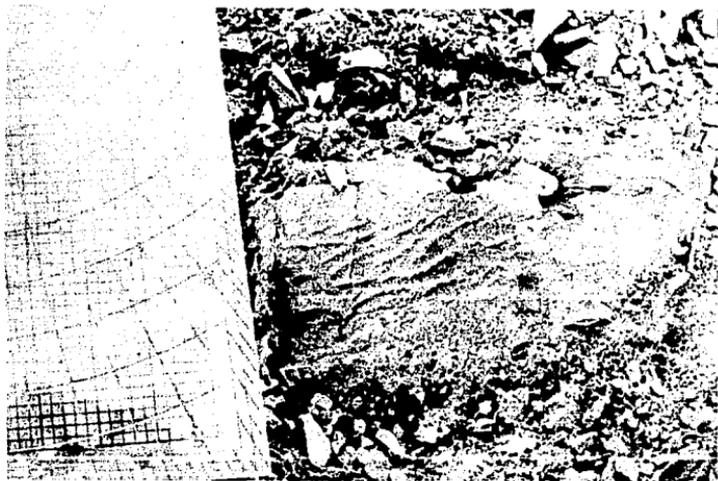
(5X)



(b)



(a)



(b)

Fotografía 3. Estructuras primarias en la unidad de areniscas. (a) Afloramiento.

(b) Detalle.

como productos de la deformación de los sedimentos volcánicos menos competentes (Fotomicrografía 9).

Esta secuencia se encuentra sobreyaciendo discordantemente a los metalahares y a la Roca Verde (metandesita), subyaciendo a las pizarras y calizas metamorizadas.

IV.3 Rocas Sedimentarias Metamorizadas.

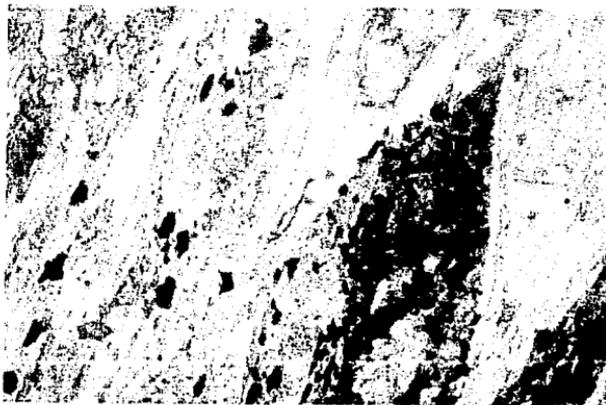
Pizarras.

Son rocas de color gris oscuro a negro al intemperismo mientras que el color de la roca fresca es negro a gris claro presenta fuerte foliación y en algunas partes es muy desleznable. En algunos niveles de las pizarras existen variaciones de composición, con enriquecimiento calcáreo; sin embargo, predomina la materia bituminosa, la cual le da el color negro característico (Fotografía 10 y 11).

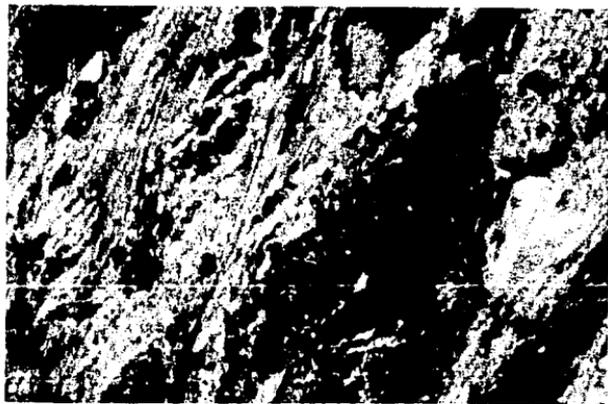
Se observa en esta unidad la fuerte deformación que han sufrido las rocas, pues se aprecian pliegues apretados en dimensiones reducidas. Este horizonte es de suma importancia pues corresponde a la roca encajonante de los sulfuros.

Metacalizas.

Son rocas de color gris claro al fresco y gris a gris oscuro a la fractura; se presentan como lentes interestratificados y concordantes con las pizarras y las filitas, al microscopio se observan algunos fenocristales de calcita



(a)



(b)

Fotomicrografía 9. Esquisto de clorita y talco. Sección
a partir de tabletas apertadas. Fuente: zona
de la bocanera de la mina Guadalupe.

(a) Luz paralela. (b) Nicols cruzados.

(5X)



Fotomicrografía 10. Detalle de la superficie del cartón.
Se observa la estructura fibrosa del material.
200x (50 micras de lado).



Fotomicrografía 11. Matriz carbonácea, se observa calcita
mica y arcillos. Luz Paralela (5x)

deformados empotrados en una matriz criptocristalina de calcita.

Filitas.

El color de estas rocas a la intemperie es gris verdoso, café claro a crema, presentando una fuerte cloritización y sericitización. Al microscopio se puede observar clorita y sericita además de pequeñas bandas de sílice (cuarzo) con cordantes con la foliación, además de algunos pseudomorfos de feldespato y grafito como mineral accesorio.

Esta unidad se encuentra coronando a la secuencia metamórfica, dentro de ella se presentan lentes de metacaliza. La posición estructural que ocupa, así como la fuerte deformación que se presenta toda la unidad, podría indicar que se trata de un paquete alóctono, sin embargo no hay bases suficientes para afirmarlo. (Fotografía 12).

IV.4 Rocas Sedimentarias.

Sobreyaciendo a la secuencia metamórfica, se presenta una alternancia de lititas filíticas y areniscas de grano medio a fino.

En este horizonte se encontraron dos fósiles, de los cuales se intentaron determinar sus características en el Instituto de Geología de la UNAM. Sin embargo solo se pudo determinar que se trata de fragmentos mal conservados de bivalvos y plantas, razón por la cual se puede inferir un ambiente

marino somero, cercano a la costa. Es necesario hacer énfasis en que la aseveración anterior es meramente especulativa, - puesto que los fósiles no son indicativos por estar en muy ma las condiciones (Dra. Blanca E. Buitrón. Comunicación personal).

De esta unidad no se conoce con precisión sus relaciones estratigráficas, observándose solamente en su parte inferior un contacto discordante con las rocas que le subyacen - que son la metandesita y el metalahar, el contacto no se observó dentro del área.

La edad de ésta unidad tentativamente pudiera ser - Cretácico Inferior, debido a que no presenta metamorfismo y a que las características litológicas son semejantes a las de la Formación Acuitlapán, pero falta más información para precisar si estos afloramientos pertenecen o no a dicha formación.

Calizas.

Esta unidad muestra al intemperismo un color gris -- claro y a la fractura un color gris oscuro, en ocasiones despi de un olor fétido al golpearla (debido a la presencia de materia orgánica). Se presenta estructuralmente en forma de estratos gruesos (de uno a tres metros) con estilolitos; en algunas capas encontramos pedernal en forma de pequeños lentes - irregulares y nódulos. Cabe hacer notar que en algunos horizontes se presentan fósiles del tipo pelecípodos y gasterópodos.

Esta unidad sobreyace a las filitas, así como a la Roca Verde en forma discordante; el contacto superior no se -- observó en el área. Debe notarse que las características litológicas y faunísticas de esta unidad corresponden con las que de Cserna (1981) propone para la Formación Morelos, por lo -- que la edad de ésta unidad podría ser Cretácico Inferior -- (Albiano Cenomaniano). (Fotografía 13).

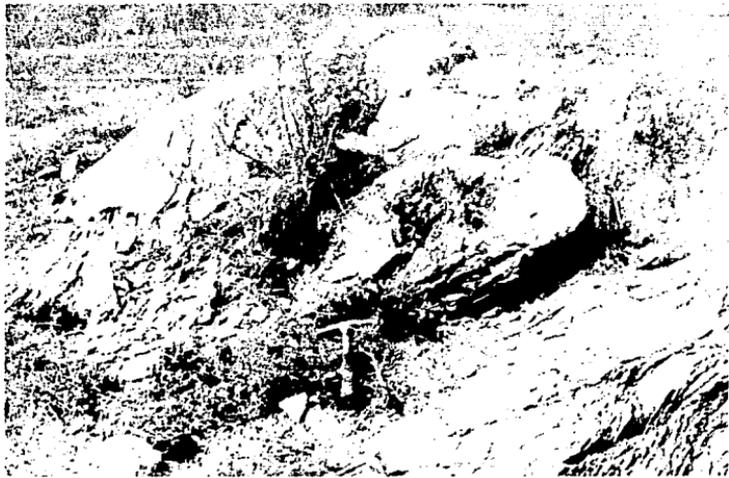
IV.5 Geología Estructural.

En la zona de estudio se observa que la deformación es el efecto más importante que produjo el metamorfismo regional sobre las unidades menos competentes, como son; las pizarras, esquistos y filitas.

De esta manera los contactos observados entre las -- unidades metamórficas pudieran no ser los originales, pues se reconocen pequeños pliegues y fallas de compresión las que provocan sobrecorrimientos dentro de una misma unidad litológica; los desplazamientos no pudieron ser cuantificados porque no -- existen buenos afloramientos y por falta de algún horizonte -- guía.

El rasgo distintivo de toda la secuencia, es la foliación mineralógica, la cual se presenta con un rumbo preferencial NE 30°SW, con busamiento entre 25° y 40° al NW (Figura 2).

