

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO GEOLOGICO-GEOQUIMICO
A DETALLE DEL AREA XICHU, GTO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A
HECTOR R. OCHOA CAMARILLO

MEXICO, D. F.

1960



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-117

Al Presente señor HECTOR RAHRO OCHOA CAMARILLO
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Prof. Ing. Germán Arriaga García, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de INGENIERO GEÓLOGO.

"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEQUÍNICO A DETALLE DEL ÁREA XICRU, STO."

Resumen.

- I.- Aspectos generales de yacimientos de Pb-Zn en celizas.
 - II.- Generalidades.
 - III.- Fisiografía.
 - IV.- Geología.
 - V.- Yacimientos minerales.
 - VI.- Conclusiones y recomendaciones.
- Planos e ilustraciones.
Bibliografía.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 20 de febrero de 1980.
EL DIRECTOR

Ing. Javier Jiménez Espriola

JJE:RV'mdb.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
I ASPECTOS GENERALES DE YACIMIENTOS DE PB-ZN EN CALIZAS.....	1
I.1. - Introducción.....	1
I.2. - Características Generales de Yacimien- tos de Pb-Zn en Calizas.....	1
II GENERALIDADES.....	7
II.1. - Objetivo del Trabajo.....	7
II.2. - Localización y Extensión del Área....	7
II.3. - Vías de Comunicación.....	7
II.4. - Clima y Vegetación.....	8
II.5. - Cultura y Economía.....	9
II.6. - Historia Minera.....	9
II.7. - Trabajos Previos.....	12
III FISIOGRAFIA.....	13
III.1. - Hidrografía.....	13
III.2. - Geomorfología.....	14
IV GEOLOGIA.....	15
IV.1. - Estratigrafía.....	15
Formación El Abra.....	15
Formación Soyatal.....	17
Formación Mexcala.....	18
IV.2. - Geología Local.....	20
Formación Soyatal-Mexcala.....	20
IV.2.1. - Tectónica Yacimientos Mi- nerales.....	27
IV.2.2. - Tectónica Regional.....	30
IV.2.3. - Conclusiones Tectónicas.....	34
IV.2.4. - Rasgos Tectónicos Locales.....	36
IV.3. - Geología Histórica.....	37

	Pág.
V YACIMIENTOS MINERALES.....	40
V.1.- Paragéneis y Sucesión.....	40
V.2.- Mineralogía.....	41
V.3.- Alteraciones.....	42
Carbonatización.....	42
Silicificación.....	43
Propilitización.....	43
Sericitización.....	44
Oxidación.....	44
Yeso.....	44
V.4.- Estructuras Minerales y Roca Encajonante	45
Cuerpo San Enrique.....	45
Cuerpo San Benito.....	45
Cuerpo El Cristo.....	46
Cuerpo Cabezas.....	46
Cuerpo Santa Ana.....	46
La Gran Bolsa.....	46
V.5.- Enriquecimiento Supergénico.....	48
V.6.- Origen.....	49
V.7.- Descripción de Obras Mineras y Estructuras Mineralizadas.....	50
Mina Lucero.....	50
Veta de Barita.....	51
Mina La Carmenita.....	51
Mina Hidalgo.....	52
Mina No. 1.....	52
Mina No. 2.....	52
Mina No. 3.....	53
Mina No. 4.....	53
Mina No. 5.....	53
Cata No. 1.....	54
Cata No. 2.....	54
Cata No. 3.....	55
V.8.- Geoquímica.....	55
V.8.1.- Análisis Estadístico.....	56

	Pág.
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
VI.1. - Conclusiones.....	66
VI.2. - Recomendaciones.....	67
PLANOS E ILUSTRACIONES	
BIBLIOGRAFIA	

AGRADECIMIENTOS

El autor aprovecha esta oportunidad para expresar sus más sinceros agradecimientos a las autoridades del Consejo de Recursos Minerales por las facilidades prestadas para la elaboración de este trabajo.

Al Dr. José Luis Lee Moreno, Gerente de Estudios Especiales; al Ing. Gustavo Camacho, Subgerente; al Ing. Raúl Cruz, Jefe de Estudios Regionales, y al Ing. Jorge Nieto, Jefe del Depto. de Investigación Aplicada.

De igual manera, al Ing. Miguel Ángel Miranda G., Jefe del Proyecto Xichú.

Agradezco sinceramente al Ing. Germán Arriaga García, Jefe del Depto. de Petrografía, por su acertada dirección y observaciones en la revisión de esta tesis.

A los Ings. Miguel Vera Ocampo y Demetrio Silva Macodo, por sus sugerencias y complementación del texto.

De manera muy especial, manifiesto mi sincero agradecimiento al Ing. Arturo Gómez Caballero por su inestimable ayuda, por sus consejos, diálogos y reflexiones para la terminación de la presente tesis.

RESUME

RESUMEN

El área de estudio se localiza en el extremo nororiental del Estado de Guanajuato; comprende la parte septentrional del Municipio de Xichú y cubre una superficie de 60 km².

Las rocas más antiguas que afloran en el área son calizas estratos gruesos de la Formación El Abra que pertenece al Cretácico Inferior. Sobreacen concordantemente a estas rocas, la Formación Soyatal-Mexcala indiferenciada, la cual está constituida por calizas interestratificadas con lutitas e intrusionadas por cuerpos hipabisales andesíticos, riolíticos y uno cuarzomonzonítico, este último suministró los fluidos mineralizantes en Xichú; así mismo se encuentran intrusionadas por diques asociados a los cuerpos mencionados. En el oriente y el poniente del área, existen rocas volcánicas basálticas que cubren discordantemente a rocas sedimentarias mesozoicas, en forma de mesas.

Los yacimientos minerales consisten de: Plata, Plomo, Zinc, Cobre, Oro y además existen vetas de barita; el principal depósito es de los minerales metálicos y se encuentra en la Mina Aurora.

La mineralización está confinada en un miembro arrecifal dolomitizado y las rocas encajonantes son calizas negras interestratificadas con pizarras bituminosas calcáreas de la Formación Soyatal-Mex

cala.

Durante el levantamiento geoquímico se obtuvieron 6 zonas anómalas de Plata, Zinc y Cobre. La de mayor magnitud es producida por la contaminación de la Mina Aurora, mientras que en las demás se encuentran evidencias de mineralización como son vetas y zonas de alteración.

I ASPECTOS GENERALES DE YACIMIENTOS DE Pb-Zn EN CALDERAS

I ASPECTOS GENERALES DE YACIMIENTOS DE Pb-ZN EN CALIZAS

I.1.- Introducción

Debido al gran desarrollo de la industria de transformación tanto nacional como extranjera, ha aumentado la demanda de materias primas ocasionando la insuficiencia de las fuentes productoras y la aceleración de extracción de las reservas mineras propiciado así, una intensa exploración para el descubrimiento de nuevos yacimientos minerales.

Actualmente los minerales básicos para la industria, son en orden de importancia, hierro, cobre, plomo, zinc, estaño y aluminio, siendo éstos, junto con el petróleo, los pilares de auge y desarrollo del país.

A continuación se dará un resumen de los aspectos generales de los yacimientos de Plomo y Zinc.

I.2.- Características Generales de Yacimientos de Pb-Zn en Calizas

Los depósitos más grandes de Pb-Zn se encuentran encajonados en rocas calcáreas y los yacimientos más importantes son de baja temperatura, pertenecientes a la clase de depósitos estrato-asociados (Strata-Bound).

Estos empezaron a ser llamados de tipo "Alpino" y del "Valle del Mississippi". Sinónimos menos usados son: Tipo "Silesiano" y Tipo "Tri-State". Algunos autores como Park (1978) lo consideran yacimientos teletermales.

Estos se encuentran encajonados en sedimentos que varían del Paleozoico Inferior al Mesozoico Superior, y ocurren principalmente en calizas arrecifales, calizas dolomitizadas y dolomías; las estructuras sedimentarias pueden ser arrecifes, zonas de cambio de facies, estructuras de compactación, acúmulos estratigráficos, en brechas de deslizamiento o de talud.

Los minerales característicos de estos depósitos son: galena, esfalerita, barita y fluorita. Minerales accesorios comunes son: pirita y la marcasita. La calcopirita es común, tanto en grandes cantidades como en trazas.

Los minerales de ganga son: calcita, aragonita, dolomita, a veces siderita, ankerita y silice colomórfico.

La esfalerita tiene bajo contenido de hierro y manganeso, y alto contenido en cadmio. La galena es pobre en plata, en contraste de los yacimientos estratiformes volcanogénicos.

Las temperaturas de formación generalmente abarcan un rango de 100° a 150° y raramente sobrepasan los 200°C.

El origen de estos yacimientos es controvertido, Staton (1972)

concluye las siguientes posibilidades de origen:

1.- Relaciones a la Sedimentación:

- a) Precipitación directa a partir del agua de mar.
- b) Precipitación directa de exhalaciones submarinas
- c) Sedimentación detrítica
- d) Movimiento de material sedimentario de los líquidos en los espacios porosos durante la compactación y subsecuente redepositación.
- e) Cualesquiera de las anotadas arriba, con modificación diagnética, incluyendo el desarrollo de vetas, masas reemplazadas, y crecimiento de cristales.

2. - Relacionadas a la Actividad de soluciones exogénicas

- a) Soluciones ígneas
- b) otras soluciones portadoras de metales de origen profundo. (Estas 2 últimas son muy posteriores a la formación de rocas huesped). Podemos decir que la asignación de un origen puramente ígneo para estos yacimientos es su mamente controversial y se incurriría en numerosas contradicciones.

La segunda fuente más importante de Pb-Zn es calizas, de acuerdo a su origen, son los yacimientos formados por soluciones hidrotermales, éstos son el resultado de relleno de cavidades o fisura, debido a -

una depositación de minerales transportados por soluciones calientes de origen magmático.

Este relleno de cavidades generalmente trae como consecuencia un reemplazamiento metasomático en los respaldos de las fisuras que a menudo es muy importante.

Las alteraciones principales en las rocas encajonantes son:

Silicificación y Carbonatación

De acuerdo a su rango de temperatura se clasifica en:

300 - 500°C	Temperatura Alta
200 - 300°C	Temperatura Media
50 - 200°C	Temperatura Baja

Los yacimientos hidrotermales de baja temperatura presentan - minerales de Pb-Zn como parte de la ganga que no son de importancia económica, debido a que su tratamiento es muy costoso.

Los yacimientos de alta y baja temperatura presentan características comunes. En los yacimientos de alta temperatura predominan las estructuras de reemplazamiento sobre los de relleno cavidades y los minerales más comunes son: oro, wolframita, scheelita, pirrotita, pirita, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, galena. (Parck 1980).

Los minerales de ganga de alta temperatura son los más representativos de este tipo de yacimientos tales como: granate y ankerita.

En los depósitos de mediana temperatura los productos más abundantes

dantes son: cobre, plomo, zinc, plata y oro. Los minerales más característicos son: calcopirita, enargita, bornita, tetraedrita, esfalerita, galena y calcita; en los minerales de ganga predominan los carbonatos además del cuarzo y pirita.

Las estructuras comunes son de reemplazamiento y relleno de cavidades, en estos depósitos la alteración es más marcada a diferencia de los yacimientos de alta temperatura.

Finalmente se tienen los yacimientos ígneo-metamórficos de Pb-Zn en calizas, conocidos como pirometasomáticos o metasomáticos de contacto.

Estos yacimientos son formados a cierta distancia o en el contacto de rocas carbonatadas y cuerpos ígneos, generalmente de composición calcoalcalina tales como monzonitas y granodioritas.

Las rocas intrusionadas son comúnmente recristalizadas, alteradas y reemplazadas.

Estos cambios son causados por calor y emanación de fluidos provenientes del intrusivo. Park (1980).

Según Bateman los rangos de temperatura de estos yacimientos están comprendidos entre 400-200°C.

Este tipo de depósito se caracteriza por una aureola de metamorfismo desarrollado en las calizas, formado principalmente por tactitas con minerales de ganga tales como: granularita, wollastonita, epidota y tremolita.

Los minerales característicos son: Scheelita, magnetita, molibdenita, calcopirita, blenda y galena.

II.- GENERALIDADES.



II GENERALIDADES

II.1. - Objetivo del Trabajo

El Proyecto Xichú es parte de un programa realizado por el Consejo de Recursos Minerales con las finalidades de impulsar la industria minera en el Estado de Guanajuato. Evaluar las reservas mineras del distrito en las minas conocidas y determinar nuevas áreas con probabilidades de concentración de sulfuros económicamente explotables en el distrito, tendiente a generar nuevas fuentes de trabajo.

II.2. - Localización y Extensión del Área

El área de estudio se localiza en la porción nororiental - del Estado de Guanajuato, a 48 km en línea recta al NE del poblado de San Luis de La Paz, Gto., entre las coordenadas geográficas siguientes:

100°05' - 100°00' L.W.G.

21°21' - 21°17' 30" L.N.

El área de estudio cubre una extensión aproximada de - 60 km².

II.3. - Vías de Comunicación

El acceso al área se realiza por carretera federal No. 57 hasta San Luis de La Paz, Gto., de ahí a Xichú por camino pavi-

mentado a lo largo de 19 km y 70 km por terracería.

II.4.- Clima y Vegetación

Según la clasificación climática de Köppen, modificadas por E. García (1964), el clima prevaiente en la región queda incluido en el grupo BS₀hw.

Este símbolo representa el clima semicálido con lluvias en verano; la temperatura anual media es de 22°C. La época de lluvias ocurre durante los meses de mayo a noviembre y se incrementa en el período julio-septiembre.

La precipitación anual varía de 400 a 700 mm, debido a las escasas lluvias que caen sobre esta región y que sólo ocurren durante la tercera parte del año, la agricultura es requitica.

Por otra parte, la evaporación es rápida y los suelos son relativamente impermeables, lo que favorece al escurrimiento hacia las partes bajas. El área presenta un drenaje exorreico y una flora escasa en comparación con otros sitios que tienen igual precipitación y clima.

En las partes altas abundan las plantas xerofitas tales como:

Candelilla, biznaga dulce, lechuguilla, trompilla, cardón.

En la ribera del río son comunes las siguientes variedades que

representan importancia económica en la región:

Aguacate, mango, guayaba, durazno, naranja, toronja, papaya, caña de azúcar y plátano.

II.5. - Cultura y Economía

Las principales fuentes de ingresos de la región consisten fundamentalmente en la agricultura y apicultura.

Xichú es el poblado más importante de la región, el cual cuenta aproximadamente con 2 000 habitantes. Tiene servicios de luz eléctrica, agua potable, drenaje, asistencia médica de la S.S.A., correo, telégrafo y transporte. Por otra parte, existen: una escuela primaria y la secundaria abierta; en el municipio hay un total de 15 es cuelas primarias federales distribuidas en rancherías.

II.6. - Historia Minera

La explotación de mineral auroargentífero probablemente se inició por los nativos de la región antes de la conquista; la extracción se limitó a las menas aflorantes y su fundición se realizaba en hornos primitivos, en los que utilizaban carbón vegetal.

A partir de 1920, fue trabajada por los españoles para la extracción de oro y plata de menas poco profundas; posteriormente es te distrito fue denunciado por un terrateniente de San Luis Potosí hacia

1890 y trabajada por los nativos en pequeña escala.

Hacia 1895, la propiedad minera del distrito se traspasó a una sociedad de San Luis Potosí; esta compañía duró cinco años explotando la mina. Debido a los altos impuestos y al gran costo de transporte esta sociedad terminó en bancarota; en este período se construyó una planta de beneficio.

De nuevo la explotación se redujo a nivel de gambusinaje por los nativos de la región, hasta después de concluida la revolución (1910).

Entre 1915 y 1935, este distrito volvió a trabajar en gran escala. Estuvo explotado por la Compañía Minera Aurora y Anexas, la cual extraía mineral por medio de socavones, que a continuación se enlistan, tomando como referencia el Nivel Aurora:

Cabezadas	64 m	sobre el Nivel Aurora
Santiago	27 m	sobre el Nivel Aurora
Santa Ana	25 m	sobre el Nivel Aurora
Aurora	00 m	sobre el Nivel Aurora
Palestina	17 m	bajo el Nivel Aurora
San Benito	17 m	bajo el Nivel Aurora
San Francisco	17 m	bajo el Nivel Aurora
Tenacidad	87 m	bajo el Nivel Aurora
El Cristo	87 m	bajo el Nivel Aurora

Todos estos socavones se encontraban comunicados entre sí, a excepción de los de Santa Ana y San Francisco. Estos laboríos se encuentran bien ventilados. En este período se explotaron los siguientes depósitos enunciados en orden de importancia decreciente:

Cuerpo San Enrique

San Benito

El Cristo

Cabezas

La Gran Bolsa

La extracción durante este período se calcula en 2 000 000 toneladas de mineral con ley promedio de 750 gr/ton de Ag y 7% de Cu.