En el diagrama de los polos de foliación tomados en-



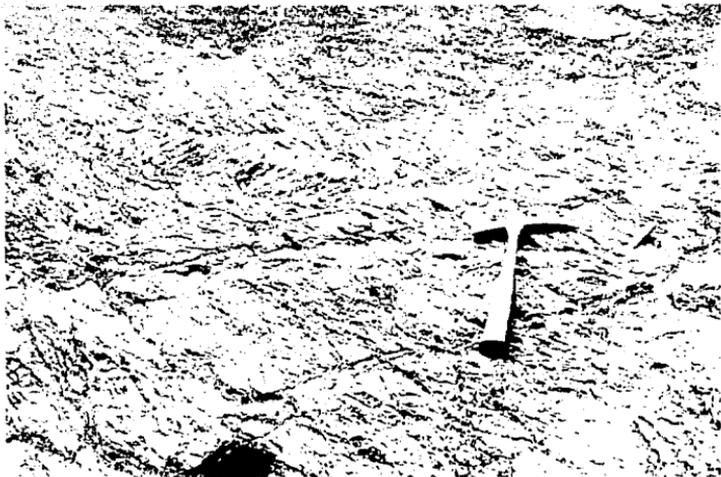
Fotografía 12. Se observa un lente de caliza, encajonado en arcillita de arcillita, en la zona de la Fuente Salicrudo de la Sierra.



Fotografía 13. Detalle de la caliza fosilífera que corona la secuencia sedimentaria.

el interior de la Mina Aurora (Figura 3) se puede observar - una segunda foliación, con plano axial orientado NW 28° SE - e inclinación al NE de 76°, esta deformación produce un plegamiento isoclinal y fallas inversas de poca amplitud, además de crenulación en las filitas y esquistos (Fotografías 14 y 15)- la orientación de los planos axiales indican una dirección - de los esfuerzos NE 63° SW.

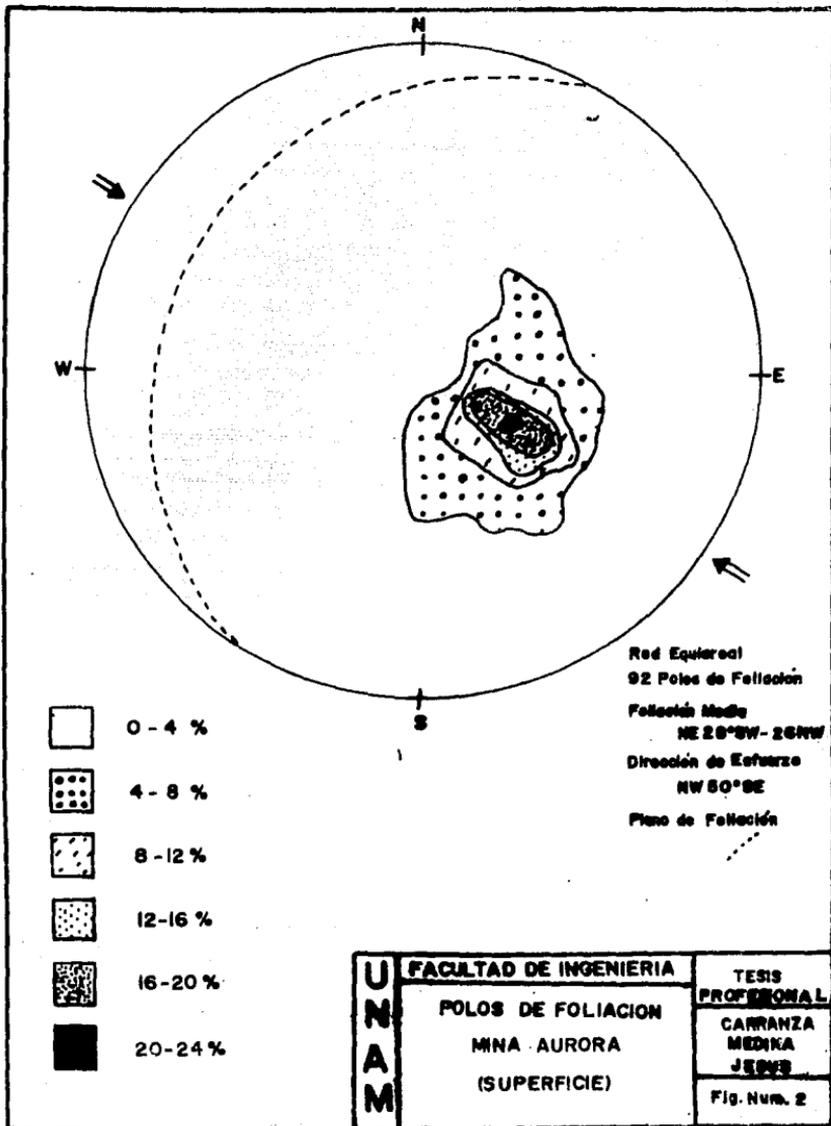
Finalmente podemos observar la dirección de los esfuerzos que actuaron en el área de estudio (Figura 4). Como última deformación en la zona de estudio, se tiene la presencia de fallas normales y subverticales, con una tendencia general W-NW. Este sistema de fallas afecta a toda la secuencia litológica y pone en contacto a diferentes tipos de rocas, formando una serie de bloques a manera de Horst y Grabens.

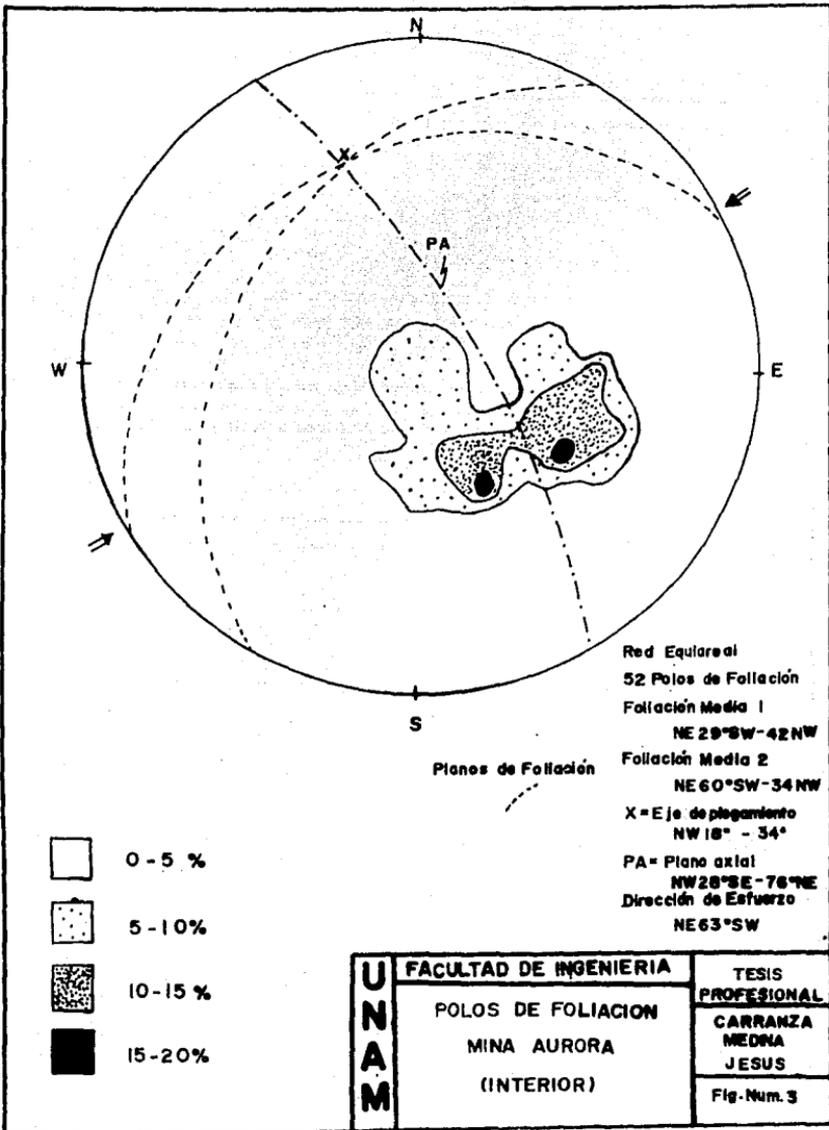


Fotografía 14. Detalle de la foliación en el arenista de la zona de estudio.



Fotografía 15. Detalle de los esquistos, donde se aprecia la foliación ondulada (cleavage creulation) producida por otro evento de deformación.