Los años comprendidos entre 1940 y 1947, constituyeron la época de mayor esplendor, pues durante aquellas casi dos décadas, la Compañía Minera Asarco explotaba al máximo los yacimientos, como consecuencia de la demanda externa de mineral propiciada por la Segunda Guerra Mundial.

A esta era de bonanza siguió una rápida decadencia que culminó con la suspensión de la explotación originada por tres factores principales:

- a) El agotamiento de las menas y reservas conocidas
- b) El alto flete entre Xichú y San Luis Potosí
- c) La renovación de contrato de los trabajadores

II.7. - Trabajos Previos

Los primeros trabajos técnicos de que se tiene conocimiento sobre las minas de Xichú, datan de 1922 y son los siguientes:

Reporte Preliminar de las Minas de Xichú por Wastene y G. A.

Reporte Preliminar de las Minas de Xichú por Russell R. W.

Reporte Preliminar sobre el Mineral del Espíritu Santo, por Andalgua S.

Estos reportes contienen datos sobre la geología local, leyes y explotación de yacimientos.

Existe una publicación de 1964 realizada por J. J. Galván R. "Las Minas de Xichú, Gto". El autor se concreta en describir la Mina Aurora y su geología de la región de manera muy somera.

En el año de 1971 se realizó la publicación del C. R. M. , Datos de la Minería del Estado de Guanajuato, por J. Echegoyén, que contiene recomendaciones para la exploración de la Mina Aurora. Posteriormente en 1973 se realiza un estudio geoquímico de la Sierra Gorda del Estado de Guanajuato por J. Echegoyén, E. Cantero y J. H. Guerrero.

Finalmente en el año de 1978 se efectuó un Estudio Geológico Geoquímico Regional del Área de Xichú, Gto., por Miranda, C. R. M., que dio origen al presente estudio geológico geoquímico de detalle.

III.- PISTOGRAPHIA.

III FIOIOGRAFIA

El área de estudio pertenece a la parte sur de la Sierra Madre - Oriental; se encuentra situada en la subprovincia fisiográfica conocida como Sierras Altas (E. Raisz, 1964; W. Humphrey, 1956).

Estas sierras presentan una orientación N10°W; pero en el área no se puede establecer una orientación definida, debido a un plegamiento intenso local.

La región se caracteriza por su topografía abrupta y escarpada; las partes bajas son consecuencia de la erosión de la región.

Las elevaciones del terreno varían de 1 200 a 1 700 m sobre el nivel del mar en la zona sedimentaria, y en la parte firme de 1 700 a 2 000 m; las pendientes son muy pronunciadas, generalmente mayor de 60°. En la parte oriental y occidental del área las rocas sedimentarias se encuentran cubiertas por rocas riolíticas, que modifican el relieve haciéndolo menos abrupto.

III. 1. - Hidrografía

En drenaje de la región está controlado por la litología y estructuras; predominan las corrientes insecuentes que originan un sistema de drenaje dendrítico, definido por pequeños arroyos intermitentes y corrientes perennes; de este último tipo son el Rfo Xichú y Ad_u Juntas que son tributarios del Rfo Santa María.

Las principales corrientes de esta área de estudio son:

Cañada de Don Pedro, Cañada El Cuello, Cañada El Bernal, Cañada La Carmeña, Cañada de San Jerónimo, Río Xichú y Río Adjuntas, Arroyo El Barreno.

III. 2. - Geomorfología

La disposición que presentan las sierras descritas en el inciso anterior, es el resultado de los fenómenos tectónicos que intervinieron en su formación, ya que dichas sierras corresponden a una estructura de sinclinatorio. Los rasgos particulares que muestran estas sierras están controlados por el carácter litológico y plástico de las rocas que las constituyen y en las cuales, la erosión actúa en forma diferencial. Estas condiciones explican las formas complejas en donde afloran las rocas arcillo-calcareas y las formas abruptas, donde afloran las rocas carbonatadas, debido a la mayor resistencia de la erosión que oponen las calizas de la Formación El Abra.

Tomando como base las redes de drenaje que se encuentran bien definidas, se puede deducir que el ciclo geomórfico se encuentra en una etapa de madurez temprana.

IV. - GEOLOGIA

	SISTEMA	SERIE	PISO	AREA XICHU	REGION DE VERDE S.L.P.	REGION DE ZIMARRON	SIST. NIV. DE BONARUA-PEGR ROD.	CUENCA DALPAP-GRD.	CONFINA DEL CENTRO DE MEX.
CENOZOICA	CUATERNARIO	RECIENTE		ALUVION		ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION
		PLEISTOCENO		SABALITO					
	TERCIARIO	PLIOCENO		RAJOLITO		FM. LOS ESPINOS			
		MIOCENO							
		OLIGOCENO		CONGLOMERADO ROJO					
		EOCENO		TAJALITO					
MESOZOICA	CRETACEO	PALEOCENO							
		SUPERIOR		MEXICALA	CARDENAS	SOTATL	MEXICALA	MEXICALA	CANACOL
		MEDIO		SOTATL	TAJALITO	MEXICALA	MEXICALA	MEXICALA	CANACOL
		INFERIOR		EL AGUA	EL AGUA	EL AGUA	EL AGUA	EL AGUA	CANACOL
	JURASICO	SUPERIOR							
		MEDIO							
		INFERIOR							
	TRIASICO	SUPERIOR							
		MEDIO							
		INFERIOR							
	PALEOZOICA	SUPERIOR							
		MEDIO							
		INFERIOR							
		PALEOZOICA							

13 INFORME PROYECTO XICHU INEDITO 2, 4, 8 EXCURSION GEOLOGICA MEXICO-TANAILUPA PEREZ (1959)

IV GEOLOGIA

IV.1.- Estratigrafía

Formación El Abra

Antes de definir esta unidad, a continuación se elabora una síntesis respecto a su origen y cambios de nombre a que se ha visto sujeta por diferentes geólogos.

En 1915, Garfias utiliza informalmente por primera vez el nombre de Caliza El Abra, que posteriormente fue definida como formación por Kellum (1938) dividiéndola en Taninul Phase y Millolima Phase.

(Heim, A. , 1926-1940), en el año de 1926, describió un afloramiento de calizas arrecifales en lo que se consideró posteriormente la Sierra del Abra. Su localidad tipo se encuentra 11 km al oriente de Cd. Valles, S. L. P. , en la vía de ferrocarril (km 541 al 546), distinguió dos miembros:

El inferior constituido por una caliza de rudistas, a la que denomina Taninul y el superior constituido por una caliza con abundantes millólidos o sea El Abra.

F. Bonet (1952) la considera como facies El Abra y Taninul.

En 1955, Wilson propuso el término formal de Caliza El Doctor que fue utilizado por Segstrom en el libretto Guía del Congre

so Geológico Internacional (1956), Segestrom (1961), Fries (1962). Posteriormente B. W. Wilson y J.P. Hernández, hace notar la semejanza - entre su facies, Cerro Ladrón y la facies urgoniana de la Formación El Abra.

F. Bonet (1964) considera que las facies del banco calcáreo de la Formación El Doctor son semejantes en litología elementos faunales y paleoecología a la Formación El Abra.

Heudries (1967) usa el nombre de Plataforma de la Sierra El Abra en un mapa de los arrecifes de la Sierra Comanches, en México.

Carrillo B. (1969) incluye dentro de la Plataforma a la Sierra El Abra, quedando fuera del margen SW, el banco El Doctor y sugiere usar únicamente de Formación El Abra, para las rocas depositadas en la Plataforma Valles-San Luis Potosí, dividiéndola en tres facies: Arrecifal, Prearrecifal y Postarrecifal.

Litología. - Esta unidad es la más antigua que aflora en el área, en la zona se puede distinguir dos facies litológicas, una facies de caliza masiva y la otra de caliza de estratificación mediana a gruesa, con lentes arcillosos.

La facies de caliza masiva es de color gris crema, con algunos nódulos de pedernal gris claro; presenta estilolitas, varía de packestone grainstone, con restos de fósiles bivalvos y gasterópodos.

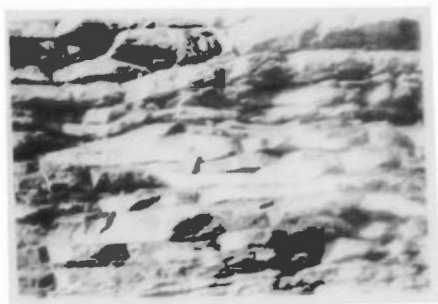


Foto No. 1.- Afloramiento de la Formación Soyal-Mexcala, en la cual se observa la estructura budinaje.

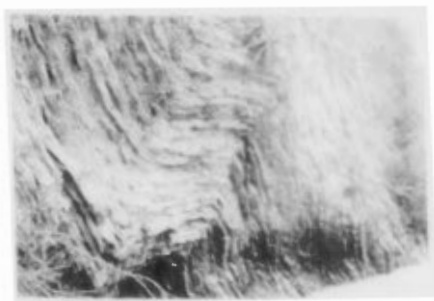


Foto No. 2.- Filamentosos (phylloids) en la Formación Soyal-Mexcala.

La segunda facies consta de capas medianas a gruesa, - predominando estas últimas, intercaladas con delgadas capas arcillosas, aumentan los nódulos y lenticulas de pedernal de color gris; se puede clasificar como un grainstone, algunos estratos se encuentran dolomitizados.

Distribución. - La Caliza El Abra tiene una amplia distribución, tanto en la región de Faja de Oro como en la Sierra Madre Oriental de la zona norte, tiene equivalentes en distintas partes del país: La Eagle Ford, Buda (Chihuahua), Aurora (Coahuila y Nuevo León), Morelos, Teposcolula (Oaxaca) y Caliza Sierra Madre (Chiapas) López Ramos (1979).

Espesor. - Su espesor es variable de 705 m a 2 540 m; en el área de estudio sobrepasa los 1 000 m de espesor.

Sobreyace a la Formación Pimienta en discordancia angular, Segestrom (1961) e infrayace a la Formación Soyatal en discordancia erosional.

Edad. - Se le asigna una edad Albiano-Cenomaniano y parte inferior del Turoniano. La litología indica un ambiente de plataforma y probablemente facies prearrecifal.

Formación Soyatal

D. F. White estudió y describió una formación en el distri-

to Minero Soyatal, pero fue B. W. Wilson y colaboradores quienes definieron la localidad tipo, en el Distrito Minero Soyatal, Querétaro a 48 km al norponiente de Zimapán, Hgo.

Litología. - La formación en su base tiene estratos de 10 a 20 cm de espesor de caliza mudstone-wackestone intercalados con lutitas negras que intemperizan pardo ocre, las lutitas aumentan hacia la parte superior.

Distribución. - Su distribución abarca el Altiplano de Querétaro, parte sur de Ixmiquilpan, Hidalgo y es equivalente en tiempo, a la Formación Agua Nueva (parte central de México), a la parte inferior de la Formación San Felipe en Tampico, a la Formación Cuautla en Morelos y Guerrero

Espesor. - Su espesor no sobrepasa los 300 m. Segestrom (1965), pero disminuye lateralmente con rapidez hasta su desaparición. Según K. Segestrom la Formación Soyatal pertenece al Turoniano Superior-Conaciano, se encuentra sobreyaciendo en contacto erosional con la Formación Doctor y subyaciendo a la Formación Mexcala, en contacto transicional. La evidencia suministrada por la litología indica un ambiente nerítico en facies de plataforma.

Formación Mexcala

El nombre de Formación Mexcala se propone para la su-

cesión de capas interestratificadas de arenisca, limolita y lutita calcárea con escasas lentes de caliza clástica, Fries (1960).

La localidad tipo se encuentra sobre el Río Mexcala en la parte central del Estado de Guerrero, en el km 220 de la Carretera - México-Acapulco.

Litología. - Esta unidad está constituida por lutitas y limolitas color gris, que intemperizan café, con intercalaciones de areniscas, la estratificación es variable de 10-30 cm.

Distribución. - Esta formación está bien expuesta al suroeste de Taxco en el centro de Guerrero, en el Estado de México, al norte por el Estado de Hidalgo, al norte del Estado de Querétaro y al oriente por la parte occidental de Puebla y Oaxaca.

Espesor. - El espesor es muy variable de un lugar a otro y el espesor original de la Formación Mexcala no puede medirse en ningún lugar, porque la parte superior de la unidad fue erosionada en un grado desconocido antes del depósito de la formación terciaria suprayacente. Además la compresión fue tan intensa que la formación está estrechamente plegada y por consiguiente las capas están repetidas, probablemente su espesor sobrepasa los 1 200 m, Fries (1960, pág. 80).

Edad. - Esta formación según Segestrom pertenece al Santoniano-Maestrichtiano, estratigráficamente se encuentra sobre yacen

COLUMNA ESTRATIGRAFICA (AREA XIMU)

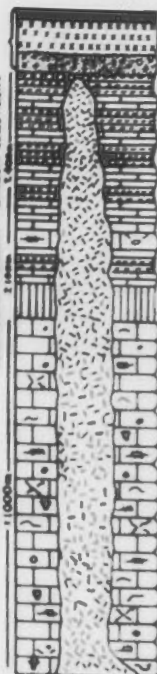
TABLA N° 2

TERCIARIO

MESOZOICO

CRETACICO SUR
CRETACICO INF

ALBUQUERQUE TUBEROLO - MAESTRANT



CONCRETO DE LAS PIEDRAS DE LAS MONTAÑAS
DE LA SIERRA Y VOLC. EN GRUPO DE ARELLAS ROJAS
GRANDES
POR BOTAS DE LA CAJA, CALLES Y LUTITAS CAL
CALLES COLOR GRIS OSCURO CON VESTIGIOS
DE CALCITA EXTRACTA 2-4000 GRAMOS
PESO MUY LIGEROS INTERPERLIZAN AMB
BOLAS OSC. AL PRACTICAR PRESENTAN
COLOR NEGRO LABERINTICO

INTERIO CALCAED. ESTRAT. BASICA, CON
ARELLAS, EN PERFORA. PIES DE GRUPO
GRANDE MEDIO GRUESO

EN EL AREA CEA ESTRAT. GRUESA BASICA CON
ESTILOITITAS, VORACE Y LUTITAS DE PIEDRA
CAL. PIES DE MONTAÑAS, PRESENTAN
LAS CALLES DE GRANO FINO



ROCAS BASALTICAS



ROCAS VOLCANICAS FELSICAS



CONCRETO DE LAS PIEDRAS



CALLES Y LUTITAS



SALTA BASICA CON ESTILOITITAS
HOPKINS DE PERFORA. Y PIES
DE MONTAÑAS GRUESO



INTRUSIVO MONTAÑAS -
CARLOS MONTAÑAS





Foto No. 3. - Estructura masiva de la Formación El Abra, donde se observan castilolitas.



Foto No. 4. - Contacto regional entre las Formaciones - Novaltepec y El Abra

do a la Formación Soyatal y en nuestra área suprayaciendo a derrames riolíticos.

La evidencia mostrada por su litología nos indica un ambiente infranerítico a nerítico con facies de plataforma, con aportación de sedimentos continentales transportados por los ríos que drenan el continente.

Debido a que es imposible distinguir el contacto entre las Formaciones Soyatal-Mexcala, Kenneth Segestrom sugiere que donde predominan las calizas sobre las rocas clásticas pertenecen a la Formación Soyatal y lógicamente donde predominen las rocas clásticas sobre las carbonatadas nos encontramos en la Formación Mexcala.

En nuestra área de estudio no es posible distinguir entre estas dos formaciones, debido al intenso plegamiento; fueron cartografiadas como una sola unidad Soyatal-Mexcala.

IV.2.- Geología Local

Formación Soyatal-Mexcala

Litológicamente se puede dividir en 3 unidades "A", "B" y "C".

Unidad "A":

La parte inferior de la formación está constituida por lutitas negras carbonosas, cuyo espesor varía entre 15 cm y 150 m, ca

lizas arcillosas lajeadas de espesor 20-40 cm, subiendo estratigráficamente, en la parte media de esta unidad es posible distinguir impresiones de amonoides mal conservados. El espesor aproximado de esta unidad es de 60 metros.

Unidad "B"

Esta unidad sobreyace a la Unidad "A". Está constituida por caliza arcillosa de estratificación ondulada de color gris oscuro; contiene nódulos y lentes de pedernal negro; al fracturarse desprende un olor fétido; presenta vetillas de calcita. La estratificación varía de 5-15 cm. En esta unidad el espesor de las lutitas disminuye, las cuales son de color negro y su espesor oscila entre 5-10 cm.