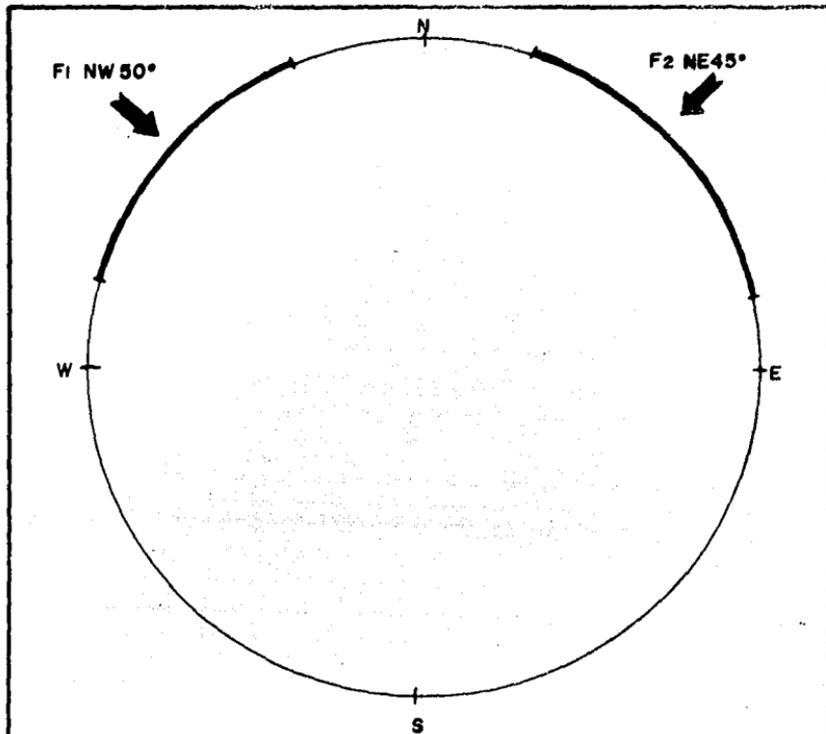




-  0 - 5 %
-  5 - 10 %
-  10 - 15 %
-  15 - 20 %

Red Equiareal
 52 Polos de Foliación
 Foliación Media 1
 NE 29°SW-42NW
 Foliación Media 2
 NE 60°SW-34NW
 X = Eje de plegamiento
 NW 18° - 34°
 PA = Plano axial
 NW 28°SE-76°NE
 Dirección de Esfuerzo
 NE 63°SW

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS
	POLOS DE FOLIACION MINA AURORA (INTERIOR)	PROFESIONAL
		CARRANZA MEDINA JESUS
		Fig. Num. 3



F1 1a FASE DE COMPRESION

F2 2a FASE DE COMPRESION

↙ INCERTIDUMBRE

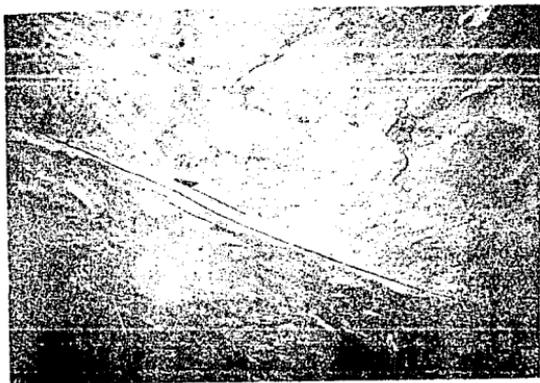
U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS
	DIRECCION DE FASES COMPRESIVAS	PROFESIONAL
	AZULQUEZ, GRO.	CARRANZA MEDINA JESUS
		Fig. Num. 4



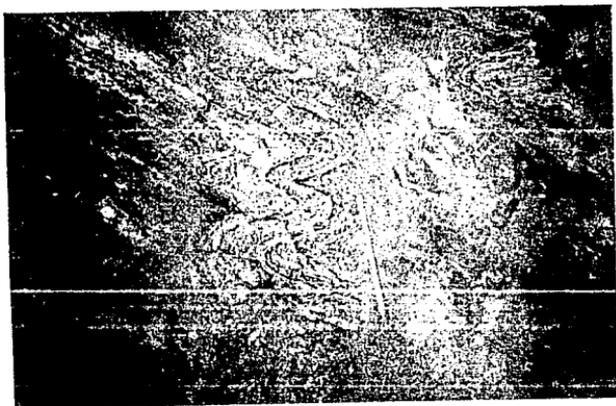
Fotografía 16. Esperina de la mina Aurora W. Se observa un tanto de sulfuros, los que están encasajados en esquistos y pizarras, siguiendo al rumbo de la foliación (LAB N°)



Fotografía 17. Detalle de un tanto de sulfuros, que presenta valores de 345 gr/ton de Cu y 18 - gr/ton de Au. (mina Aurora W)



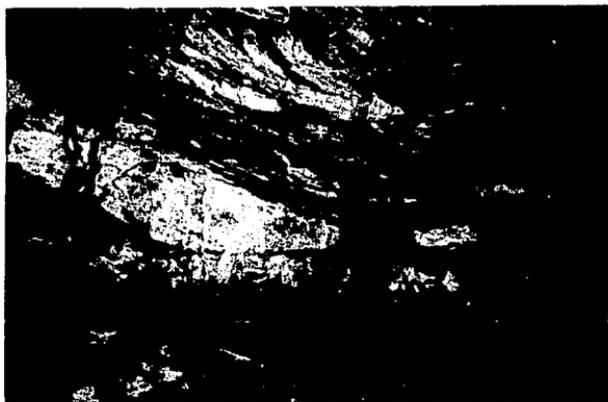
Fotografía 18. Falla inversa NE-SW en el interior de la mina Aurora E. Sobre el esquistos de Clorita y cuarzo sobreyaciendo tectónicamente a pizarras carboníferas.



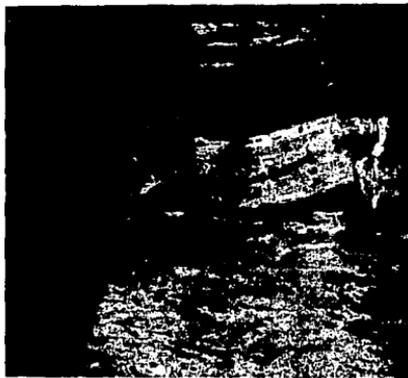
Fotografía 19. Plegamiento isoclinal y apretado de los sulfuros. Mina Aurora E.



Fotografía 20. Boudinage producto de la fase compresiva
en calizas (Mina Aurora E)



Fotografía 21. Boudinage producto de la fase compresiva
en sulfuros (Mina Aurora E)



Fotografía 22. Lente de sulfuros masivos (30 cm de espesor)
con pequeñas fallas. Al bajo una zona de co-
rrimiento milonitizada. Fizarras carbonosas
al alto (Mina Aurora E).



Fotografía 23. Lente de sulfuros masivos que se pierde por
una falla normal (Mina Guadalupe)

V. YACIMIENTOS MINERALES.

V.1 Introducción

En la actualidad se sabe de algunos yacimientos de sulfuros masivos con minerales de plata, plomo y zinc, encajonados en rocas metamórficas como son: Tizapa, Edo. de México, Teloloapan, Gro., Campo Morado, Gro. etc.

El yacimiento del cual se ocupa el presente estudio es un ejemplo de mineralización en rocas metamórficas, en el prospecto de Azulaquez existen depósitos de sulfuros concordantes con la estratificación de las rocas sedimentarias que los alojan.

Para Sangster and Scott (1976) los depósitos estratiformes son concordantes a la estratificación de las rocas sedimentarias que los encajonan, la mineralización está constituida casi exclusivamente por sulfuros, formados por procesos volcánicos y actividad hidrotermal submarina por lo que se les denomina sulfuros masivos de tipo vulcanogénico o sulfuros masivos de tipo vulcanogénico exhalativo, comúnmente denominados sulfuros masivos vulcanogénicos (SMV).

V.2 Forma del Yacimiento y Roca Encajonante.

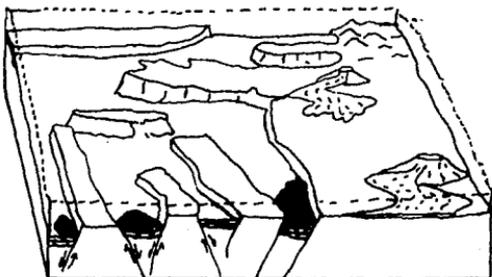
Las estructuras mineralizadas conocidas dentro del área estudiada se presentan en forma lenticular, con espesores variables de uno hasta cuarenta centímetros y extensiones-

laterales cortas (desde .5 m hasta 4 o 5 m máximo).

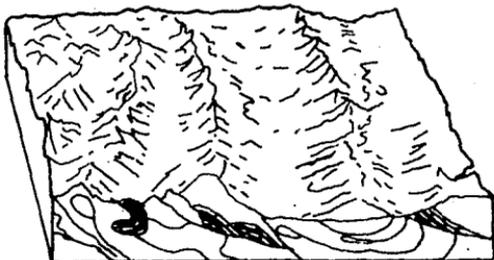
Los cuerpos de sulfuros masivos se presentan concordantes a los planos de foliación de pizarras grafiticas, alterando con lentes de calizas recristalizadas, por lo menos en dos horizontes estratigráficos distintos, mismos que pertenecen a un paquete vulcanosedimentario, que sufrió metamorfismo correspondiente a la facies de esquistos verde.

Los horizontes de pizarras carbonosas, al parecer indican cambios de vulcanismo a sedimentación, debido a pausas en la actividad volcánica. De las características de la secuencia es posible inferir que fueron depositadas en un dominio de cuenca poco profunda, con ambientes localmente reductores (Figura 5). Es indudable que el medio en que se depositaron estos yacimientos corresponden con un vulcanismo de piso oceánico en cuyas fases postumas se desarrollaron centros exhalativos, debido a la presencia de rocas volcánicas y rocas sedimentarias como son las pizarras y los lentes de calizas; así como por las areniscas asociadas a toda la secuencia litológica.

La relación que existe entre los cuerpos mineralizados con las rocas sedimentarias (pizarras y lentes de calizas) interestratificados con derrames de rocas volcánicas intermedias a ácidas, podría ser utilizado como guía para mayores exploraciones de cuerpos mineralizados.