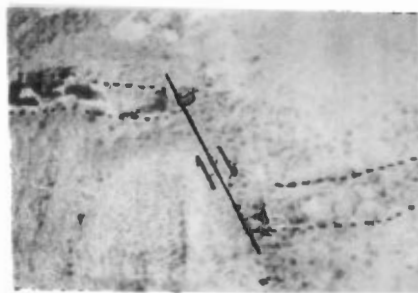
Unidad "C"

Esta unidad está constituida por caliza de estratificación gruesa a masiva; se observa recristalización; contiene nódulos y lentículas de pedernal gris, así como fragmentos de bivalvos; se clasifica como una variación de wackestone a packstone. En algunas capas al fracturarse despiden un olor fétido. Presenta estilolitas y también corrugación por disolución en las calizas, su espesor varía de 15 a 25 m.

Debido a la intensa deformación en algunas partes como en los arroyos de Don Pedro y San Miguel y en las cercanías del intrusivo, las lutitas se transforman a filitas, intensamente fracturadas origina -



**Foto No. 5. - El Bernal. - Cuello volcánico riolítico intrusando
a la Formación Soyatal-Mexcala.**



**Foto No. 6. - Falla normal en el miembro calcáreo de la
Formación Soyatal-Mexcala.**

das por un metamorfismo de bajo grado, dinamotérmico. El espesor de ambas formaciones es mayor a 60 metros.

Terciario

Conglomerado Rojo

El terciario está representado por rocas clásticas continentales de origen lacustre. Se les observa en discordancia angular sobre yaciendo a rocas del Cretácico en la parte central del área, está constituido por clastos subredondeados de caliza y pedernal, lutitas derivadas de rocas cretácicas y fragmentos de rocas volcánicas. El diámetro de los clastos varía de 1 a 50 cm, están fuertemente cementados, en una matriz calco-arcillosa; en la parte central está fuertemente alterado (silicificado y oxidado).

Por sus características litológicas y su posición estratigráfica se le puede correlacionar con el Grupo El Morro y el Conglomerado Rojo de Guanajuato; su edad probablemente es del Eoceno Superior; basándonos en el tamaño de los clastos y su poca redondez, se puede inferir que su fuente de origen estuvo próxima al lugar del depósito.

En la parte central presenta una intensa silicificación, donde se observan los clastos del conglomerado, reemplazados por sílice; en los altos topográficos de este conglomerado, afloran eskarns de granate, así como numerosas vetillas de hematita intersectando a dicho conglomerado.



Foto No. 7. Vista aérea del contacto entre las Formaciones El Abra (Kr) y Sovatal-Mexcala (Ks) en el flanco SE del Anticlinal del Cerro del Oro.

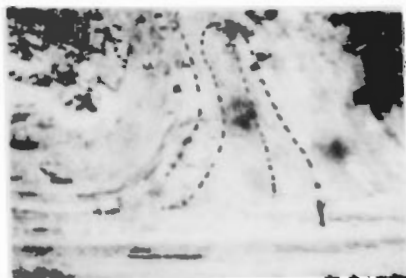


Foto No. 8. Calizas negras (arriba) y calizas blancas (abajo) con cuatro y cinco metros de espesor, en el pliegue central de la zona de Anticline del Cerro del Oro.

Tomando como base el trabajo de campo y en estudios de lámina delgadas, se infirió la existencia de un cuerpo hipabisal a poca profundidad.

Actividad Ignea. - La actividad ígnea se manifiesta en el área, como resultado de la última etapa de la Orogenia Hidalguense (Cretácico Superior-Terciario Inferior), y está representada por rocas plutónicas y volcánicas de composición calcoalcalina correspondientes a un magnetismo sinorogénico.

La distribución de las rocas ígneas intrusivas se restringe a la parte noroccidental del área, las cuales están representada por riolitas y basaltos. La eyección de las rocas riolíticas debió ocurrir a través de fisuras, durante la última etapa del ciclo geotectónico, mientras que los derrames basálticos debieron salir a través de chimeneas volcánicas, en la parte final del ciclo geotectónico (magmatismo post-orogénico).

Las rocas intrusivas se presentan aisladamente en forma de sill, diques y stocks de composición félsica e intermedia.

Rocas ígneas intrusivas

a) Intrusivos Cuarzomonzoníticos. - En el área hay cuatro afloramientos de cuerpos hipabisales.

El mayor y principal están situado en las cercanías de la Mina Aurora, teniendo un rumbo general NW-SE, y de dimensión apro-

ximada de 4 km de largo por 400 m de ancho; presenta una estructura de sill.

Se clasifica como una cuarzomonzonita con variaciones de monzonita.

Su análisis petrográfico dio como resultado: color gris - claro, textura: Holocristalina porfídica de grano medio; los minerales esenciales son cuarzo, microclina, andesina y oligoclasa; como accesorios se tienen: ferromagnesianos alterados y en los secundarios: sericita, hematita y limonita.

Debido a su posición relativa, se le ha asignado una edad del Paleoceno Medio al Eoceno.

Este intrusivo está íntimamente ligado a la mineralización de los sulfuros de Ag, Pb, Zn y Cu, ya que en la periferia se encuentran los principales cuerpos mineralizados.

En las márgenes del Río de Xichú, hacia el norte del intrusivo anterior, se encuentra otro de menores dimensiones en el cual no se observaron manifestaciones de sulfuros; presenta al igual que el anterior, una estructura de sill y su dimensión aproximada es de 500 m de largo por 200 m de ancho.

En la proximidad del Arroyo de Mogotes, hacia el NE a 3 km en la línea recta de Xichú, se localiza otro afloramiento, donde se observaron vetillas de calcita y pirita, de poca importancia. El últi-

mo afloramiento que es el más pequeño, de 100 m², se restringe a un pequeño apófisis en el cual su asociación con la mineralización se hace evidente. Estos tres últimos cuerpos descritos anteriormente, tienen la misma composición que la del cuerpo principal.

b) Intrusivos Andesíticos. - Están emplazados en tres zonas del área; el de mayor extensión de afloramiento se encuentra situado en el Cerro del Guajolote, al W de la Mina Aurora y otros afloramientos al S y SW de la misma. Se presentan alterados principalmente por propilitización, debido a un proceso hidrotermal. Su análisis de laboratorio dio como resultado una andesita porfídica, como minerales esenciales tiene andesina y oligoclasa; en los accesorios presenta ferromagnesianos alterados; como secundarios clorita, sericita, hematita y cuarzo.

Tomando en cuenta su cercanía entre sí y su composición, se puede inferir que se unen a profundidad a un tronco.

c) Intrusivos Riolíticos. - El cuerpo de mayores dimensiones es la Peña Bernal. Es un cuello volcánico riolítico de origen poco profundo, presenta asimilación de rocas sedimentarias, está situada a 3 km al oeste de la Mina Aurora.

Su clasificación petrográfica fue de un pórfido riolítico de color pardo rojizo, de textura hilocristalina porfídica, como minerales esenciales: cuarzo, oligoclasa, andesina, microlina, como acceso-

rios: ferromagneisanos alterados, magnetita y biotita; secundarios: sericita, hematita y limonita.

Se encuentran alterados por silicificación y oxidación.

d) Diques. - En la cercanía de los intrusivos se presentan una serie de diques asociados a los mismos, de los cuales se clasificaron cuatro típicos; riolíticos, basálticos, cuarzomonzoníticos y monzoníticos, estos dos últimos, asociados con la mineralización se presentan fuertemente silicificados y propilitizados.

Su textura es por lo general holocristalina porfídica. Están compuestos por plagioclasa y cuarzo. Su rumbo predominante es NW-SE.

Rocas Volcánicas Félsicas

En el área afloran rocas volcánicas félsicas, las cuales se dividen en: riolitas y traquitas. Se presentan en derrames y piroclásticos que cubren a las rocas sedimentarias cretácicas.

Las riolitas afloran en la parte NE de Xichú, en la localidad de San Jerónimo se prolongan hacia el SW hasta el Cerro de los Llanitos y Mesas de San Diego. Son de color pardo y textura compacta porfídica, como minerales primarios tienen cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca, en matriz desvitrificada; como secundarios: sericita, calcedonia, hematita y limonita.

La edad de estas rocas no se pudo fijar con exactitud, pero su posición estratigráfica se infirió una edad Terciaria.

Basalto

Se restringe a un pequeño remanente de pendientes suaves, localizado al NW de Xichú a unos 2 km en la línea recta y cubre una superficie de aproximadamente 200 m². Está cubriendo a rocas sedimentarias del Cretácico (Formación Soyatal-Mexcala).

De color gris oscuro; estructura vesicular y textura afanítica; como minerales esenciales contiene: andesina y labradorita; como accesorios: olivino, augita y magnetita y como secundarios: hematita, limonita y clorita. Se le ha asignado una edad del Plioceno Medio al Reciente.

Aluvión y Suelos

El aluvión únicamente se encuentra en los cruces de las corrientes grandes como: el Río Xichú, Arroyo de Organitos, Arroyo de Hospital y Arroyo de Mogotes.

En las partes altas, los suelos están bien desarrollados, mientras que en las partes bajas son escasos.

IV.2.1.- Tectónica y Yacimientos Minerales

La tectónica es la base para poder interpretar el origen y la for-

mación de un yacimiento mineral epigenético y está íntimamente ligado a la formación de Provincias Metalogenéticas a escala regional e incluso continental.

Se puede interpretar la mutua relación entre la tectónica y los yacimientos minerales, en base a los períodos del ciclo geotectónico.

Período de Sedimentación (Diagénesis).

La sedimentación tiene lugar en zonas de subsidencia, en las cuales se formaron estructuras primarias que favorecieron la migración de los fluidos mineralizantes y la deposición de éstos.

Las Estructuras Primarias que favorecen la mineralización son las siguientes:

- a) Porosidad primaria y permeabilidad
- b) Planos de estratificación
- c) Litología
- d) Cambio de facies

Esta etapa se caracteriza por el hundimiento, una gran sedimentación y la presencia de un magmatismo preorogénico de carácter básico formado por efusiones submarinas de lavas básicas y además emplazamiento de plutónicas como: diabasas, gabros, peridotitas, noritas, - etc. Dicha actividad ígnea es favorable a la formación de yacimientos de Pt, Ni, Co, Cr, etc., este tipo de rocas generalmente caracterizan etapas geosinclinales y se encuentran en la literatura geológica con el

nombre de ofiolitas, que es una designación general.

Período de Plegamiento (Orogénesis)

Este período se caracteriza por procesos compresionales que de forman y plegan los sedimentos acumulados en el geosinclinal y movimientos epirogénicos que originan elevaciones de los sedimentos plegados formando parte del cratón; durante esta fase se produce una intensa actividad ígnea (sinorogénica), de tipo calcoalcalino que puede perdurar hasta la época postorogénica, predominando las rocas de tipo hipabisal, tales como: sills, stocks, etc., y un vulcanismo de ca rácter ácido explosivo. Esta etapa es muy importante en la formación de yacimientos hidrotermales; en este período se forman estructuras favorables, para la concentración de soluciones minerales tales como: plegamiento, fallas, diaclasas, apizarramiento, brechas, etc.

Período de Tafrogenia

Esta etapa se caracteriza por el fallamiento en bloques de estructuras sedimentarias a menudo muy potentes y da lugar a estructuras tales como: Pilares tectónicos (horst) y fosas tectónicas (Grabens) que son elementos estructurales generalmente de gran extensión.

En esta etapa cesan las fuerzas compresionales, ocasionando grandes fallas y fracturas a través de los cuales se producen emisiones de lavas básicas procedentes del manto. Con estas emi-

nes se cierra el ciclo magnético, denominado volcanismo postorogénico o volcanismo final. Esta etapa no es importante para la formación de yacimientos minerales, salvo en las zonas de distensión (rifting) donde se forman nódulos plurimetálicos e hidróxidos de hierro.

IV.2.2. - Tectónica Regional

La manera más conveniente de discutir el desarrollo tectónico de una región, es refiriéndose a los ciclos tectónicos; en México se reconocen tres de ellos:

- 1).- Jalisciense (Cámbrico-Jurásico Medio)
- 2).- Huasteco (=Apalachano = Oachita-Jurásico Medio)
- 3).- Mexicano (=Cordillerano, Jurásico Sup. - Terciario Inf.)

Las rocas más antiguas que se conocen en México, afloran en la parte noroccidental de Sonora, constituidas por granitos y esquistos metamórficos de la era precámbrica. En este tiempo, posiblemente se extendía un cratón orientado de N a S en territorio mexicano (De Caerna).

Este cratón fue desarrollado de un eugeosinclinal que llegó a ser consolidado (Fig. No. 3) a principios del Cámbrico.

Durante el Precámbrico Tardío un nuevo geosinclinal se -

PALEOZOICO

CINTURON ESTRUCTURAL HUASTECANO

 ROCAS GNEISSEYAS (ZONA HUASTECANA)

 ROCAS GNEISSEYAS (ZONA HUASTECANA)

CINTURON ESTRUCTURAL MEXICANO

 ROCAS GNEISSEYAS (ZONA HUASTECANA)

 ROCAS GNEISSEYAS (ZONA HUASTECANA)

 METAMORFISMO



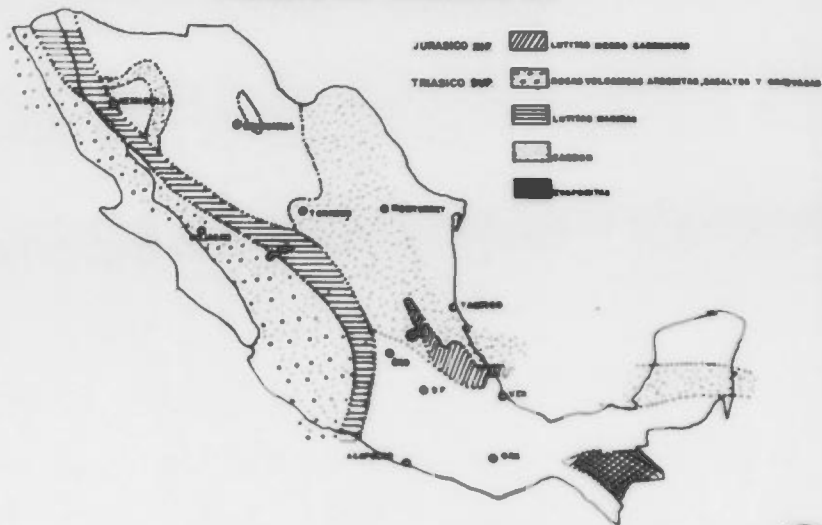
formó para construir el Cinturón Estructural Oaxaqueño (De Cserna 1969), el cual recibió grandes volúmenes de sedimentos provenientes del W; este geosinclinal posiblemente sea la continuación del geosinclinal de Grenville ubicado al sureste de Canadá y noroeste de Estados Unidos (Cserna 1978); el cinturón estructural llegó a ser anexado al W del antiguo cratón, el cual conjuntamente controlaban la sedimentación y la tectónica del Paleozoico (Fig. No. 3).

La interpretación paleogeográfica está basada en datos petrológicos, estructurales y de edades radiométricas de las rocas.

Durante la era paleozoica, el cratón fue bordeado en el este por el Cinturón Estructural Huasteco, continuación del Cinturón Magog (?) y en el W por el Cinturón Jaliscoense, continuación del Cinturón Millard (?), constituyendo dos verdaderas fosas tectónicas integradas por dos zonas, una zona interna cristalina y otra externa sedimentaria (Fig. No. 3), De Cserna (1973). Los sedimentos depositados son principalmente carbonatos y lutitas; la actividad magmática paleozoica está representada por efusiones en el Eugeosinclinal Huasteco. Durante el Precámbrico (?) y son preservados en Tamaulipas, Nuevo León y sureste de Puebla (De Cserna, 1973).

La estratigrafía registrada y las relaciones geológicas locales indican que el primer evento orogénico en el Paleozoico se llevó a cabo en el este de México aproximadamente entre las latitudes 18° y 24° a lo largo de la costa, sitio de la actual Sierra Madre Orien-

TRIASICO SUP - JURASICO INF

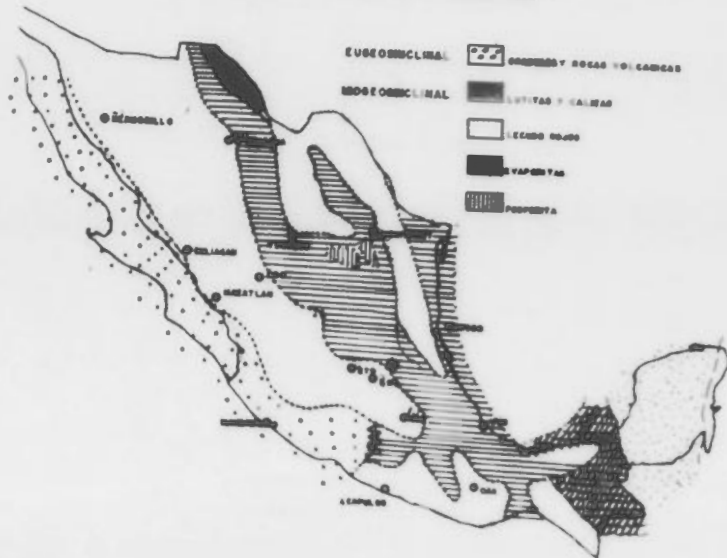


tal. Como resultado de esta deformación, el Cinturón Estructural - Huastecano ascendió progresivamente durante el Ordovícico; esta orogénia fue marcada por el resultado de fuerzas compresionales de dirección E-W permitiendo un cabalgamiento de las masas alóctonas sobre el cratón; a tal orogénia se conoce como Orogenia Coahuilense - (=Taconiano?) (De Cserna 1971). Esta deformación es la responsable de la consolidación final de la Faja Estructural Huastecana.

En el comienzo de la era mesozoica, México fue dividido en cuatro segmentos por cuatro fallas de transcurrencia de tendencia W-NW y E-Se (Murray, 1961); Bryant, 1968; De Cserna 1970; Mooser 1972) ocasionando un desplazamiento lateral del cratón paleozoico, - quedando controlada la sedimentación por la distribución de las áreas topográficas en el NW de México; la sedimentación quedó constituida por evaporitas y cambios hacia el W de lutitas y calizas de aproximadamente 1 700 m de espesor, las cuales se acumularon en el miogeosinclinal. Más hacia el W, existía un eugeosinclinal, esto se deduce por la presencia de cuarcitas, rocas y metavolcánicas en Baja California y W de Sonora.

En la parte central de México el plegamiento y los empujes producidos por la Orogenia Coahuilana fueron subsiguientemente compensados por fallas normales que originaron climáticos continentales (lechos rojos), asociados a un volcanismo félsico fueron deposita-

JURASICO SUP-CRETACICO INF



dos en estructuras de grabens en el Triásico Tardío-Jurásico Inferior. En el Golfo de México se acumularon lutitas negras depositadas en un medio reductor.

Hacia el final del Jurásico Temprano, esta faja estructural comienza a ascender y hacer posible un deslizamiento de masas alóctonas sobre el cratón, llegando hasta la parte central de México; estos metamorfismos han sido identificados en el este de Zacatecas y en Guanajuato; las fuerzas compresionales originaron plegamientos suaves, en los lechos rojos y en las lutitas negras; esta deformación producida en el Jurásico Tarfo-Medio es conocida como eventos de empuje Zacatecas del Ciclo Geotectónico Mexicano; en este tiempo el Golfo de México se comienza a abrir; la circulación del océano llegó a ser restringida y bastos depósitos de sal se acumularon desde el norte hasta el sureste del golfo, finalizando con una secuencia normal marina de lutitas, areniscas y calizas.

En este tiempo (Jurásico Tardío), comienza una gradual inundación en el continente formándose el Geosinclinal Mexicano (Fig. No. 4) bordeado en el W y E por Precámbrico y Triásico Superior. En el W se comienza a formar un geosinclinal (Fig. No. 4), el cual continúa sin interrupción hasta finalizar el Cretácico Inferior. En este cinturón estructural se depositaron argilitas y volcanitas con asociaciones de ofiolitas; esta secuencia es preservada y metamorfozada en el W de Ba

CRETACICO INF



ja California hacia el final del Cretácico Temprano. Durante el Albiano comienza una gran transgresión de los mares prolongándose a finales del Turoniano; la secuencia sedimentaria constituida principalmente de carbonatos. En el Cretácico Tardío el eugeosinclinal padeció un metamorfismo regional, estos procesos ocasionaron una elevación de el W hacia el E, originando olásticos que fueron derivados de la elevación del terreno, constituyendo cuñas flysch. Estas elevaciones probablemente alcanzaron 3 000 m sobre el nivel del mar, al final de Paleoceno se produce un hundimiento ocasionado por un declive que buza hacia el E. Durante el Eoceno, este declive origina un deslazamiento, por el cual el Jurásico Superior (Paleoceno), se desliza del W a E quedando plegado como resultado de la resistencia ofrecida por áreas positivas que actuaron como contrafuerte. Esta deformación se originó durante el Eoceno Temprano y constituyó la Orogenia Hidalguense (Laramide); y los sedimentos plegados constituyen la Sierra Madre Oriental (De Caena 1965) que paulatinamente es erosionada y en la cual los detritos derivados son acumulados en el golfo constituyendo lo que actualmente se conoce como Planicie Costera del Golfo.

Durante el Eoceno y Oligoceno la parte central recibió los detritos de las estructuras plegadas depositándolos en cuencas endorreicas que se desarrollaron como consecuencia de la tafrogenia.

A principios del Mioceno se desarrolló la más intensa actividad -

CRETACICO SUP



que fue centrada en la parte W de México y disminuyó gradualmente hacia el E.

El producto de esta actividad son principalmente riolitas, riolacitas, andesitas y piroclásticos que constituyen la Sierra Madre Occidental.

Tomando como referencia lo expuesto anteriormente, De Caena - infiere la existencia de un basamento de edad grenvilliana, más o menos 900 millones de años, con una orientación casi N-S, que comprende desde Tamaulipas hasta Oaxaca. Esta faja estructural está sepultada por la Sierra Madre Oriental que constituye la parte miogeosinclinal de la Faja Tectónica Mexicana.

Este concepto parece confirmarse por la aportación de diferentes estudios geocronológicos en rocas metamórficas, los cuales hablan de localidades precámbricas en:

Tamaulipas - Gneiss Novillo

Hidalgo - Gneiss Huiznopala

Oaxaca - Complejo Metamórfico

IV. 2. 3. - Conclusiones Tectónicas

En el área de Xichú, probablemente el basamento está constituido por cuencas metasedimentarias y metaígneas de litología similar a las expuestas en la región de Molango, Edo. de Hidalgo, es decir, de ortogneiss y paragneiss de facies de granulita, constituidos -

por cuarzo, ortoclasas, plagioclasa sericitizada, biotita cloritizada, granate, espatito, zircón, diopsida, cordierita y grafico como accesorio. Estos gneisses se encuentran interestratificados con pocas capas de esquistos y máficos de color verde (Fries y otros, 1965). Su edad varía entre 1 100 y 770 millones de años, se le puede correlacionar con el Gneiss Novillo en Vd. Victoria, y el complejo metamórfico de la parte central de Oaxaca.

Y este basamento posiblemente se encuentra cubierto por un paquete de rocas sedimentarias similares a las expuestas en el anticlinorio de Huayacocotla, cuya edad y nombre se enlistan a continuación en orden cronológico:

Cretácico	Sup.	Fm. Mexcala Fm. Soyatal
	Medio	Fm. El Abra
Jurásico	Sup.	Fm. Pimienta Fm. Tamán
	Medio	Fm. Cahuscas
	Inf.	Fm. Huayacocotla
	Triásico	Fm. Huizachal
Paleozoico		Fm. Guacamaya

Esta secuencia fue plegada por esfuerzos compresionales de orientación NE-SW producidos por la Orogenia Hidalguense, (Eoceno).

El patrón estructural pertenece a un sistema de plegamiento inten-

so, cuyas características estructurales corresponden a un plegamiento complejo. Estos sistemas están constituidos por pliegues menores recostados, disarmónicos.

Posteriormente a esta compresión, se inicia un volcanismo calco-alcalino, representado por los derrames riolíticos que cubren la parte noroccidental del área.

En el Oligoceno-Mioceno se produce el emplazamiento de cuerpos intrusivos de composición granodiorítica y cuarzo-monzonítica, los cuales se ubican en una faja de unos 180 km de longitud a través de los Estados de Hidalgo, Querétaro y Puebla, los cuales están relacionados con la mineralización de Xichú en Guasajato, Pinal de Amoles y El Doctor en Querétaro, El Chico y Pachuca-Real del Monte en Hidalgo, la cual presenta una orientación N45°W (Geyne, et al, 1963).

A principios del Plioceno se inicia la tefrogénesis la cual trae como fosas y pilares tectónicos, acompañados por un volcanismo post-orogénico de tipo basáltico.

IV.2.4. - Rasgos Tectónicos Locales

En el área de estudio se observan rasgos estructurales visibles en imágenes de satélite LANDSAT-1 a escalas 1:500 000 y 1:1 000 000, que pueden ser de ayuda para la localización de zonas favorables para la mineralización.

Entre rasgos estructurales los integran lineamientos que pueden

ser grandes fallas, fracturas y alineamientos de cursos de ríos.

La intersección de estos alineamientos son favorables para la concentración de sulfuros (Salas, 1978).

En el área de Xichú se observaron dos patrones estructurales, uno de dirección NO-SE y otro de dirección NE-SO (Candamedo, 1979), los cuales se muestran en la figura anexa.

IV.3. - Geología Histórica

La geología histórica que se registra en el área se puede reconstruir desde el Cretácico Inferior (Albiano), tiempo en el cual el área se encontraba inundada por aguas marinas, debido a una gradual transgresión iniciada en el Jurásico Superior (De Ceerna, 1960).

La fase tectónica de subsidencia originó la formación de dos bloques hundidos escalonados en los cuales los sedimentos calcáreos fueron depositados en el bloque superior afallado (Plataforma de San Luis Luis Valles) y en el bloque inferior, se depositaron las Formaciones Tamabra y Tamaulipas Superior (Aguiño, 1971).

La Plataforma de San Luis Valles tuvo una continua subsidencia en el Albiano, la cual explica el espesor de 1 800 m hacia el este de la Plataforma; este proceso continuó hasta el Cenomaniano Temprano, tiempo en el cual hubo una emersión general propiciando una erosión desigual en la superficie emergida.

Posiblemente en el Turoniano inferior, la zona volvió a sumergirse; en este tiempo se depositaron carbonatos arcillosos interestratificados con limolita (Formación Soyatal); los terrígenos fueron derivados de tierras emergidas cercanas hacia el occidente.

La sumersión continua y la sedimentación fue cambiando gradualmente aumentando el material clástico debido posiblemente a movimientos epigénicos que actuaban en el occidente, y a un volcanismo preorogénico que aportaba material clástico. En el Comaciano aún predominaban los materiales calcáreos sobre los terrígenos; este ambiente continuó hasta principios del Santoniano, en el cual la presencia de sedimentos terrígenos se hace más notoria, para formar estratos de arenisca interestratificada con lutitas y clásticos mayores formando un flysch preorogénico (Formación Mexcala). Este fenómeno indica las primeras pulsaciones de Orogenia Laramide, ambiente que perduró hacia la terminación del sistema Cretácico; tiempo en el cual los paquetes sedimentarios empezaron a emerger para no volver a sumergirse.

Los movimientos epigénicos probablemente se iniciaron en el Terciario (Paleoceno), continuándose hasta el Eoceno, provocados por la Orogenia Laramide o Hidalguense (De Caena, 1960). A finales del Eoceno, vino una etapa de acomodo (Tafogénesis), que originada por el cese de los esfuerzos compresionales, provocó estructuras tales como fosas y pilares tectónicos y numerosas fallas normales; dicho proceso

originó la acumulación sobre las fosas de clásticos derivados de los altos topográficos (Conglomerado Rojo). El Conglomerado Rojo es - una especie de molase continental de origen postorogénico que posiblemente se depositó en el Eoceno-Oligoceno; la gran cantidad de detritos gruesos que caracterizan el Conglomerado Rojo, indican la presencia de altos topográficos que aportaron dichos materiales; la matriz arcillosa señala que los suelos rojos se formaron en terrenos elevados con una humedad moderada y vegetación no muy abundante como para poder reducir el fierro (Fries, 1962); además una infiltración de agua sin precipitación de sales y una depositación en un ambiente oxidante, es decir, en cuencas hidrográficas epicontinentales para poder conservar su color rojizo. Posiblemente esta acumulación ce só a finales del Oligoceno, tiempo en el cual comienza una etapa de volcanismo postorogénico que perduró hasta el Plioceno Temprano con la acumulación de rocas volcánicas de composición riolítica y la intrusión de cuerpos plutónicos que favorecieron la mineralización del distrito minero.

Hacia el comienzo del Pleistoceno culmina el ciclo magnético con la actividad volcánica de composición basáltica que cubren las partes altas sin alcanzar un espesor considerable.

V.- YACIMIENTOS MINERALES

V YACIMIENTOS MINERALES

V.1. - Paragénesis y Sucesión

La determinación de la paragénesis y sucesión se infirió tomando como índice, la sucesión normal característica de los yacimientos hidrotermales (Park, 1978 , p. 156). Se tomaron como base los estudios mineragráficos de superficies pulidas, tomadas de muestras colectadas en las menas; en éstos se observaron texturas y microestructuras que fueron fundamentales para decir el orden de la depositación mineral.

Con base en estos estudios, se concluyó la siguiente paragénesis y sucesión en orden descendente de temperatura:

Pirrotita

Arsenopirita

Pirita

Calcopirita

Bornita

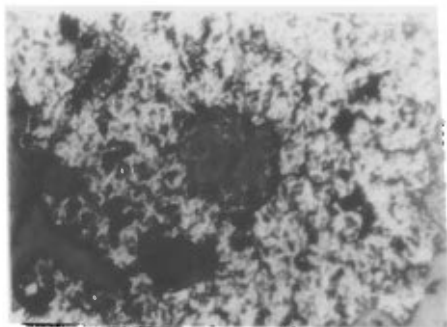
Esfalerita

Galena

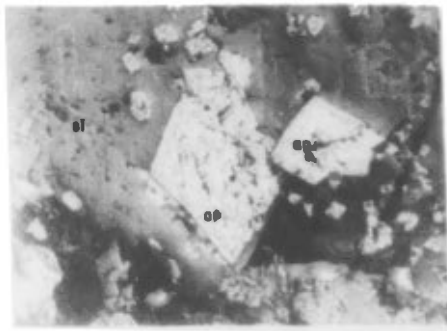
Argentita

Platas Rojas

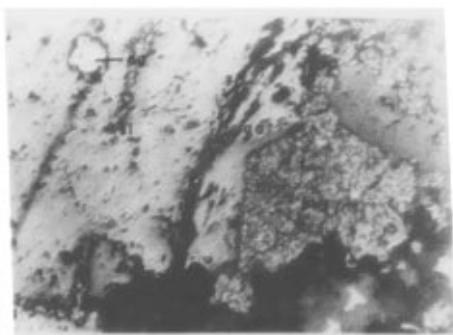
Los sulfuros hipogénicos se encuentran reemplazando parcial-



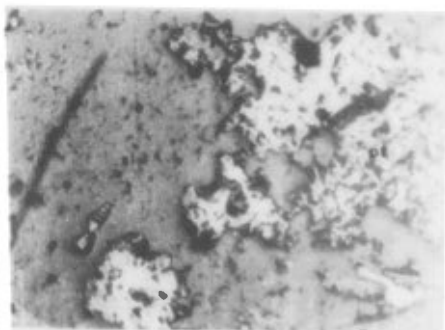
Fotomicrografía No. 1. - Textura típica de la isla y mar donde el mar está representado por pirrotita (Pt) y la isla por pirita (Py)



Fotomicrografía No. 2. - Textura caracterizada por solución de hierro y azufre, observada en la parte central de la muestra, sobre siderita (St) sobre pirita (Py).



Fotomicrografía No. 3. - Argentita en exolución en esfalerita cortado por galena.



Fotomicrografía No. 4. - Inclusiones de talco en esfalerita.

mente a los estratos de calizas, formando bolsadas, las cuales promedian 3 m de espesor y 30 m de longitud, y están encajonadas por lutitas negras calcáreas.

La concentración de sulfuros de importancia económica se restringe en la periferia del flanco meridional del intrusivo.

Los mantos de reemplazamiento abarcan aproximadamente el 90% del mineral económico, el otro 10% está concentrado en vetas con reemplazamiento, las cuales presentan una orientación de N30°E a N-S.

La coexistencia de minerales característicos de alta y baja temperatura pirrotita-argentita-pistas rojas, sugiere un telescopio que indica un cambio brusco de temperatura y presión de las soluciones hidrotermales que se emplazaron cerca de la superficie.

V. 2. - Mineralogía

La mineralogía del distrito está presentada por dos clases de mineralización; la primera corresponde a una etapa hipogénica y la segunda a una etapa supergénica, que se presenta solamente en las estructuras de chimeneas.