I



II


Sifuros encajonados
 en rocas sedimentarias

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA
ESQUEMA GEOLOGICO PARA
LA FORMACION DE UNA
SECUENCIA
VOLCANICO SEDIMENTARIA
EN AZULAQUEZ

TESIS
PROFESIONAL
CARRANZA
MEDINA
JESUS

Fig. Num. 5

V.3 Mineralogía y Paragénesis.

Los cuerpos mineralizados consisten en orden decreciente de abundancia de esfalerita, galena, pirita, miargirita, calcopirita y freibergita (?), minerales que representan a la mena. Como minerales secundarios se presentan bornita, covellita, malaquita y azurita. La ganga está compuesta principalmente por cuarzo, calcita y barita (Fotomicrografía 25), con cantidades subordinadas de yeso y óxidos.

La esfalerita y galena son los minerales más abundantes y se encuentran en general casi en la misma proporción, conformando un total de sulfuros aproximadamente de 50 a 60%. Cabe hacer notar que en este tipo de yacimientos la pirita tiene una importancia relevante, puesto que junto con la calcopirita conforman la mena amarilla e indican un zoneamiento del yacimiento; sin embargo, en el área de estudio se tienen bajas cantidades de pirita.

Las texturas microscópicas principales son las de reemplazamiento y algunas coloformes (crecimientos concéntricos de esfalerita-galena y agregados granulares de pirita); dentro de un bandeamiento microscópico de capas de pirita alternando con capas de esfalerita. Se observa que la galena ocasionalmente rellena fracturas que cortan el bandeamiento.

Al observarse algunas formas retrabajadas de fragmentos de pirita, se piensa que hubo transporte mecánico en algunas partes de la mena. Cabe resaltar que los planos de bandeamiento



Fotomicrograffo 51. Calcoesquisto montando el desarrollo,
de foliación por tela. (5x)



Fotomicrograffo 52. Microplegamiento de barita, sin Caviri
Nicolas cruzados (5x).

73

miento son paralelos a los planos de estratificación de las pizarras.

En las minas Capirí y Guadalupe el tamaño de los granos de sulfuros es menor (100-160 μ m) en relación a las Minas San Francisco y Aurora W, lo que puede indicar posición estratigráfica, ya que hay tendencia a disminuir en tamaño hacia las partes estratigráficas superiores.

Se reconocen evidencias de recristalización y brechamiento en algunas de las muestras las cuales se relacionaron con los eventos de deformación compresiva. Esta deformación removilizó en algunas partes a los sulfuros, haciendo que se acomodaran en los planos de foliación (Solís Pichardo, comunicación personal), por lo cual la exploración podría estar dirigida de acuerdo a esa dirección. El boudinage de los sulfuros se interpreta como producto de esfuerzos de cizalla y no a procesos sedimentarios (Sangster and Scott, 1976).

Minerales de Mena.

Esfalerita (ZnS)

Es el mineral más abundante (50-70%). Presenta contornos irregulares y en partes con texturas coliformes, se asocia a la galena y a la miargirita que se encuentra en su periferia. El bandeamiento en que se presenta la esfalerita, se ve cortado por un fracturamiento casi perpendicular rellenado por galena, calcopirita y cuarzo. El tamaño de los granos va--

ría de 100 a 400 μ m.

Galena (PbS)

Junto con la pirita es el mineral más abundante (10-25%) se presenta en cristales subedrales a anedrales. La textura es coloforme intercreciendo concéntricamente con la esfalerita, en ocasiones reemplaza a la pirita y a la esfalerita. Comúnmente se presenta rellenando fracturas junto con la calcopirita, miargirita y cuarzo que cortan a la esfalerita. Los contactos con la miargirita son rectos. El tamaño varía de 80 a 400 μ m. (Fotomicrografía 27).

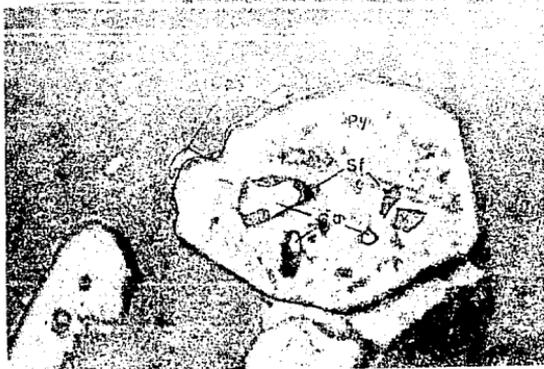
Miargirita (AgSbS₂)

Se asocia a la galena, disponiéndose entre los bordes de ésta y la esfalerita. Se observa incluida dentro de la esfalerita a manera de islas. Su tamaño varía entre 10 y 100 μ m. existiendo en proporción entre 15 y 10%. Reemplaza a la pirita y se aloja en vetillas que cortan a la esfalerita.

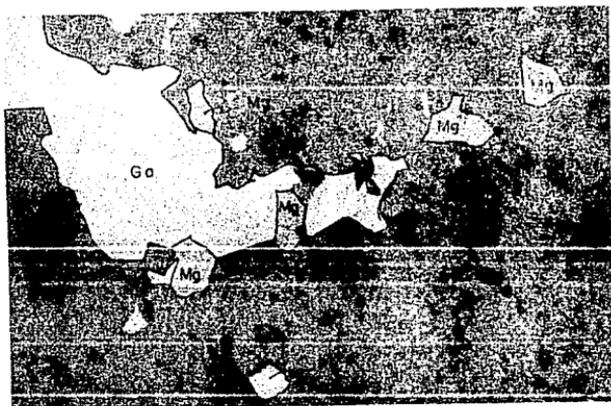
Calcopirita (CuFeS₂)

Es escasa en el área y no se presenta en todas las muestras, se encuentra rodeando a la pirita a manera de reemplazamiento y en pequeñas vetillas, que junto con la galena cortan a la esfalerita. Presenta formas anhedrales y tamaños que varían de 10 a 40 μ m.

Freibergita (?) 5(Cu,Ag)₂S : 2(Cu,Fe)S . 23H₂S₃)



Fotomicrografia 16. (Hidralta) remolida por esfalerita y pirita (Py) al centro y calcopiritita (Sf) en las bordes (ver espiral, luz paralela (100))



Fotomicrografia 17. Margarita (Mg) en el contacto entre galena (Ga) y esfalerita (Sf) y como in-
clusa dentro de la esfalerita, Sica Guadalupe, Luz Paralela (100)

Asociado a la galena se encuentra un mineral que no se pudo identificar microscópicamente, pues su tamaño es menor de 5 μ m. Este debe ser analizado con microsonda electrónica para su identificación. Posiblemente se trata de Freibergita.

Minerales de Ganga.

Pirita (FeS_2)

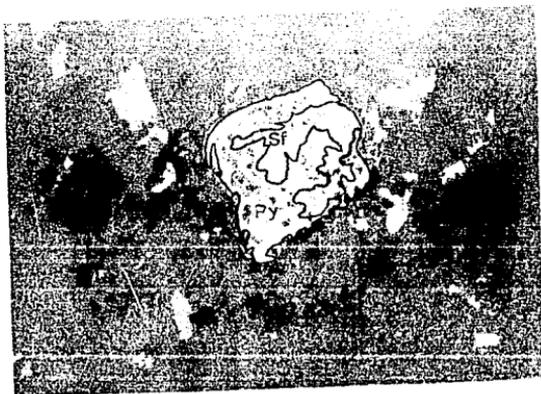
Su abundancia es aproximada a la de la galena. Se -- presenta en distintos tamaños, desde 10 μ m hasta 500 μ m en -- forma de cristales euedrales y anhedrales. Los cristales eue-- drales generalmente son de mayor tamaño y presentan superfi--- cias limpias, en contraste con los anhedrales que se ven co--- rroidos, brechados y reemplazados por esfalerita, galena, miar girita y calcopirita (Fotomicrograffa 28). Presenta texturas -- de pequeños cristales euedrales y anhedrales agregados (fram-- boidal). Junto con el cuarzo forma capas alternadas con capas-- de esfalerita y galena (Fotomicrograffa 29).

Barita (BaSO_4)

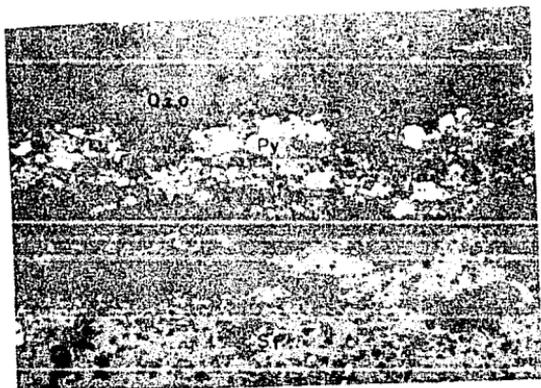
Es un mineral poco abundante y se observa solo en -- las minas Guadalupe y Capirí. Presenta una fuerte deformación-- de sus cristales prismáticos rectangulares y alargados (Foto-- micrograffas 25 y 30).

Cuarzo (SiO_2)

Es el más abundante y se encuentra formando parte --



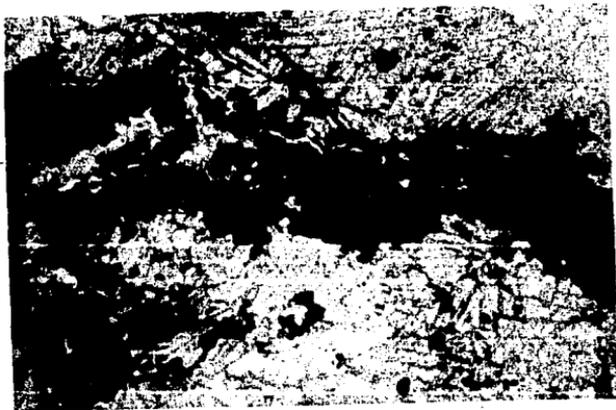
Fotomicrografía 19. Mineral, con vitela, controlado por es-
 falerita (Sf) y pirita (Py). Las partículas
 (10x)



Fotomicrografía 20. Bandeamiento de capas de cuarzo (Qz) y
 pirita (Py), con capas de Esfalerita (Sf)
 y calcopita (Co) (10x)



Fotomicrografía 29. Esfalerita en ganga de barita. Mina
Aurora. Luz paralela (10X)



Fotomicrografía 31. Vetillas de esfalerita en caliza -
recristalizada. Mina Guadalupe. Luz
paralela (5X).

del bandeamiento de la mena, además como vetillas oblicuas. - Su forma es anhedral totalmente y muestra la deformación sufrida por el metamorfismo.

Calcita (CaCO_3)

Se asocia al cuarzo y de igual manera forma bandas con la mineralización y como vetillas que la cortan. En partes se encuentra asociada con la mineralización de sulfuros - y en ocasiones la calcita es posterior. También se puede observar los efectos de la deformación en sus cristales.

Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Únicamente se encontró en la mina Aurora E, en forma de pequeños cristales alargados, como producto secundario y sin ser abundante.

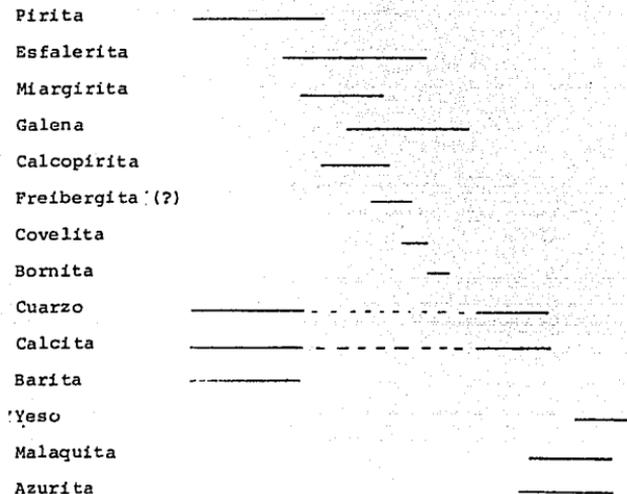
Covelita (?) (CuS) y Bornita (Cu_5FeS_4)

Ambos minerales son escasos y cuando se presentan están asociados a la calcopirita, en forma de pequeñas vetillas y rodeándola, sus tamaños son menores a 5 μm .

Malaquita ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) y Azurita ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$)

Estos carbonatos solo son abundantes en las minas - Guadalupe, San Antonio y Capirí.

De acuerdo a las texturas microscópicas observadas se propone la siguiente paragénesis general para el área.



Evolución en el tiempo.

Tabla 1. Sucesión Mineralógica para el área de Azu-
laquez.

V.4 Zoneamiento.

Se realizaron análisis químicos de las muestras -
de mena y roca encajonante. Con estos resultados y junto con-
los estudios de superficies pulidas se determinó un zoneamien
to horizontal y vertical. Partiendo de las texturas y de la -

variación de los elementos, se obtuvo como resultado lo siguiente:

Zoneamiento Vertical

Hacia la cima del paquete que contiene los sulfuros masivos (SMV) se presenta un incremento de Ag, Pb y Zn, mientras que otros elementos como Au, Cu, Fe, Ba y Cr disminuyen. Los elementos que no presentan un zoneamiento vertical claro son Mn, Ni y Cd.

Zoneamiento Horizontal.

Este zoneamiento se manifiesta por un aumento ligero de Zn, Pb y Ba hacia el Oeste, a la vez que disminuye el Ni, Fe, Cu, Au y Ag. Se tiene que el Cd, Mn y Cr. no presentan variaciones importantes.

Correlación de elementos.

Con los datos obtenidos de los análisis químicos y mediante un análisis estadístico se obtuvieron factores de correlación entre los distintos elementos, con el fin de observar la distribución y relación que guardan unos con otros.

Un ejemplo típico es la relación que guarda la plata con el oro en algunos yacimientos, que es 200 ppm de Ag por 1 ppm de Au, por lo que se puede decir que las variables están correlacionadas y se pueden agrupar de tal manera que guardan una correlación lineal, es decir es posible gra-

fícar la plata con respecto al oro, considerando que 200 ppm de plata corresponden con 1 ppm de oro, 400 ppm de plata con 2 ppm de oro, y así sucesivamente. En este caso se dice que la correlación es lineal, pero es importante hacer notar que existen correlaciones no lineales.

Para el caso de correlación de elementos como en el presente caso, se tiene que una correlación es buena si cumple con:

$$-0.7 < m < 0.7$$

Basados en los análisis químicos de las menas de -- las minas Aurora W, Aurora E, Capirí y San Francisco se elaboraron varias tablas de correlación entre elementos, para establecer el grado de relación entre ellos (Apéndice).

De ésta forma se encontró buena correlación entre los elementos como sigue:

A la base de la secuencia de las pizarras.

Cd-Zn	Pb-S	Ag-Mn
Zn-Cr	Pb-Zn	Zn-S
Pb-Cd	Cd-S	

A la cima de la secuencia.

Ag-Cd	Cu-Mn	Pb-Ni
Fe-Cd	Zn-Ni	

Al Oeste de la zona.

Ag-Cd	Pb-Zn	Zn-S
Cd-S		

Al Este de la zona.

Pb-Zn	Cd-Cr	Cu-Ni
-------	-------	-------

V.5 Alteraciones.

Las alteraciones asociadas a los yacimientos vulcanosedimentarios han sido estudiadas por muchos autores (Shirozu, 1974; Ijima, 1972; Lambert y Sato, 1974 en Franklin et al, 1981) por lo que se consideran confiables en la exploración de éste tipo de depósitos.

Dentro de los tipos proximales (cercaños a la fuente exhalativa) se encuentran alteraciones comunes como la silicificación en la parte central y seritización y cloritización en los alrededores del depósito. Químicamente el K y el Mg aumentan y el Na disminuye hacia los depósitos (Sato, 1977), mientras que en los tipos distales (lejanos a la fuente exhalativa) no hay suficiente información ya que al parecer no existen alteraciones hidrotermales (Large, 1977).

En el área estudiada no se encontraron alteraciones, debido en un principio a que no hay evidencias de una zona de "stockwork" a la cual se refiere normalmente el zoneamiento de las alteraciones. Aunado a esto si se considerara que -

el yacimiento se encontrara en la cercanía de la fuente exhalativa, se presentaría un enmarscamiento de las zonas de alteración, ya que toda el área muestra una alteración propilítica (epidota-calcita-clorita-pirita). Solamente al microscopio se observa un incremento de cuarzo y pirita en la roca encajonante al contacto con los sulfuros.

Por lo que respecta a la alteración propilítica, no se pudo determinar si se relaciona con eventos metamórficos o a procesos de alteración hidrotermal. Evidencias de procesos hidrotermales que afectan a la zona son las minas de cuarzo amatista (Veta Yerbabuena) aproximadamente 3 Km al Norte del área.

Hasta el momento la única guía mineralógica relacionada a los cuerpos mineralizados en el área, es la presencia de malaquita y azurita, como se observa principalmente en las minas Guadalupe, San Antonio y Capirí.

V.6 Modelo Genético.

El prospecto de Azulaquez en el Edo. de Guerrero, se clasifica dentro del tipo de sulfuros masivos vulcanosedimentarios (SMV) por las características similares que presenta con los yacimientos de este tipo (Sato, 1977; Franklin et al, 1981) como son:

- Asociación a una secuencia de depósitos volcánicos y sedimentarios.

- Estratificación de las menas.
- Cuerpos lenticulares paralelos a las capas sedimentarias (pizarras negras).
- Asociación de Ag-Pb-Zn.
- Zoneamiento Vertical y Horizontal.
- Ambiente submarino relacionado a cuencas marginales de un arco volcánico.

No son totalmente compatibles debido a los siguientes rasgos:

- Los yacimientos tipo Kuroko se relacionan a una actividad volcánica de composición félsica hacia la parte superior de la secuencia, mientras que en Azulaquez toda la secuencia es andesítica-dacítica.
- No se conoce una zona de "stockwork" ni mena amarilla.
- Ausencia de las alteraciones típicas.

De ésta manera, el origen de los sulfuros (SMV) de Azulaquez parecen estar relacionados a exhalaciones volcánicas submarinas o a sitios de descarga de fluidos hidrotermales, depositados lejos de la fuente de exhalación. La asociación de lavas vesiculares, tobas y rocas sedimentarias, indican condiciones marinas durante el depósito y precipitación de los sulfuros.

Por lo que respecta al contexto de emplazamiento -

puede estar relacionado a un mar marginal asociado a un arco insular, en donde la unidad vulcanosedimentaria que denota ambientes inestables (evidenciados por los cambios sedimentológicos y texturales bruscos) puede estar relacionado a una serie de bloques con hundimientos a manera de "horst" y "grabens". - (Fig. 5).

El arco volcánico propició los sitios exhalativos, - la acumulación de lavas y piroclastos de composición andesítica y dacítica, así como el aporte de las soluciones mineralizantes. Con el hundimiento de bloques y una relativa calma volcánica se depositaron sedimentos clásticos, areniscas, pizarras y finalmente calizas.