Minerales Primarios (Hipogénicos)

Arsenopirita
Argentita
Bornita
Barita
Calcopirita
Calcita

Minerales Secundarios (Supergénicos)

Anglesita
Azurita
Calcomita
Cerrargirita
Cerucita
Limonita

Cuarzo
 Calcedonia
 Dolomita
 Esfalerita
 Fluorita
 Galena
 Sulfosales de Plomo

Malachita
 Yeso

V.3. - Alteraciones

La alteración hidrotermal se presenta en la vecindad del yacimiento; se hace más intensa en el flanco sur del intrusivo. Esta intensa alteración tiene un espesor que no sobrepasa los 40 m, y disminuye gradualmente al alejarse del intrusivo.

La silicificación y carbonatización son las alteraciones hidrotermales más notorias presentes en el distrito.

Carbonatización

La carbonatización como aquí se emplea, incluye la calcitización y la dolomitización.

La calcita es uno de los minerales hidrotermales más abundantes; se presenta en general en toda la ganga de las estructuras mineralizadas; también ocurre como vetillas junto con cuarzo, diseminadas en la periferia del yacimiento. La calcita fue uno de los minerales primarios que se formaron siendo localmente reemplazados por sulfuros. No se pudo distinguir la calcitización supergénica y la hipogénica.

La dolomitización afectó principalmente los estratos calcáreos

de la Formación Soyatal-Mexcala. Se distingue por su mayor dureza y el cambio de textura, aspereza y color más oscuro, que la caliza original. Probablemente la dolomitización fue anterior a la deposición mineral.

La calcita se presenta como recristalización en las calizas y se extiende en toda el área.

Silicificación

Como se dijo anteriormente, esta alteración junto con la carbonatización, son las más notorias en el área; se presenta en la ganga y - en algunas vetas como cuarzo lechoso; así también en forma de calcedonia, reemplazando parcialmente calizas, en el área se encuentra distribuida en forma de vetillas con cantidades subordinadas de pirita y reemplazando principalmente a calcita.

Propilitización

Esta alteración es un conjunto de alteraciones causadas por la - formación de pirita-clorita-epidota-calcita.

La propilitización se manifiesta básicamente en los cuerpos hipabisales y en brechas producidas por el emplazamiento del cuerpo ígneo principal; esta alteración se distingue en las rocas por un color verde uniforme, con pequeños cubitos de pirita diseminados.

Las cantidades de pirita, clorita y epidota difieren de un lugar a -

otro, siendo la pirita el mineral más ampliamente difundido y además se presenta en la ganga de las menas.

Sericitización

Esta alteración se restringe únicamente a los cuerpos hipabisales y se distingue por un aspecto sedoso y se le encuentra principalmente en las fracturas dentro de los cuerpos ígneos. La sericita es una variedad de la muscovita de grano fino, la cual se forma a una temperatura de 300° a 400°C.

Oxidación

Es la alteración más marcada en el área, se le consideró una alteración hidrotermal en las estructuras mineralizadas, y una alteración secundaria en toda el área; en superficie, la oxidación presenta una coloración rojiza anaranjada, ocurre como grandes manchones sobre diques, vetas y cuerpos intrusivos y consiste de hematita y goethita.

Yeso

Esta alteración se encuentra muy esparcida en el área (Ver Plano de alteraciones); se le considera una alteración secundaria.

Se presenta en dos formas: la primera intercalada en calizas y lutitas, en forma de masas lenticulares. La segunda ocurre en forma de prismas que crecen sobre fracturas o huecos.

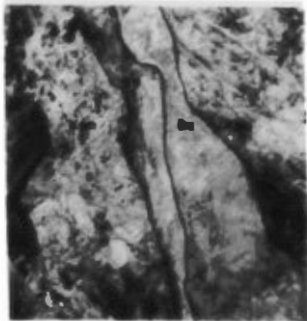


Foto No. 9. Dique cuarzo amonético (DS) recortado, con sulfuros diseminados, intrusivamente, calizas negras carbonosas interstratificadas con lutitas negras y arcillas silíceas (Km). En el alto del dique zona de sulfuros diseminados y vetillas (DS). Mina Aurora, Nivel Palestina.

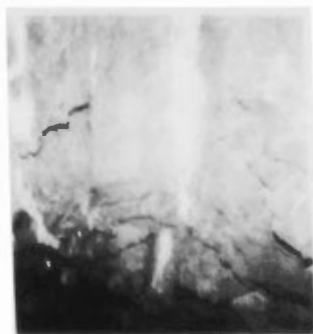


Foto No. 10. Vetillas de calcita con catalpa, góndola, pirita y sulfosales de platino empujadas en la formación Sowat. Mina Aurora, Nivel Palestina.

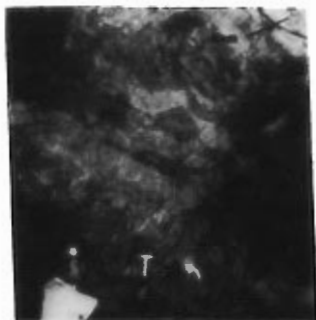


Foto No. 11.- Cuerpo de reemplazamiento meta-somático (Cr) en el Nivel Palestina de la Mina Aurora. Calcoprita, pirita, blenda y galena. Son notorios los estratos de lutita sin reemplazar.

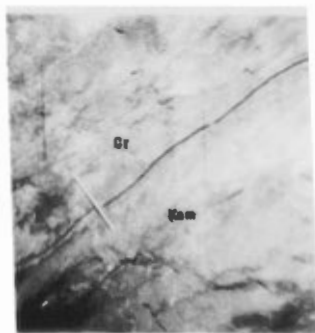


Foto No. 12.- Cuerpo de reemplazamiento meta-somático (Cr) en el Nivel Palestina de la Mina Aurora. Son notorios los estratos de lutita sin reemplazar. Se ven las fracturas de relieve.

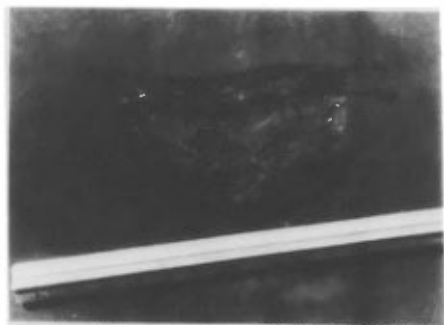


Foto No. 13. Superficie pulida mostrando los estratos de lutita negra como estructura de relictos de un cuerpo de reemplazamiento metasomático en el Nivel Palestina de la Mina Aurora.



Foto No. 14. Vista aérea de los pilones de la Mina Aurora, en el Rfo Nchi con leyes de: 0.05% Cu, 0.02% Zn, 0.62% Pb y 60.21% Ag.

V.4. - Estructuras Minerales y Roca Encajonante

En el área se encuentran 2 tipos de estructuras mineralizadas; los mantos de reemplazamiento metasomático, cuyo espesor promedio es de 2 m que se adelgazan y se ondulan; dichos mantos presentan estructuras pseudomorfias, donde se observa que el reemplazamiento predomina en las rocas carbonatadas sobre las rocas arcillosas como las lutitas carbonosas.

Los minerales de mena son: galena, esfalerita, calcopirita y sulfosales de plata asociadas a la galena.

La ganga está formada por pirita, cuarzo, hematita, limonita, - calcita, magnetita, minerales arcillosos y fluorita.

Estos mantos de reemplazamiento son las estructuras principales de mineralización, las más importantes son las siguientes:

Cuerpo San Enrique

Este cuerpo de mineral, cuyos afloramientos se ven en superficie, se encuentra localizado en el Nivel Aurora; presenta una anchura de 8 a 10 m con 30 m de largo. Su ley media fue de 700 gr/ton de Ag, 3% de Pb y 7% de Cu.

Cuerpo San Benito

Tiene una estructura de chimenea en la cual se puede distinguir - claramente la zona de oxidación y la zona de enriquecimiento supergé-

nico; su inclinación es de 80° y su diámetro es de 10 m; tiene 40 m de altura con una ley media de 350 gr/ton de Ag y 3.5% de Pb.

Cuerpo El Cristo

Esta estructura cuyas dimensiones son de 4 m de espesor por 30 m de largo y de 10 a 12 m de ancho, tiene una ley media de 390 gr/ton de Ag y 3.5% de Pb.

Cuerpo Cabezas

Se presenta en forma de chimenea de 2 m de diámetro por 40 m de altura y su ley promedio fue de 800 gr/ton de Ag y 2% de Pb.

Cuerpo Santa Ana

Este cuerpo se manifiesta en la superficie a unos 40 m de distancia de la entrada del Socavón Cabezas; su dimensión aproximada es de 7 m de espesor por 40 m de longitud y su ancho varía de 10 a 15 m. Su ley media fue de 300 gr/ton de Ag, 2% Cu y 3% Pb, y se presenta en forma de manto.

La Gran Bolsa

Este es otro cuerpo tabular en forma de manto cuyas dimensiones son de 2 m de espesor por más de 100 m de longitud y su ancho varía de 8 a 10 metros. Su ley promedio fue de 600 gr/ton de Ag y 4% de Pb, con bajo contenido de cobre.

Otras estructuras importantes en forma de manto, son los Cuerpos Aurora y Tenacidad, con dimensiones similares y ley promedio a los cuerpos tabulares descritos anteriormente.

Todas estas estructuras presentan un buzamiento al SE con una intensidad de inclinación de 40° a 60°, excepto el Cuerpo San Benito y Cabezas que presentan una inclinación de 70° a 80°.

Debido a la cercanía de la superficie, estos cuerpos presentan una alteración de bajo grado.

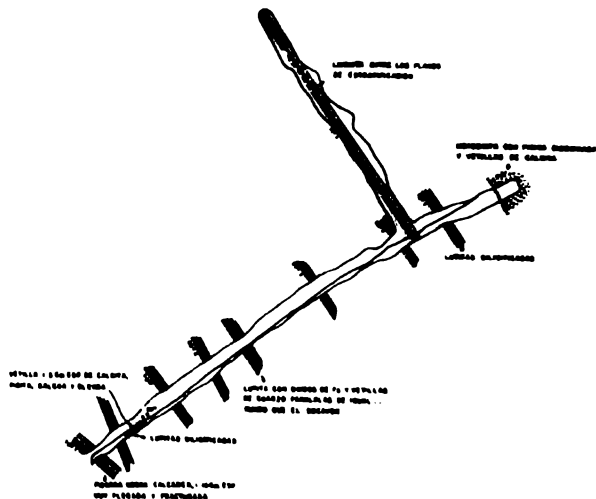
El otro tipo de estructuras es el de vetas con reemplazamiento metasomático, cuya mena está formada por galena, calcopirita, esfalerita y magnetita; también contiene pequeñas cantidades de oro y plata, su espesor varía de 1 a 10 cm y su rumbo predominante es de N30°E a N-S.

La mineralización se sitúa entre el cuerpo intrusivo cuarzomonzonítico y el miembro calcáreo de la Formación Soyatal-Mexcala.

La roca reemplazada son calizas arcillosas intercaladas con lutitas negras carbonosas; el espesor de los estratos de la caliza varía entre 10-20 cm y el de las lutitas de 5 a 10 centímetros.

Presenta una estructura de boudinage con abundantes vetillas de calcita que predominan en los estratos calcáreos.

En los laboríos mineros afloran dos tipos de diques. Los primeros son andesíticos de textura holocristalina porfídica, con fenocristal



SIMBOLOGIA

- INTRUSIVO VOLCÁNICO (L. ESTE)
- PLACAS CARBONÍFERAS
- CALCAREAS FORMACIÓN
- UNIDAD GEOLÓGICA DE GUADALUPE
- UNIDAD GEOLÓGICA
- VEHICULO
- VEHICULO
- FALLA NORMAL
- CONFINTE GEOLÓGICO



PÁRAMO DE GUADALUPE	
PLACAS CARBONÍFERAS	
UNIDAD GEOLÓGICA	
VEHICULO	
VEHICULO	

les de feldespato alterados y parcialmente reemplazados por pequeños cristales de cuarzo, biotita y magnetita en una matriz afanítica, principalmente arcillosa, estos diques fueron emplazados en una zona de debilidad.

El otro de diques está asociado con la mineralización, son de textura holocristalina porfídica, con fenocristales de cuarzo, microclina, andesina y oligoclase.

Están ampliamente ceritizados y cloritizados; presentan piritita, - galena y sulfosales de plata diseminados.

V.5.- Enriquecimiento Supergénico

en el Distrito de Xichí, la zona de oxidación y enriquecimiento supergénico, se presenta solamente en los cuerpos de forma de chimenes (San Benito, San Enrique y Cabezas).

Este fenómeno se puede explicar porque dichas estructuras se encuentran encajonadas en el miembro calcáreo de la Formación Soyatal-Mexcala y las estructuras tabulares poseen intercalaciones de lutitas, las cuales evitan el proceso de oxidación y de enriquecimiento supergénico, ya que son impermeables.

En el Cuerpo San Benito se observa claramente el límite de la zona de oxidación y la de enriquecimiento supergénico (Ver fotografía - anexa).

En dichas estructuras, la zona de oxidación tiene un espesor mayor de 7 m. La zona de oxidación presenta una coloración amarillenta, producida por hematita y goethita; esta zona no fue de importancia económica ya que solamente se explotó la zona de enriquecimiento, a su alto contenido de plata cuya ley es mayor de 700 gr/ton.

V.6. - Origen

Con las evidencias geológicas y micrográficas, fue posible deducir un origen epigenético, ya que el mineral se manifiesta en bolsas que presentan la estructura de la roca huésped. Estos yacimientos fueron formados por un reemplazamiento que afectó principalmente a las rocas carbonatadas y en bajo grado a lutitas; los minerales de mena sugieren una temperatura probablemente menor de 300°C y más baja hacia el final de la depositación.

Debido a la cercanía de los yacimientos con la superficie, se infieren que se formaron a baja profundidad ($\pm$ 200 m), lo que nos indica que la presión hidrostática fue moderada.

El suscrito cree que la actividad ígnea (Oligoceno-Mioceno), propició el emplazamiento de cuerpos ígneos localmente el cuerpo hipabisal en Xichú, precedió a la mineralización del distrito los fluidos mineralizantes se formaron a partir de dicho cuerpo, ya casi completamente cristalizado; en esta etapa una fase hidrotermal rica en elementos me

tálicos tiende a concentrarse, en la parte superior del intrusivo y posteriormente, toma como conductos los planos de estratificación y fracturas, teniendo como límite estructural el miembro calcáreo de la Formación Soyatal-Mexcala, descrito en el capítulo de Estratigrafía.

La movilización de los fluidos hacia las partes de más baja presión, puede explicar la concentración de sulfuros y la presencia de alteración en el flanco sur del intrusivo, ocasionando los llamados - "húmedo" y "seco" del intrusivo.

V.7. - Descripción de Obras Mineras y Estructuras Mineralizadas

Para una mejor explicación de las obras mineras, se han dividido en dos partes:

La primera está representada por obras realizadas por la compañía minera descritas en el inciso anterior; la segunda abarca todas las pequeñas obras mineras que se encuentran en el área de estudio y que a continuación se hará una breve descripción.

Mina Lucero

Se encuentra localizada a 1 500 m al norte de Xichú, es un pequeño tiro inclinado de 12 m de profundidad.

Esta obra sigue una veta de rumbo N30°E, de 15 cm de espesor y con una intensidad de 80°; los minerales principales de ganga son, en orden de abundancia: calcita, cuarzo y dolomita con sulfuros de plomo.

Probablemente los minerales de mena fueron los primeros en depositarse, ya que sólo se encuentran en los respaldos.

Veta de Barita

Se encuentra una veta de barita a 100 m al N de Xichú. No existe ninguna obra minera sobre ésta. Según información proporcionada por la gente del lugar, hace unos 10 años que fue descubierta por la erosión del arroyo donde se localiza.

Su espesor es de 1.5 m aproximadamente, con rumbo N10°W, vertical y se encuentra ramaleada hacia sus extremos; no aflora en su superficie pero en un arroyo adyacente se presenta en numerosas vetillas de rumbo N70°E e intensidad de 85°.

Fueron tomadas dos muestras de canal que arrojaron los siguientes pesos específicos y leyes:

<u>No. de muestra</u>	<u>Ley BaSO_4 (%)</u>	<u>Pe.</u>
MB - 1	44.0	3.78
MB - 2	58.6	4.3
MB - 3	50.6	3.5

Mina La Carmenia

Se localiza en el Arroyo de La Carmenia al poniente de la Mina Aurora. Según informes de los habitantes fue trabajada en el año de 1966, con la finalidad de encontrar sulfuros de plata, plomo, zinc y cobre, teniendo un frente de 23.07 m y un crucero de 18.70 m de longitud. No -

se obtuvieron resultados.