Así pues quedan satisfechas algunas de las condiciones necesarias para la formación de esta clase de depósitos: -

Una fuente exhalativa volcánica, la que aporta las iones metálicos y un ambiente reductor (pizarras carbonosas) - que favorecerá la precipitación de los metales (Sato, 1977).

Los fluidos mineralizantes, al ser expulsados de un centro volcánico y/o zona de fractura submarina de poca profundidad, probablemente no encontraron una conjunción de los factores requeridos para su precipitación inmediata (cambio de temperatura, dilución, pH, fO_2 , concentración de S, etc.) - (Large, 1977) por lo que se transportaron hasta encontrar las condiciones favorables.

Estas nuevas condiciones debieron existir en una o varias depresiones lejanas de la fuente exhalativa (pues como ya se dijo no hay indicios de un "stockwork") en donde se estaba dando la acumulación de sedimentos carbonosos, en un ambiente anaeróbico.

En estas condiciones las soluciones debieron acelerar su enfriamiento, esto se puede apoyar en el hecho de que se presenta pirita de grano muy fino, lo que indica un cambio de temperatura muy rápido. Esto a su vez permite inferir entre otros parámetros por que existen lentes delgadas de sulfuros, ya que un depósito precipitado a temperaturas más altas tiene más probabilidades de persistir a profundidad, que uno precipitado a temperaturas comparativamente más bajas.

Estas condiciones dan como resultado que el rango vertical de la mineralización sea menor al existir un enfriamiento rápido, lo que provoca altas concentraciones de minerales metálicos en espesores pequeños (Park, 1976).

En lá(s) depresion(es) se presentan variaciones laterales de naturaleza calcareo-arcillosa y areno-arcillosa, reflejando una superficie de depósito no uniforme. El efecto que produce esta topografía queda demostrado por los lentes de caliza y la gran variedad de sedimentos vulcanoclásticos a nivel lateral.

Posteriormente a la formación de los sulfuros (SMV) la zona se vio afectada por una serie de deformaciones, lo

que produjo efectos importantes sobre la actual distribución. Como consecuencia, la correlación de los estratos de sulfuros se vuelve más difícil debido a la deformación, quedando - la duda de que se trate de una sola cuenca o varias asociadas a un mismo evento mineralizante.

La secuencia vulcanosedimentaria estuvo sujeta a es fuerzas compresivos NW-SE, con un desarrollo de una folia--- ción general N28°E, esta primera fase de deformación se vió - afectada por una segunda etapa compresiva con dirección NE-SW provocando plegamiento isoclinal y fallas inversas de poca am plitud, así como crenulación (Fotografías 14 y 15).

Finalmente, se presenta una etapa distensiva con - fallas normales subverticales con tendencia a alinearse en un sentido E-W lo que implicó la dislocación del paquete donde - se emplazan los mantos de sulfuros, haciendo más caótica su - distribución y como consecuencia más difícil su exploración.

V.7 Obras Mineras.

Se tienen por lo menos seis cuerpos en el área alojados en la unidad de pizarras negras, los afloramientos de - ésta unidad son de dimensiones reducidas y comúnmente se encuentran sobreyacidas por la unidad de filitas de sericita.

Los cuerpos principales de Oriente a Poniente son:- Mina Guadalupe, Mina San Antonio, Mina Cruz Blanca, Mina Auro ra, Mina San Francisco y Mina Capiri, en las que se reconocen sulfuros bandedados, irregulares, masivos y diseminados.

Cabe mencionar que el muestreo realizado en todas las minas tuvo carácter selectivo, colectando solo muestras de aquellas partes donde se presentaba una mayor mineralización, ya que era importante observar el comportamiento de la distribución de los elementos para proponer una posible zonación metálica. De esta forma los contenidos de elementos metálicos deben de tomarse con cautela pues no son indicativos de las verdaderas leyes del yacimiento.

Mina Guadalupe.

Esta obra se localiza en la parte NE de la zona de estudio y la constituye un tiro vertical de aproximadamente 15 m de profundidad, un socavón con cruceros y contrapozos distribuidos en forma irregular.

La roca encajonante, la constituyen filitas y pizarras carbonosas, así como esquistos verdes y areniscas en la periferia. Entre el paquete de pizarras se observa un estrato de caliza de color negro, recristalizada y de espesor de 1.20 m. el que presenta diseminación de sulfuros como galena y esfalerita.

La mineralización que se puede observar megascópicamente en las muestras del terreno es galena y esfalerita, calcita en forma de vetillas que en ocasiones atraviesan a las bandas de sulfuros, también se presentan malaquita, azurita y pequeñas cantidades de pirita.

Mina San Antonio.

Consta de un socavón Inaccesible, por lo que se desconoce su longitud pero por las dimensiones del terrero se deduce que ésta obra es de pequeñas dimensiones. Los fragmentos de roca del terrero indican que la roca encajonante de los sulfuros en caso de que existan, está constituida por pizarras - intercaladas con esquistos de clorita-sericita.

Mina Cruz Blanca.

Como Mina Cruz Blanca se conoce a una franja de aproximadamente 180 x 300 m donde se encuentran varias catas y pozos este conjunto de obras se localiza aproximadamente a 1 Km al sur de la Mina Guadalupe. La obra más importante es un tiro vertical que está inundado (según información proporcionada - por los habitantes de la zona, la dimensión es de 20 m aprox.)

Aproximadamente a 100 m aguas abajo sobre el arroyo - que está en la margen derecha se tiene un afloramiento de sulfuros alojados en filitas de sericita, las que se intercalan - con pequeños horizontes de pizarras.

Mina Aurora.

Localizada en la parte central del área estudiada, - está formada por dos socavones principales separados por un - arroyo. La obra presenta cruceos y rebajes además de un nivel secundario que en conjunto conforman un desarrollo de 230 m, - las dos obras se encuentran al mismo nivel topográfico pero en

distinto nivel estratigráfico, por lo que se describen por -- separado.

Mina Aurora (Socavón E)

Este socavón presenta una orientación NE-66° y un desarrollo de 180 m, en esta mina se puede observar el comportamiento de un lente mineralizado de un espesor de 74 cm. y longitud de 50 m el cual se acuña lateralmente.

La roca encajonante consiste de pizarras negras y calizas que presentan una dirección general de foliación NE - 30°SW e inclinación al NW de 45°; por las características de la roca encajonante se infiere que los sulfuros de esta mina se encuentran en la parte superior de la secuencia sedimentaria que aloja a los cuerpos mineralizados.

En éste frente se observa claramente una falla de tipo inverso, la que provoca que las filitas de sericita cabalguen sobre las pizarras carbonosas.

Macroscópicamente se pueden identificar esfalerita y galena como minerales principales con menores cantidades de piritita y calcopiritita. Los valores promedio de las leyes son: 600 gr/ton de Ag, 0.8 gr/ton de Au, 4.9% de Pb, 0.5% de Cu, 5.58% de Fe y 5.5% de Ba. Se tienen también pequeños valores de Mn, Ni, Cd y Cr. (Los análisis químicos fueron realizados en los laboratorios del Consejo de Recursos Minerales).

Mina Aurora (Socavón W)

Este socavón presenta una orientación SW-26° y un desarrollo de 110 m además de un nivel secundario inundado. En los primeros 12 m se observan tres lentes principales de sulfuros los cuales se acuñan y desaparecen a rumbo de foliación, la continuación de estos cuerpos sólo se observa en el nivel inferior.

La roca encajonante está constituida por intercalaciones de pizarras negras y esquistos de clorita, esto indica que la mineralización se encuentra cerca de la base de la secuencia sedimentaria, donde todavía se presenta la influencia volcánica, asimismo se observa que la roca encajonante presente diseminación de sulfuros principalmente esfalerita y pirita.

Los valores promedio de los resultados obtenidos de los muestreos son; 735 gr/ton de Ag, 2.18 gr/ton de Au, 4.75% de Pb, 12.7% de Zn, 1.16% de Cu, 4.6% de Fe y 17.4% de Ba, con cantidades subordinadas de Mn, Ni, Cr y Cd.

Mina San Francisco.

Se localiza aproximadamente a 300 m al oriente de la Capilla Cruz del Jarro, en las margenes del Arroyo Huispa, también es conocida como mina Aurora I.

El desarrollo principal es un tiro que se encuentra en un horizonte de pizarras y esquistos de clorita, que perte

necen a la parte inferior de la secuencia sedimentaria.

En este lugar solo existe un pequeño terreno, donde se observan megascópicamente en orden decreciente de abundancia esfalerita, galena y cantidades subordinadas de pirita.

Los valores promedio de las muestras analizadas del terrero son; 240 gr/ton de Ag, 0.6 gr/ton de Au, 7.49% de Pb, 17.3% de Zn, 1.04% de Cu, 3.37% de Fe y 17.07% de Ba.

Mina Capiri.

Se encuentra en la parte NW del área estudiada y -- consiste de 5 catas y un socavón inaccesible. A la entrada de esta se observa un lente pequeño de sulfuros cuyo espesor es de 10 cm. y una longitud de 30 cm. De acuerdo con las dimensiones del terrero se deduce que las obras tienen poco desarrollo.

La roca encajonante está constituida por pizarras - y calizas foliadas, el color de estas últimas es negro, también se encuentran en menor proporción horizontes delgados - de filitas.

Los valores promedio de las muestras del terrero -- son: 445 gr/ton de Ag, 0.4 gr/ton de Au, 5.42% de Pb, 17.3% de Zn, 0.55% de Cu, 3.24% de Fe y 9.95% de Ba.

VI CONCLUSIONES.

- Los yacimientos de Azulaquez, Gro. son depósitos de sulfuros estratiformes polimetálicos, relacionados a una actividad volcánica de composición intermedia a félsica (andesítica dacítica) y sedimentaria submarina, depositados en una cuenca somera y asociada a un ambiente de mar marginal-arco insular.

- Las menas de sulfuros (SMV) se encuentran encajonadas en un horizonte de pizarras negras carbonosas intercaladas con filitas de sericita, por que este horizonte constituye una excelente guía litológica para la prospección de sulfuros (SMV) en ésta área. Es conveniente hacer notar que localmente las menas de sulfuros (SMV) se encuentran encajonadas solo en pizarras negras graffíticas, pero no todas las pizarras negras graffíticas presentan menas de sulfuros (SMV).

- Dentro de este paquete existen por lo menos dos niveles estratigráficos reconocidos con sulfuros (SMV)

- La edad y correlación de esta secuencia es debatible, pero pudiera tentativamente ser Triásico Superior-Jurásico Temprano.

- Los cuerpos de sulfuros (SMV) son lenticulares, gruesos al centro, acuñaándose en sus extremos, con dimensiones y espesores variables (1 cm - 70 cm) y reducidas laterales (no mayores de 50 m).

- Las menas de sulfuros se presentan bandeadas y masivas.
- La mena de sulfuros consiste en esfalerita, galena, miargirita y cantidades menores de calcopirita y freibergita.
- La ganga esta compuesta por pirita, cuarzo, calcita y barita.
- Como minerales de alteración aparecen malaquita, - azurita, oxidos de hierro y excepcionalmente yeso.
- De acuerdo a las gráficas de correlación el oro -- puede estar como electrum en pirita y/o asociado al Cadmio - en la esfalerita.
- La plata esta asociada a la galena, miargirita y - a la freibergita (?).
- Los valores promedio de los distintos cuerpos son:

	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Fe
	gr/ton	gr/ton	%	%	%	%
AURORA E	0.6	600	4.9	14.9	0.5	5.58
AURORA W	2.18	735	4.75	12.7	1.16	4.60
CAPIRI	0.40	445	5.42	17.3	0.55	3.24
SAN FRANCISCO	0.60	240	7.49	17.3	1.04	3.37

Estos valores tan altos pudieran deberse a los siguientes factores:

a) Al tipo de muestreo. Se seleccionaron las muestras que presentaron mayor cantidad de mineralización.

b) Al tipo de Yacimiento. Los sulfuros masivos de tipo distal pueden ser de poco espesor con una concentración relativamente alta de metales.

- No se reconocieron alteraciones hidrotermales que quien hacia la fuente exhalativa.

- Las únicas guías hacia los cuerpos minerales pueden ser las alteraciones supergénicas como la presencia de malaquita, azurita y oxidación.

- El zoneamiento vertical de los cuerpos de sulfuros indica un aumento de Ag, Pb y Zn hacia la cima, con una disminución de Au, Cu, Ba y Cr.

- El zoneamiento horizontal de los cuerpos de sulfuros indica un aumento de Zn, Pb y Ba hacia el Oeste, con la disminución de Ni, Cu, Fe y Cr.

- Hacia el Oeste También hay un aumento en la concentración de óxidos de Mn, Fe y Ba.

- El estudio estructural permitió reconocer que la unidad vulcanosedimentaria y por consecuencia los sulfuros (SMV) se vieron afectados por lo menos por tres fases de deformación.

a) Una primera etapa compresiva NE 50°SW que provocó un metamorfismo regional (Facies de esquistos verdes) con desarrollo de foliación, desplazamiento por fallas inversas y cabalgaduras así como zonas de milonitización con esfuerzos de cizalla.

b) Una segunda etapa compresiva NE 45°SW acompañada por pliegues con planos axiales orientados NW-30°y fallas inversas de poca amplitud con fuertes inclinaciones.

c) Una etapa distensiva con fallas normales E-W que dislocaron los bloques a manera de horst y grabens.

- Localmente de acuerdo al zoneamiento propuesto por Sato (1977), la fuente exhalativa puede localizarse hacia el SE del área ya que la concentración de Ag, Fe y Cu disminuyen conforme se alejan de la fuente exhalativa, mientras que el Pb, Zn, Ba, Mn y Fe deben aumentar al acercarse a ella.

- Hasta el momento los cuerpos de sulfuros (SMV) de Azulaquez parecen no tener potencial suficientemente económico por las siguientes razones:

a) Se encuentran afectados por varias etapas de deformación restringiéndose su volumen debido a la dislocación del horizonte favorable para la mineralización. Así, la geometría de los cuerpos se vuelve más compleja tanto para la exploración como para la explotación.

b) Aunque las leyes son excepcionalmente altas, debido posiblemente a las altas temperaturas de formación, no presentan un espesor considerable, como ya se explicó en la génesis del yacimiento.

- La zona por sus características paleoambientales es favorable para la localización de yacimientos de sulfuros masivos vulcanosedimentarios.

B I B L I O G R A F I A

- Campa-Uranga, M.F., 1978, La evolución Tectónica de Tierra -- Caliente, Gro.: Bol. Soc. Geol. Mex., IV Convención Geológica, Tomo XXXIV, No. 2
- Campa-Uranga, M.F., Campos, M., Flores, R. y Oviedo, A., 1974 La secuencia Mesozoica volcano-sedimentaria metamorfozada de Ixtapan de la Sal, México-Teloloapan. Gro: Bol. -- Soc. Geol. Méx., v.35,p. 7-28
- Campa- Uranga, M.F. y Ramírez, J., 1979, La evolución geológica y la metalogénesis del noroccidente de Guerrero.: Univ. Aut. de Guerrero, Serie Técnico Científica., No. 1, 102 p.
- Campa-Uranga, M.F., and Coney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico Can. J. Earth Sci., 20 p 1040-1051.
- Cserna, Zoltán de, 1965, Reconocimiento geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, - Edo. de Gro.: UNAM, Inst. de Geol., Bol. 62, 76 p.
- Cserna, Zoltán de, Fries, C., Rincón, C., Westley, H., Solorio, J. y Schmitter, V.E., 1975, Edad precámbrica tardía del Esquisto Taxto, Edo. de Guerrero.: Bol. Asoc. Geol. Petrol, v.26, p. 183-193.

- Cserna, Zoltán de, Palacios-Nieto, M., Pantoja-Alor, J., 1978, Relaciones de facies de las rocas cretácicas en el noroeste de Guerrero y en áreas colindantes de México y Michoacán.: UNAM, Inst. de Geol., Rev. 2 p. 8-18.
- Cserna, Zoltán de y Fries, C. Jr., 1981, Hoja Taxco 14Q-h(7) - con resumen de la Hoja Taxco, Estados de Guerrero, México y Morelos.: UNAM., Inst. de Geol., Carta Geológica de México, Serie 1:100 000, mapa con texto, 47 p.
- Díaz-García, V., 1980, Las rocas metamórficas de la región de Zacualpan, Estado de México.: UNAM., Inst. de Geol., Revista. vol. 4. núm. 1. p.1-12
- Franco-Serrano, A., Galicia-Cortés, J.A. y Pérez-González, J.F., 1981, Informe de avance de los estudios geológicos-mineros de las áreas de Tingambato-Susupuato-Azulaquez-Mamatla-La Sierrita: GEE, CRM, Inédito.
- Franco-Serrano, A. y Mendoza-Flores, A., 1984, Informe de la consolidación de la exploración geológico-minera en el área de Azulaquez, Gro.: GEE, CRM, Inédito.
- Franklin, J.M., Lydon, J.W. y Sangster, D.F., 1981, Volcanic Associated Massive Sulfide Deposits: Econ. Geol. 75th Anniversary volume.

Pries, Carl Jr., 1960, Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central-meridional de México.: UNAM., Inst. de Geol.Bol. 60, 236p.

González-Partida, E. y Torres-Rodríguez, V., 1987, El Cretácico vulcanosedimentario de la parte centro-occidental de México: Implicaciones tectónicas y metalogenéticas. Actas Fac. Ciencias de la Tierra, U.N.A.N.L., Vol. 2, p. 155- 164.

González-Partida, E. y Torres-Rodríguez, V., 1988, Análisis geológico regional y yacimientos minerales asociados a la porción centro-occidental de México. Geofísica Internacional, Vol. 27, No. 3.

Humboldt, Alexandre de, 1808, Essai politique sur le royaume de la Nouvelle Espagne: Paris, F. Schoell, 904 p.

Hutchinson, R.W., 1973, Volcanogenic sulfide deposits and their metallogenetic significance.: Econ. Geol.v.68 No. 8

Large, R.R., 1977, Chemical evolution and zonation of sulfide deposits in volcanic terranes.: Econ. Geol. v. 72, p. 549-572.

Lambert, I.B. y Sato, T., 1974, The Kuroko and associated ore deposits of Japan.: A review of their features and metallogenesis.: Econ. Geol., v. 69 p.1215-1236.