La mineralización consiste en una vetilla de calcita con pirita, galena y esfalerita diseminada; se rumbo N55°E con inclinación vertical, de 15 cm de espesor.

Mina Hidalgo

Está localizada al E de la Mina Aurora, cerca del contacto intrusivo-caliza; esta obra se encuentra inaccesible, pero existe un tiro de 10 m de profundidad que fue siguiendo limonita.

Mina No. 1

Se localiza en el Arroyo de Mogotes. Se encuentra completamente aterrada, o azolvada, únicamente se observa el patio donde acumulaban el mineral extraído.

Una muestra de terreno arrojó las siguientes leyes:

No. de Muestra	Pb	Zn	Cu	Ag
Mg - 8	12.5%	0.4%	.80%	425 (gr/ton)

Mina No. 2

Está localizada en el flanco S del Cerro Mogotes, es un pozo de 5 m de profundidad, donde se observan vetillas de calcita y limonita encajonadas por un dique de composición andesítica. No se tomaron muestras.

Mina No. 3

Es un chiflón de 15 m de profundidad que actualmente se encuentra aterrado.

La mineralización consiste en una veta de limonita de 10 cm de ancho con una orientación NE-SW, no se obtuvieron valores.

Mina No. 4

Está situada en el Arroyo de Don Pedro, cerca del contacto con un pequeño cuerpo intrusivo de composición cuarzosomonzónico.

La mineralización está constituida por dos vetas de calcita con - 30 cm de espesor de rumbo N20°E e inclinación de 75°al SE.

Se colectaron 2 muestras de canal de cada veta, arrojando las siguientes leyes:

No. de Muestra	Cu	Pb	Zn	Ag
MG - 10	4%	3%	2.75%	6.3 gr/ton
MO - 11	4%	2%	.85%	6.3 gr/ton

Mina No. 5

Se localiza a un lado del Arroyo del Cuello, al N de Xichú. Consiste de un pozo de 2 m de profundidad y un socavón a rumbo de la estratificación N48°E y echado vertical.

No se observan evidencias de mineralización, únicamente las calizas y lutitas fuertemente oxidadas y silicificadas; por lo cual se deduce que al no encontrar mineral de interés económico, fue abandonado.

Cata No. 1

Se encuentra en el Arroyo de Carmená, según informes de los habitantes la trabajó el Sr. Ignacio Camacho. Se explotó únicamente dos toneladas de mineral en el año de 1966.

La mineralización consiste en pequeñas vetillas de galena con óxidos de Fe y posiblemente esfalerita.

Se tomó una muestra de canal en la veta, dando los siguientes resultados:

No. de Muestra	Cu	Pb	Zn	Ag
MG - 6	0.6%	2.5%	3%	100 gr/ton

Cata No. 2

Se localiza sobre el Arroyo de Mogotes a 1 km aproximadamente al SE de la Mina Aurora; fue trabajada por el Sr. Felipe Olmos en 1952, - haciendo un comido de 3 m de profundidad en una brecha constituida por rocas sedimentarias de las Formaciones Soyatal-Mexcala que afloran en el cauce del Arroyo de Mogotes.

Fue abandonada al no tener ningún mineral de interés económico.

No se observan grandes rasgos de mineralización, únicamente vetillas de calcita de 1 cm de espesor de rumbo N68°E e inclinación de 82° al SE. Con disseminaciones de pirita, galena y esfalerita. En las proximidades hay un dique silicificado con numerosas fracturillas de óxido de hierro y calcita, con un rumbo N35°E y de 15 m de espesor.

Cata No. 3

Esta cata fue hecha por una brigada del C.R.M., en el Cerro de Mogotes. Es de 4 m de profundidad, por 2 m de sección, sobre una veta de estructura crustificada de rumbo E-W con galena, esfalerita, arsenopirita, cuarzo y calcita, que varía de 0.16 a 29 cm de espesor en su parte más ancha. No se excavó más, debido a que la veta se adelgaza a profundidad.

La veta contiene galena, blenda, arsenopirita, cuarzo y calcita; está encajonada en un intrusivo cuarzomonzonítico que se encuentra fuertemente silicificado, oxidado y cloritizado.

Además, hay numerosas vetillas de hematita con el mismo rumbo que la anterior, todas encajonadas en el intrusivo cuarzomonzonítico.

Fueron tomadas tres muestras de canal en la veta, cuyos resultados fueron:

No. de Muestra	Cu%	Pb%	Zn%	Ag
MG-12	0.016	0.024	0.107	73.3 gr/ton
MG-13	1.250	2.250	8.500	47.5 gr/ton
MG-14	1.810	4.875	4.300	70.0 gr/ton

V.8 Geoquímica

La ventaja de la geoquímica sobre otros métodos indirectos, se debe principalmente a su bajo costo, rapidez y porque es una herramienta muy útil en la exploración geológico minera. A continuación se expone el método de trabajo que se aplicó en el área.

En el estudio geoquímico se tomaron muestras de suelos en superficie, en total de 934, en 24 líneas con rumbo N-S con una longitud de 4 km, distancias de 200 m entre sí. Las muestras fueron tomadas sobre las líneas en intervalos de 100 m respectivamente. En el plano geoquímico (Plano No. 1), cada muestra se representa por un punto que indica a escala la distancia muestrada; además el valor arrojado en el análisis químico.

Todas las muestras fueron analizadas por Pb, Ag, Cu, Zn, en los laboratorios del Consejo de Recursos Minerales en la Ciudad de San Luis Potosí, por el método de espectrometría de Absorción Atómica.

V.8. Análisis Estadístico

En el análisis estadístico se utilizó el método de gráficas de frecuencia acumulativa en papel de probabilidad. Este método se eligió para simplificar el manejo de datos, evitando el cálculo de los parámetros (media y desviación estándar) que por lo general requieren el empleo de una calculadora, resultando ser el más práctico en el campo.

El método estadístico de gráficas de probabilidad fue desarrollado por Hazen en 1914. En sedimentología tuvo la primera aplicación a problemas geológicos por Krumben y Petijohn en 1938.

Los valores obtenidos fueron tratados estadísticamente por el método descrito por Sinclair (1976). Para la determinación de

los rangos anómalos se graficaron estos datos agrupándolos, en papel de probabilidad, con escala logarítmica.

Se obtuvieron en cada uno de los elementos, mezclas de 3 a 6 poblaciones diferentes que fueron separadas y comprobadas al ser nuevamente mezcladas. De cada una de estas poblaciones se obtuvo el porcentaje en que estaban mezcladas, la media y la desviación estándar, con lo que se puede aplicar cualquier criterio para determinar las anomalías, ya sea en cada una de ellas o tomando cada población como contenido normal o anomalía según sea el caso.

Plata (Gráfica No. 1, Tabla No. 3, Plano No. 3)

Fueron separadas en 6 poblaciones: la población A, que es donde se alojan los resultados de laboratorio al 1.4% del total de las muestras; a la población F se le consideró como contenido normal y corresponde al 96.5%.

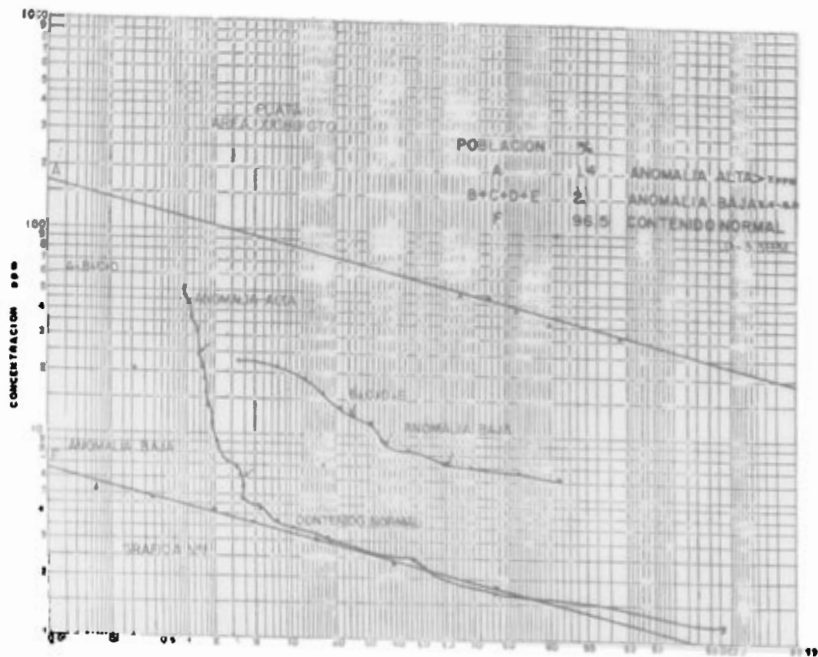
Además, se obtuvieron cuatro poblaciones mezcladas intermedias a las que les fue dada el rango de anomalía baja.

Al comprobar la distribución geográfica de las muestras y relaciones con la geología del área, se descubrió la relación correspondiente entre las anomalías altas y bajas, por lo que no fue necesario tomar límites dentro de cada población. Los rangos obtenidos son los siguientes:

PLATA
TABLA No. 3

58

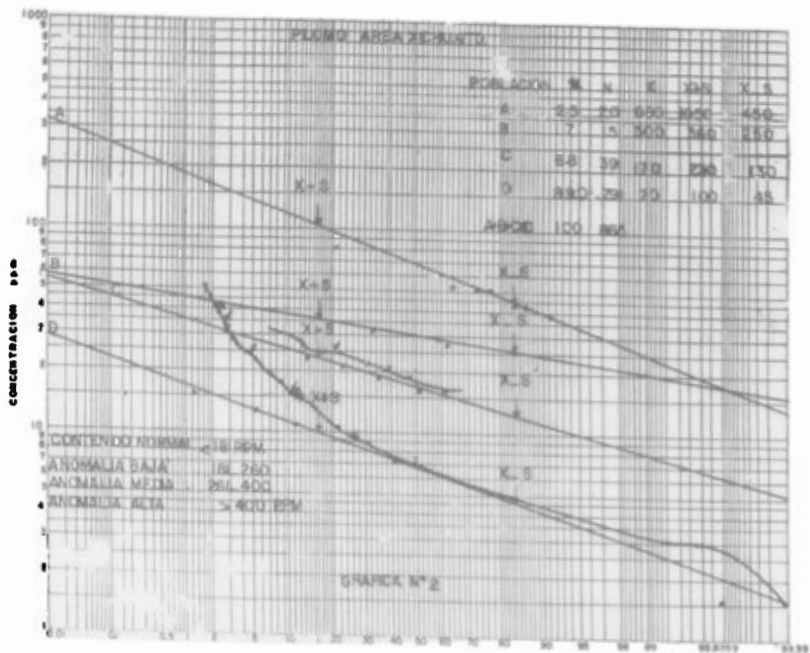
INTERVALO	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUMULADA %
1.0 - 1.5	1.25	207	22.55	99.81
1.6 - 2.1	1.85	336	36.60	77.26
2.2 - 2.7	2.45	209	22.76	40.66
2.8 - 3.3	3.05	94	10.23	17.90
3.4 - 3.9	3.65	21	2.28	7.67
4.0 - 4.5	4.25	14	1.52	5.39
4.6 - 5.1	4.85	4	.43	3.87
5.2 - 5.7	5.45	1	.10	3.44
5.8 - 6.3	6.05	2	.21	3.34
6.4 - 6.9	6.65	5	.54	3.13
7.0 - 7.5	7.25	2	.21	2.59
7.6 - 8.1	7.85	1	.10	2.38
8.2 - 8.7	8.45	2	.21	2.28
8.8 - 9.3	9.05	1	.10	2.07
9.4 - 9.9	9.65	0	0	
10.0 - 10.5	10.25	0	0	
10.6 - 11.1	10.85	0	0	
11.2 - 11.7	11.45	1	.10	1.97
11.8 - 12.3	12.05	0	0	
12.4 - 12.9	12.65	1	.10	1.87
13.0 - 13.5	13.25	1	.10	1.77
15.0 - 15.5	15.25	1	.10	1.67
18.0 - 18.5	18.25	1	.10	1.57
20.0 - 20.5	20.25	1	.10	1.47
22.0 - 22.5	22.25	1	.10	1.37
31.0 - 31.5	31.25	1	.10	1.27
35.0 - 35.5	35.25	1	.10	1.17
43.0 - 43.5	43.25	1	.10	1.07
47.0 - 47.5	47.25	1	.10	.97
47.6		8	.87	.87



PLOMO

Tabla No. 4

INTERVALO	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUMULADA %
0-20	10	1	.11	99.90
21-40	30	149	17.22	99.79
41-60	50	297	34.33	82.57
61-80	70	148	17.10	48.24
81-100	90	88	10.17	31.14
101-120	110	45	5.20	20.97
121-140	130	32	3.69	15.77
141-160	150	31	3.58	12.08
161-180	170	13	1.50	8.50
181-200	190	9	1.04	7.00
201-220	210	7	0.81	5.96
221-240	230	10	1.15	5.15
241-260	250	4	0.46	4.00
261-280	270	1	0.11	3.54
281-300	290	4	0.46	3.43
301-320	310	0	0.0	0
321-340	330	6	0.69	2.97
341-360	350	0	0.0	0
361-380	370	0	0.0	0
381-400	390	1	0.11	2.28
401-420	410	1	0.11	2.17
421-440	430	1	0.11	2.06
441-460	450	0	0.0	0
461-480	470	1	0.11	1.95
481-500	490	2	0.28	1.84
501		14	1.61	1.61

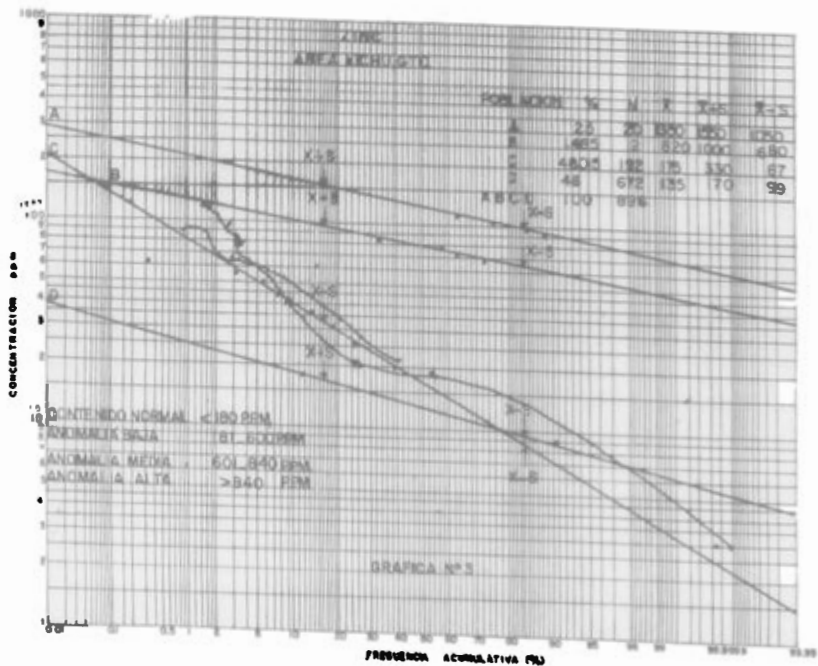


ZINC

60

Tabla No. 5

INTERVALO	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUMULADA %
0 - 60	30	42	4.68	99.89
61 - 120	90	339	37.84	95.21
121 - 180	150	291	32.47	57.38
181 - 240	210	79	8.81	24.91
241 - 300	270	28	3.12	16.10
301 - 360	330	24	2.67	12.98
361 - 420	390	20	2.23	10.31
421 - 480	450	12	1.33	8.08
481 - 540	510	11	1.22	6.75
541 - 600	570	12	1.33	5.53
601 - 660	630	6	.66	4.20
661 - 720	690	1	.11	3.54
721 - 780	750	1	.11	3.43
781 - 840	810	4	.44	3.32
841 - 900	870	6	.66	2.88
901 - 960	930			
961 - 1020	990	1	.11	2.22
1021 - 1080	1050	2	.22	2.11
1081 - 1140	1110			
1141 - 1200	1170	3	.33	1.89
1201 -		14	1.56	1.56