- Ochoa-Camarillo, H., Gómez-Moreno, V. y León-Matz, V.A., 1985, Geología, geoquímica de mercurio y magnetometría terrestre del área de Azulaquez, Gro.: Informe de Avance.: GEE CRM, Inédito.
- Parga-Pérez, J.J., 1980, Geología y metalogénesis del yacimiento estratiforme de sulfuros masivos de Tizapa, Zacazonapan, Edo. de México.: GEE, CRM, Inédito.
- Park, C.F. y Mac Diarimid, R.A., 1964, Ore deposits, W.H. Freeman and Company.
- Sangster, D.F. y Scott, S.D., 1976, Precambrian strata-bound - massive Cu-Zn-Pb sulfide ores of North America.: Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. v. 6 - p.18 -198, Elsevier Pub. Co.
- Sato, T., 1977, Los Sulfuros masivos volcanogenéticos, su metalogenia y clasificación.: Depto. de Geología, Univ. de Sonora., Publicación No. 1.
- Veccio-Carranza, M.A., 1978, Estudio petrográfico-metalogenético del área Tlanilpa-Azulaquez, Edo. de Guerrero. Tesis - Profesional, UNAM. Fac. de Ingeniería. Inédita.

A P E N D I C E .

No. Muestra	Mina	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Fe %	Mn %	Ni g/t	Cd %	Cr %	S %	Ba %
AU5	Aurora W	1.7	959	5.25	17.1	1.07	1.79	.007	50	0.11	0.05	12.04	35.0
AU16	"	2.4	1469	3.45	10.0	3.2	4.8	.01	100	0.08	0.03	6.87	17.95
AU16A	"	ND	780	3.6	6.9	0.36	3.90	.03	50	-	-	-	-
AU22	"	6.2	340	9.61	25.1	0.85	6.55	.02	50	0.22	0.04	23.73	2.35
AU25	"	0.6	128	1.85	4.4	0.32	6.0	.03	50	0.02	0.02	2.59	13.24
\bar{x}		2.18	735	4.75	12.7	1.16	4.6	0.02	70	0.11	0.37	11.3	17.4
AU60	Aurora E	ND	245	14.0	26.0	0.62	2.6	.03	60	-	-	-	-
AU76	"	3.5	1457	7.15	21.6	0.5	1.9	.01	50	0.17	0.02	20.84	15.89
AU88	"	1.5	297	7.8	16.31	0.18	4.2	.01	60	0.18	0.03	20.73	0.23
AU70	"	ND	730	1.4	0.02	0.81	3.2	.02	90	-	-	-	-
AU96	"	0.5	248	1.3	10.45	0.38	16.0	.01	60	0.18	0.02	32.97	0.38
\bar{x}		1.1	595	4.9	14.9	0.5	5.58	0.016	64	0.17	0.023	24.04	5.5

Tabla 2 Análisis químicos de mena

Muestreo realizado en donde se encontró mayor concentración de mineralización.

Análisis efectuados en el laboratorio del CRM, Cd. de México por absorción atómica.

ND = no detectado

- = no analizado

No. Muestra	Mina	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Fe %	Mn %	Ni g/t	Cd %	Cr %	S %	Ba %
CA5	Capiri	0.5	410	6.15	12.3	0.80	2.75	0.04	60	0.13	0.04	12.53	0.64
CA6	"	0.3	259	1.82	15.6	0.80	4.8	0.06	50	0.15	0.01	13.25	0.25
CA7	"	0.1	822	8.1	17.5	0.66	2.7	0.006	20	0.09	0.03	12.45	29.43
CA8	"	0.9	126	9.3	22.0	0.55	3.5	0.01	30	0.16	0.03	21.83	9.0
CA9	"	0.1	455	4.06	16.5	0.26	2.8	0.02	50	0.11	0.02	7.6	3.7
CA10	"	0.5	595	3.09	20.0	0.28	2.9	0.01	30	0.16	0.04	11.55	16.7
X	"	0.4	444	5.42	17.3	0.55	3.24	0.024	40	0.13	0.03	13.21	9.95
SF1	San Francisco	-	80	9.84	23.0	0.81	4.85	0.02	30	0.24	0.03	21.05	6.4
SF2	"	0.5	81	8.2	17.1	0.88	3.6	0.01	30	0.15	0.03	11.79	27.9
SF3	"	0.9	190	3.1	5.0	1.04	2.9	0.02	30	0.03	0.005	3.33	18.8
SF4	"	1.5	893	3.0	7.8	1.11	2.9	0.004	30	0.02	0.02	3.73	45.3
SF5	"	0.2	113	8.01	25.0	0.06	3.6	0.03	30	0.27	0.03	24.64	0.4
SF6	"	0.7	198	10.12	20.2	3.25	1.7	0.02	30	0.19	0.03	16.17	19.7
SF7	"	0.5	129	10.2	23.4	0.19	4.1	0.01	90	0.22	0.005	21.31	0.97
X	"	0.6	240	7.49	17.3	1.04	3.37	0.016	39	0.16	0.021	14.57	17.07

Tabla 2 (cont.).- Análisis químicos de mena

	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ni	Cd	Cr	S
Au	1.0										
Ag	-0.13	1.0									
Pb	0.91	-0.16	1.0								
Zn	0.89	-0.06	0.96	1.0							
Cu	0.20	0.83	-0.06	0.05	1.0						
Fe	0.46	-0.53	0.20	0.06	-0.06	1.0					
Mn	-0.32	-0.69	-0.26	-0.47	-0.69	0.31	1.0				
Ni	0.05	0.78	-0.24	-0.18	0.96	0.06	-0.49	1.0			
Cd	0.96	-0.08	0.95	0.97	0.13	0.23	-0.44	-0.07	1.0		
Cr	0.59	0.22	0.64	0.80	0.18	-0.45	-0.80	-0.08	0.72	1.0	
S	0.95	-0.17	0.17	0.97	0.98	0.03	0.23	-0.17	-0.99	0.72	1.0

Tabla 3.- Coeficientes de correlación mina Aurora W

	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ni	Cd	Cr	S
Au	1.0										
Ag	0.79	1.0									
Pb	0.08	-0.25	1.0								
Zn	0.39	-0.06	0.88	1.0							
Cu	0.38	0.20	-0.09	-0.33	1.0						
Fe	-0.28	-0.37	-0.55	0.30	-0.34	1.0					
Mn	-0.63	-0.43	0.55	0.20	0.65	0.40	-1.0				
Ni	-0.64	-0.11	-0.49	-0.83	0.65	-0.10	0.33	1.0			
Cd	-0.06	-0.43	-0.31	-0.13	-0.83	-0.70	-0.61	-0.24	1.0		
Cr	0.15	-0.25	-0.16	0.08	-0.75	-0.13	-0.37	-0.15	0.61	1.0	
S	-0.22	-0.29	-0.53	-0.24	-0.28	0.99	-0.38	-0.15	0.61	-0.25	1.0

Tabla 4.- Coeficientes de correlación mina Aurora E

	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ni	Cd	Cr	S
Au	1.0										
Ag	0.86	1.0									
Pb	-0.76	-0.66	1.0								
Zn	-0.81	-0.59	0.92	1.0							
Cu	0.29	0.13	0.10	-0.14	1.0						
Fe	-0.61	-0.34	0.29	0.40	-0.78	1.0					
Mn	-0.71	-0.59	0.26	0.41	-0.01	0.0	1.0				
Ni	-0.10	-0.17	0.38	0.33	-0.36	0.32	-0.32	1.0			
Cd	-0.88	-0.68	0.89	0.98	-0.19	0.44	0.54	0.27	1.0		
Cr	-0.38	-0.12	0.39	0.46	0.28	-0.02	0.30	-0.61	0.45	1.0	
S	-0.84	-0.61	0.85	0.98	-0.26	0.46	0.52	0.35	0.99	0.36	1.0

Tabla 5.- Coeficientes de correlación mina San Francisco

	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ni	Cd	Cr	S
Au	1.0										
Ag	-0.65	1.0									
Pb	0.49	0.01	1.0								
Zn	-0.44	-0.13	0.32	1.0							
Cu	0.61	-0.19	0.17	-0.43	1.0						
Fe	0.45	-0.61	-0.42	0.02	0.43	1.0					
Mn	-0.12	-0.45	-0.58	-0.67	0.53	0.70	1.0				
Ni	-0.08	0.44	-0.46	-0.77	0.27	0.21	0.77	1.0			
Cd	0.78	-0.68	-0.25	0.40	-0.05	0.30	0.22	0.09	1.0		
Cr	0.39	0.45	0.47	0.09	-0.16	-0.73	-0.53	-0.22	0.49	1.0	
S	0.84	-0.12	0.61	0.55	0.32	0.32	-0.14	-0.34	0.52	0.11	1.0

Tabla 6.- Cocientes de correlación mina Capiri

	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ni	Cd	Cr	S
AUW CAP	-0.24	-0.78	0.25	0.15	0.0	-0.84	-0.20	-0.41	-0.34	-0.61	0.05
AUW SF	0.58	0.72	-0.51	-0.75	0.59	-0.40	0.87	-	-0.76	-0.31	-0.73
AUW AUE	-0.71	0.39	0.57	0.32	0.77	-0.79	-0.21	0.96	-0.28	-0.52	0.15
AUE CAP	-0.02	-0.39	0.28	-0.67	0.36	0.93	-0.74	-0.54	0.06	-0.29	-0.03
SF AUE	0.81	-0.10	0.19	-0.15	-0.88	0.05	0.18	-	-0.54	-0.36	0.06
SF CAP	-0.54	0.51	0.74	0.69	-0.72	0.14	0.14	-	0.12	0.28	0.71

AUW: Mina Aurora Oeste
AUE: Mina Aurora Este

CAP: Mina Capiri
SF: Mina San Francisco

Tabla 7.- Coeficientes de correlación entre distintas minas