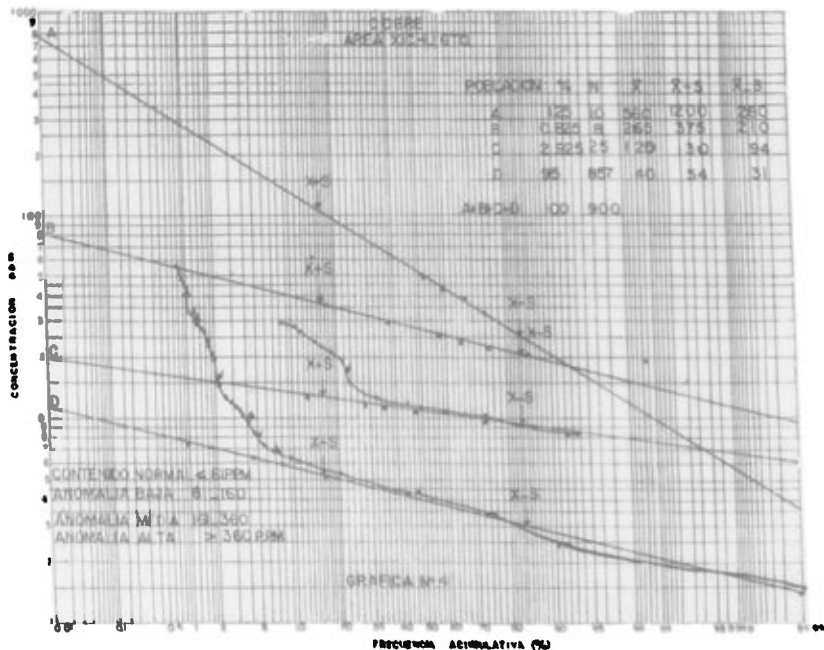


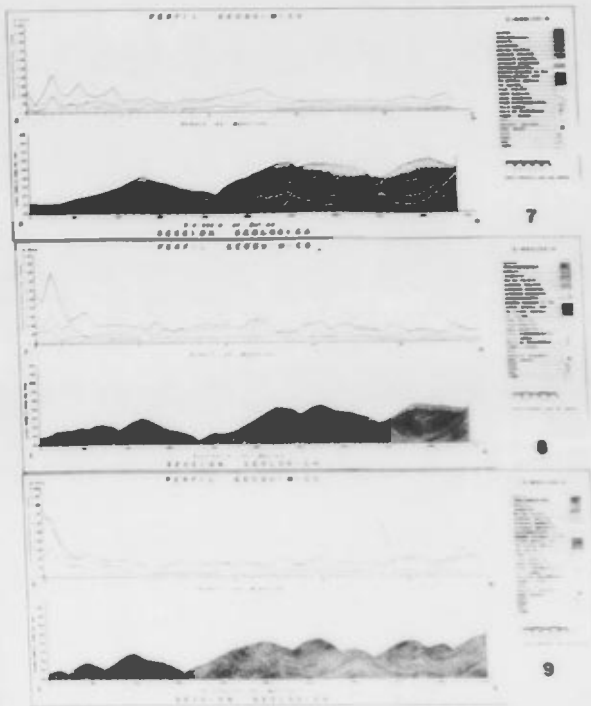
COBRE

61

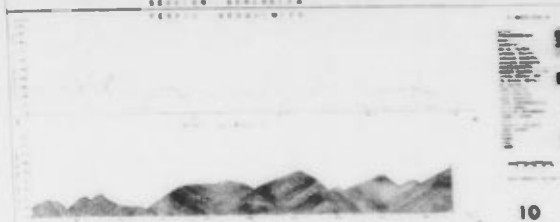
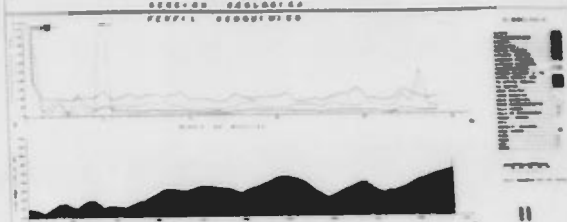
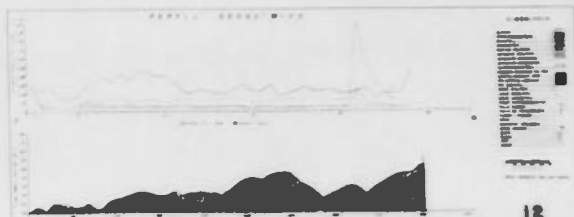
Tabla No. 6

INTERVALO	PUNTO MEDIO DEL INTERVALO	FRECUENCIA	%	FRECUENCIA ACUMULADA %
11 - 20	15	76	8.44	99.97
21 - 30	25	156	17.33	91.53
31 - 40	35	281	27.89	74.20
41 - 50	45	229	25.45	46.31
51 - 60	55	105	11.66	20.86
61 - 70	65	30	3.33	9.20
71 - 80	75	10	1.11	5.87
81 - 90	85	5	0.55	4.76
91 - 100	95	3	0.33	4.21
101 - 110	105	4	0.45	3.88
111 - 120	115	3	0.33	3.43
121 - 130	125	2	0.22	3.10
131 - 140	135	4	0.45	2.88
141 - 150	145	3	0.33	2.43
151 - 160	155	1	0.11	2.1
191 - 200	195	1	0.11	1.99
211 - 220	215	1	0.11	1.88
231 - 240	235	1	0.11	1.77
241 - 250	245	1	0.11	1.66
261 - 270	265	1	0.11	1.55
271 - 280	275	1	0.11	1.44
281 - 290	285	2	0.22	1.33
361 - 370	365	1	0.11	1.11
441 - 450	445	1	0.11	1.00
481 - 490	485	1	0.11	0.89
541 - 550	545	1	0.11	0.78
1491		6	0.67	0.67

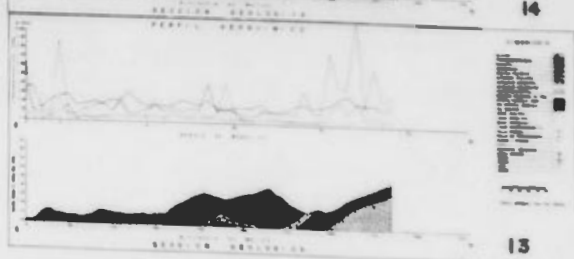
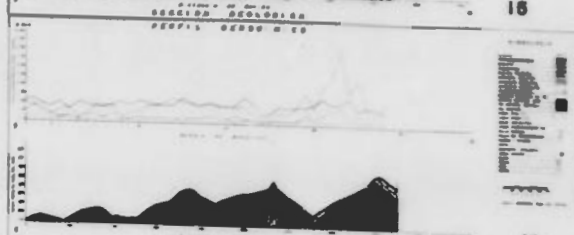
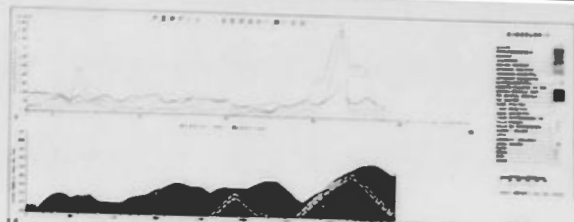




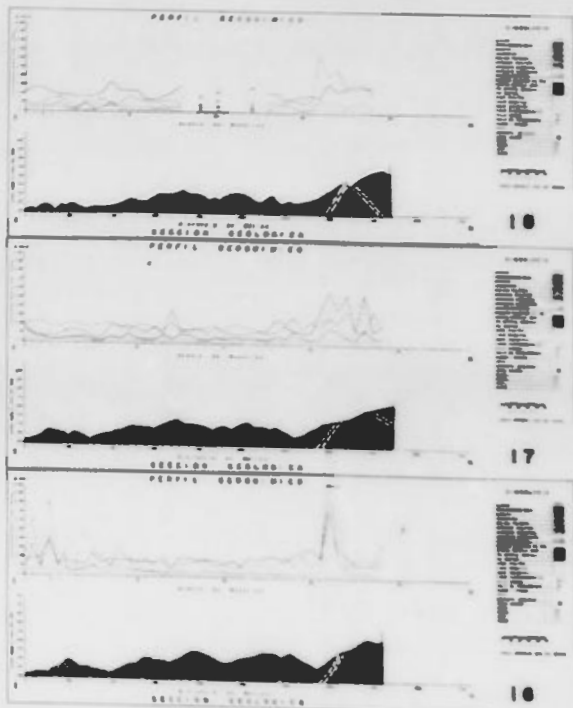
SECCIONES GEOLOGICO-GEOQUIMICAS



SECCIONES GEOLOGICO-GEOQUIMICAS

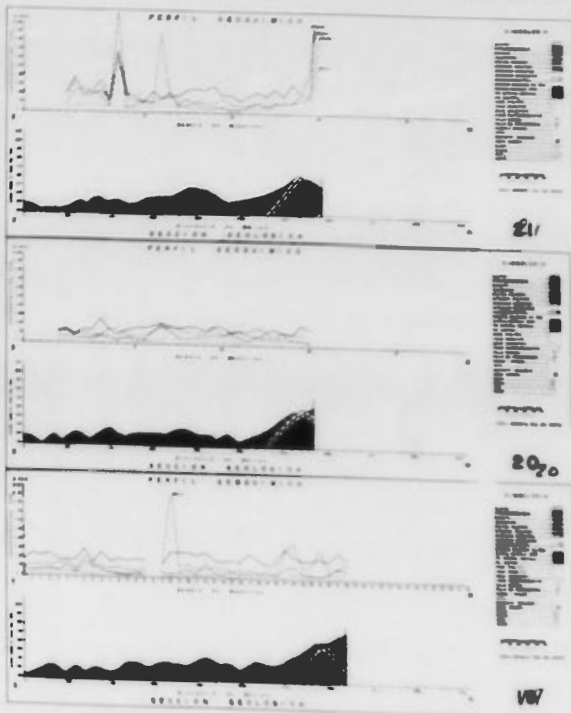


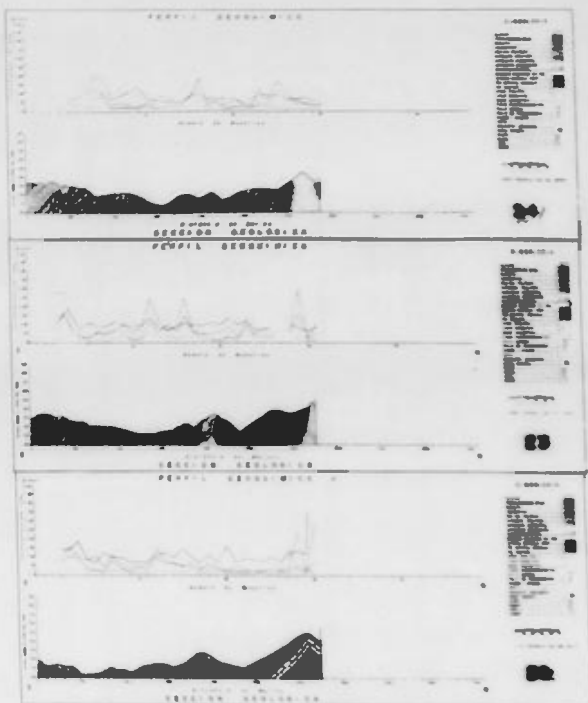
SECCIONES GEOLOGICO-GEOQUIMICAS



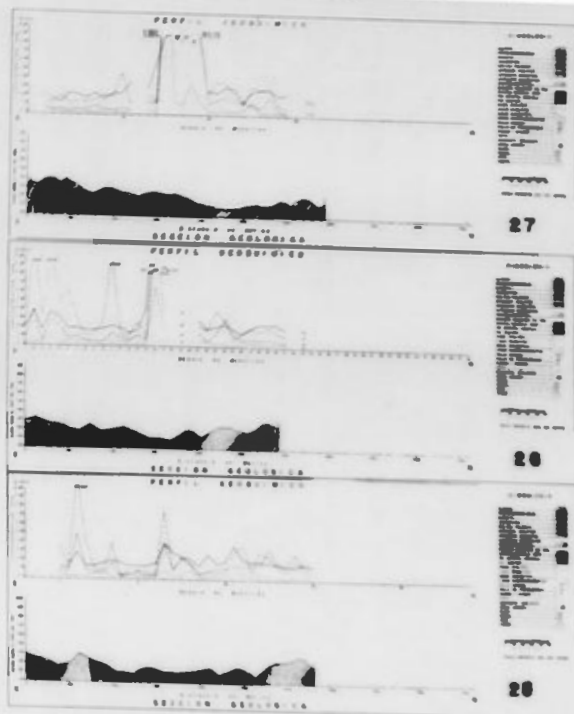
SECCIONES GEOLOGICO-GEOQUIMICAS



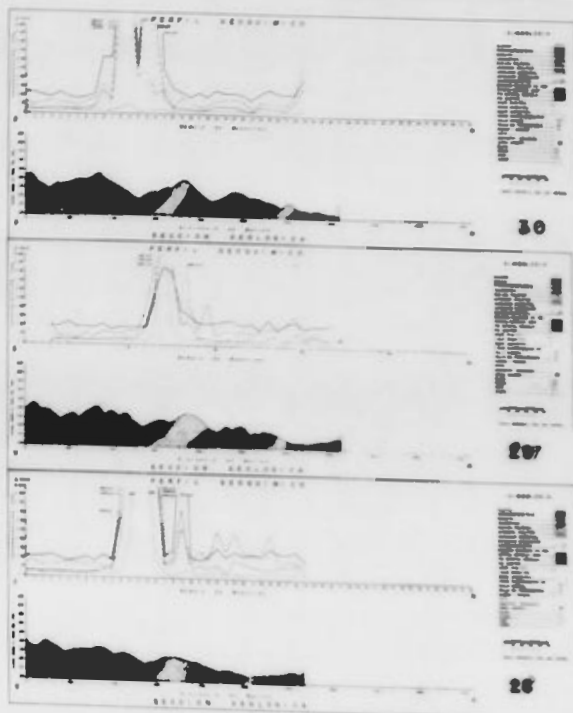




SECCIONES GEOLOGICAS-GEOQUIMICAS



SECCIONES GEOLOGICO-GEOQUIMICAS



SECCIONES GEOLOGICO-GEOQUIMICAS

Anomalia Alta	7.0 ppm.
Anomalia Baja	3.4 a 6.9 ppm
Contenido Normal	1.0 a 3.3 ppm
(Plano No. 3)	

Plomo (Gráfica No. 2, Tabla No. 4, Plano No. 4)

Los valores obtenidos de plomo se encuentran mezclados en cuatro poblaciones, y los límites para estas anomalías fueron:

Anomalia Alta	400 ppm
Anomalia Media	261 a 400 ppm
Anomalia Baja	181 a 260 ppm
Contenido Normal	181 ppm
(Plano No. 4)	

Zinc (Gráfica No. 3, Tabla No. 5, Plano No. 5)

La distribución de zinc en el área se agrupa en cuatro poblaciones, la más alta corresponde a valores francamente anómalos, mientras que las poblaciones intermedias pueden ser interpretadas como valores anómalos de menor rango.

Los límites para estas anomalías fueron:

Anomalia Alta	840 ppm
Anomalia Media	601 - 840 ppm
Anomalia Baja	181 - 600 ppm
Contenido normal	180 ppm

Cobre (Gráfica No. 4, Tabla No. 5, Plano No. 6)

Los valores obtenidos de cobre se encuentran mezclados en cuatro poblaciones. Los límites resultantes de las anomalías fueron:

Anomalía Alta	360 ppm
Anomalía Baja	1 - 360 ppm
Contenido Normal	81 ppm

Descripción de Anomalías (Plano No. 7)

Anomalía I (Mina Aurora)

Se localiza sobre la zona mineralizada de Ag, Pb, Zn y Cu de la Mina Aurora que se encuentra en el contacto del intrusivo cuarzomonzonítico con el calcáreo perteneciente a las Formaciones Soyatal y Mexcala. Esta anomalía coincide perfectamente con la zona mineralizada de Ag, Pb, Zn, Cu ya explotada por la Compañía Asarco. Abarca una extensión de 1 km² aproximadamente con un total de 23 muestras distribuidas en las líneas 26, 27, 28, 29, 30. Esta anomalía queda abierta en la parte oriente debido a que no se tomaron datos geoquímicos, pero se espera que se prolongue más, debido a la existencia de minas. Hacia esa parte, esta anomalía se debe a la contaminación por las obras mineras.

Anomalía II (Peña Colorada)

Se encuentra al poniente de la Mina Aurora (Anomalía I) y se observa orientada con un mismo rumbo que las anomalías I, IV y V, y representa las muestras más altas de Ag, Pb y Zn. Está localizada en la zona virgen del área, a 800 m aproximadamente del contacto del miembro calcáreo con el cuerpo intrusivo cuarzomonzonítico.

Esta zona es la de mayor importancia, debido a que tiene las características geológicas y geoquímicas apropiadas para el depósito de minerales de Ag, Pb, Zn y Cu, semejantes a los de la Mina Aurora. -
Abarcan 5 muestras distribuidas en las líneas 13, 14, 15 y 16.

Anomalía III (Don Pedro)

Se encuentra al SW de la Mina Aurora en una zona virgen sobre calizas y lutitas de las Formaciones Mexcala y Soyatal en contacto con un pequeño cuerpo intrusivo cuarzomonzonítico, fuertemente alteradas hidrotermalmente. Por las condiciones geológicas observadas en esta zona, se esperaba una anomalía de mayor importancia, pero los resultados geoquímicos obtenidos se restringen a una sola muestra alta en zinc. Debido a una fuerte alteración hidrotermal que rodea el afloramiento de cuarzomonzonita esta zona es muy atractiva.

Anomalía IV (Mogotes)

Está localizada al sur de la Anomalía I a 1 000 m aproximadamente de la zona mineralizada ya explotada. Se encuentra sobre un cuerpo intrusivo cuarzomonzonítico emplazando a rocas sedimentarias pertenecientes a las Formaciones Soyatal y Mexcala. Esta anomalía es de Pb y Zn representada por 3 muestras altas.

Anomalía V

Localizada en el contacto de un intrusivo con calizas y lutitas de

la Formación Soyatal-Mencala, al SW de la Mina Aurora. Por estar orientada con el mismo rumbo que las Anomalías I y II es posible que se repitan en esta zona los mismos procesos hidrotermales de la zona mineralizada conocida en el contacto con la caliza y las lutitas calcáreas. Esta anomalía está representada por 2 muestras de altos valores de Pb, Zn, Cu y Ag.

Anomalía VI

Se encuentra localizada al SW de la Mina Aurora y cerca del pueblo de Xichú. Sobre calizas y lutitas de la Formación Soyatal-Mencala representada por una sola muestra alta en valores de Ag, Pb, Zn y Cu, que fue levantada cerca del Río Xichú.

Anomalías Varias

Son una serie de anomalías que se restringen a una sola muestra y se pueden considerar como de prioridad secundaria.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1. - Conclusiones

El área de estudio se encuentra en un sinclinal al SW del Anticlinal del Cerro de Oro. Afloran calizas interestratificadas con pizarras bituminosas pertenecientes a las Formaciones Soyatal y Mexcala. Estas rocas son intrusionadas por cuerpos cuarzomonzoníticos andesíticos y riolíticos. Las calizas y las pizarras se encuentran cubiertas en discordancia angular por un conglomerado rojo y por rocas volcánicas félsicas.

La mineralización en la Mina Aurora es del tipo mesotermal de reemplazamiento metasomático de Ag, Pb, Zn y se encuentra en forma de sill, alojado en el contacto del alto del intrusivo cuarzomonzonítico con el miembro calcáreo de la Formación Soyatal.

El intrusivo de la Mina Aurora continúa hacia el NW del Río Xichú donde se presentan las mismas condiciones geológicas, es decir, continúa el contacto con el miembro calcáreo y se presentan zonas de alteración hidrotermal.

Existen zonas de intensa alteración (oxidación, silificación y yeso principalmente) en los intrusivos del Cerro de Mogotes, en el Arroyo de Don Pedro y en el Arroyo de San Miguel.

Fue descubierto un afloramiento de barita de 3 m de es-

pesor en el Arroyo del Cuello con una ley de 51.3% de BaSO_4 y un peso específico promedio de 3.78.

Una muestra colectada en el terrero de la mina aterrada No. 1, localizada cerca del contacto con el intrusivo del Cerro de Mogotes, presenta las siguientes leyes: 12.5% Pb; 0.4% Zn; 425 gr/ton Ag.

La principal anomalía geoquímica es producida por la contaminación de la Mina Aurora. Las otras anomalías de importancia son:

Anomalía II Peña Colorada.- Se encuentra sobre el miembro calcáreo al NW de la Mina Aurora.

Anomalía V.- Localizada entre el contacto del intrusivo de Mina Aurora y el miembro calcáreo también en la continuación al NW de estas unidades.

Anomalía IV Mogotes.- Localizada sobre el intrusivo del mismo nombre. Está asociada con vetas delgadas de Pb, Zn y zonas de alteración hidrotermal.

Anomalía Don Pedro.- La anomalía geoquímica es pequeña, pero la alteración hidrotermal es muy intensa alrededor del intrusivo del mismo nombre. Está asociada con vetas delgadas de Pb, Zn y zonas de alteración hidrotermal.

VI. 2.- Recomendaciones

Las recomendaciones que guardan las anomalías geoquímicas de Peña Colorada y la No. V con el intrusivo y el miembro cal-

cáreo en la continuación al NW de la Mina Aurora, hacen de esta zona la más prometedora para la localización de un depósito de Ag, Pb, Zn por lo que es recomendable un levantamiento geofísico en esta zona, posiblemente utilizando el método de polarización inducida.

Las intensas alteraciones hidrotermales relacionadas con los intrusivos de Mogotes y de Don Pedro con las anomalías geoquímicas, hacen sumamente atractivas estas zonas por lo que también debe realizarse un levantamiento geofísico en esta parte.

Con el objeto de determinar la potencialidad del afloramiento de barita, localizado en el Arroyo del Cuello, es necesario realizar obras directas de exploración, en este caso se puede recomendar un socavón a rumbo de estructura.

La muestra colectada en el terrero de la mina aterrada No. 1, indica que esta obra fue realizada sobre una estructura de alta ley en Pb y Ag, por lo que debe ser desaterrada con el objeto de determinar su potencia y sus leyes.

PLANOS E ILUSTRACIONES.

BIBLIOGRAFIA.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, G. M. 1973 Prospección Geológico Minera de la Región Maconif-Zimapiñ-Pachuca, - Edos. de Qro. e Hgo. UNAM. Tesis Profesional.
- AGUAYO, J. E. 1976 Ambientes Sedimentarios e Implicaciones Diagenéticas de la Formación El Abra, en su localidad tipo al Este de México. Reedmenes, III Congreso Latinoamericano de Geología. - Acapulco, México.
- ANDUAGA, S. 1925 Informe Preliminar sobre "Los Mojos" y "Mineral del Espíritu Santo" de Xichí. Archivo Técnico C.R.M. inédito.
- BATEMAN, A. M. 1979 Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Editorial Omega, Barcelona.
- BONET, F. 1952 Las Facies Urgoniana del Cretácico - Medio de la Región de Tampico. Bol. AMGP. V. 8, p. 389-488.
- CARRILLO, B. J. Resumen de la Exploración Geológica de la Plataforma Valles, S. L. P. In formación Geológica inédita. Ger. de Expl. Pemex, 146 págs.
- CARBONELL, C. M. 1956 Bosquejo Geológico de la Región de - Jalpan, Edo. de Qro. E.N.I. Tesis Profesional.
- CSERNA, Zoltán de, 1960 Orogénesis in time and space in Mexico. Geol. Rundschau, V. 50, p. 595-605.
- 1971 a, Precambrian Sedimentation tectonics and magmatism in Mexico. Geol. Rundschau, V. 60, p 1488-1513.

CSERNA, Zoltán de, 1971

b, Taconian (early Caledonian) deformation in the Huasteca Structural Belt of eastern Mexico. Am. Jour. Sci. V. 271, p. 544-550.

----- 1976

Mexico - Geotectonics and Mineral Deposits. New Mexico Geological Society (Kelley Volume). p. 18-25.

----- 1975

Mexico - Geotectonics. Encyclopedia of Earth Sciences, Volume VIII, p. 348-369. Edited by Rhodes W. Fairbridge.

CSERNA, Zoltán de, Graf. Jr.
J. L. y Ortega-Gutiérrez F. 1977

Alóctono del Paleozoico Inferior en la región de Ciudad Victoria, Estado de Tamaulipas. Univ. Na. Aut. Méx., - Inst. Geología. Revista, V. 1, p. 33-43.

CHAIRES, B. J. S. 1978

Estudio Geológico Minero de la Mina San Miguel, Mpio. de Ixmiquilpan, - Edo. de Hgo. I.P.N. Tesis Profesional.

DE LA FUENTE, N. J.M. 1964

Estudio Geológico del área Cárdenas-Río Verde, S. L. P. y Arroyo Seco, Qro., México. S.A.M.G.P. Nov. y Dic. 1964, Nos. II-12. Vol. XVI.

DETENAL, 1970

Carta de Climas, escala 1:500 000
14 Q III, Qro.

ECHEGOYEN, S. J. 1971

Datos de la Minería del Estado de Guanajuato. C.R.N.N.R. 3er. Seminario Interno Anual sobre Exploración Geológica Minera.

ECHEGOYEN, S. J., Cantero, P.
E., Guerrero, A.J. 1973

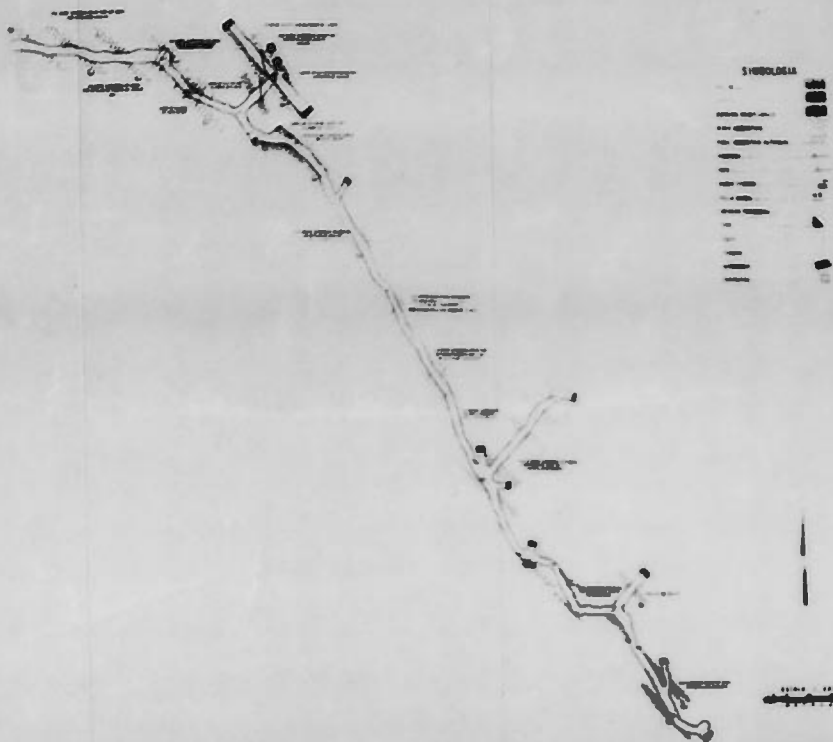
Resumen del Estudio Geoquímico de la Sierra Gorda en la extremidad NE del Edo. de Gto. IV Seminario Interno Anual Sobre Exploración Geológica Minera. C.R.N.N.R.

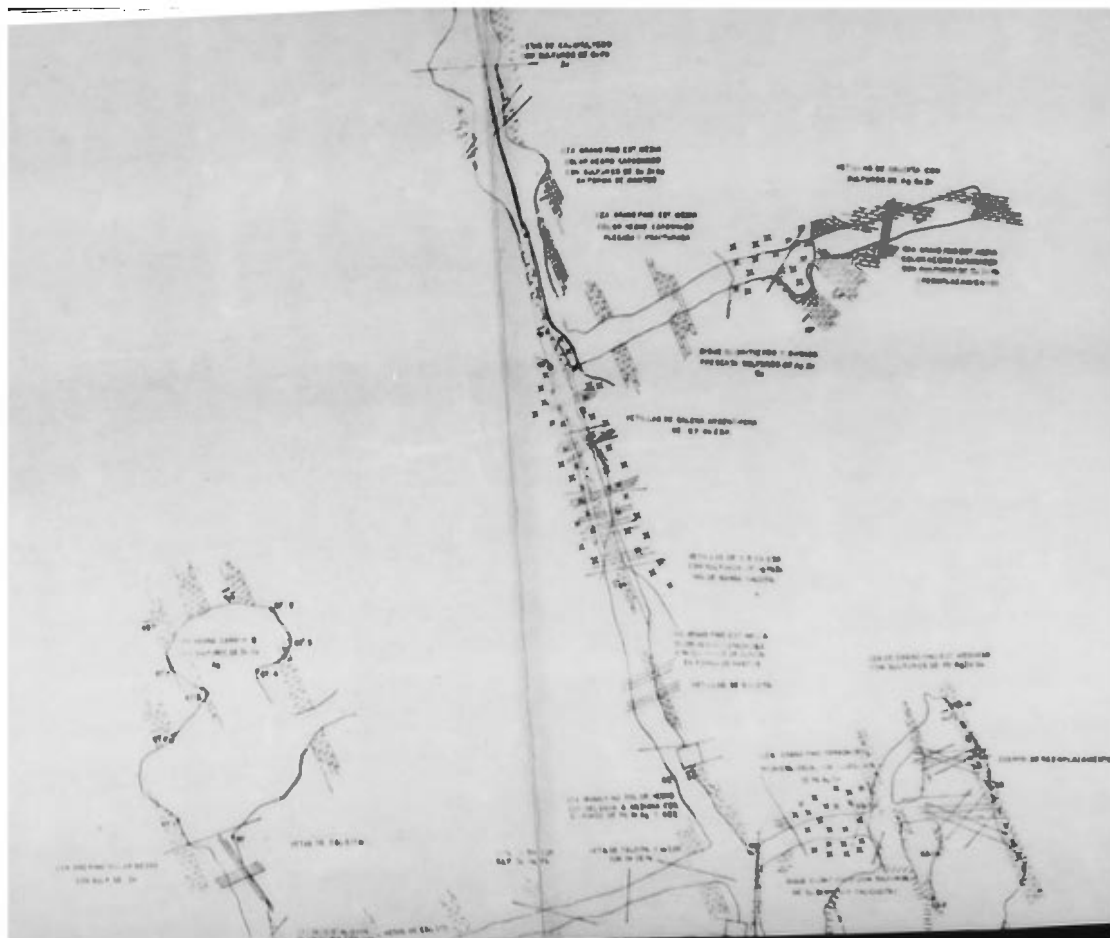
- ESPINOSA, G. A. 1974**
Reconocimiento Geológico del área Capulín - Mesa Prieta, Zona Los Cayos, Mpio. de Victoria, Geo. Tesi Profesional, U.A.S.L.P. Escuela de Ingenieros.
- GALVAN, R. J.J. 1964**
Las Minas de Xichú, Gto., A.I.M. M.G.M. No. 29. Abril-Mayo-Junio.
- GUZMAN, A. A.**
Fotogeología del Proyecto Soyatal, Qro., 7 hojas escala 1:50 000 aprox. C.R.N.N.R. inédito.
- HERMOSO, De la T. C. 1964**
Estudio Geológico del Area Carritos Cárdenas, Edo. de S. L. P. México B.A.M.G.P. Nov.-Dic. Nos. 11-12, Vol. XVI.
- HEIM, A. 1940**
The Front Ranges of the Sierra Madre Oriental, Mexico, from Cd. Victoria to Tamazunchale, Eclog. Geol. Helvetiae V. 33. p. 313-362.
- KARL, M.**
Manual de Geología Técnica. Omega.
- MC KINSTRY, H. E.**
Geología de Minas. OMEGA
- MIRANDA, G. M.A. 1978**
Reconocimiento Geológico Geoquímico del Area Cerro de La Yesca, Gto. Archivo Técnico, C.R.M. inédito.
- MIRANDA, G. M.A. 1978**
Reconocimiento Geológico Geoquímico del Area Bucareli-Final de Amoles, - Qro., Archivo Técnico C.R.M. inédito.
- MIRANDA, G. M.A. 1978**
Estudio Geológico Geoquímico Regional del Area Xichú, Geo. Archivo Técnico, C.R.M. inédito.
- MIRANDA, G. M.A. 1978**
Estudio Geológico Geoquímico Regional del Area Xichú, Gto. IV Convención - Geológica Nacional. Bol. Soc. Geol. - Mex. Tomo XXXIX. No. 2 Sept. 1978.

- MIRANDA, G. M.A., 1978 Exploración por Metales Base en los límites de los Estados de Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí. VII Seminario Interno sobre Exploración - Geológico MINERA. C. R. M.
- NIETO, O. 1979 Los Yacimientos de Pb-Zn, tipo Mississippi Valley, sus características y ubicación Tectónica.
- OJEDA, R. J., Rojas, L. E. 1964 Geología y Depósitos de Oro y Plata - del Cerro de La Yesca, Mpio. de Xichú, Gto. C. R. N. N. R. Bol. No. 7
- PRADO, R. J.A. 1977 Monografía del Mpio. de Xichú. Gto.
- PARK and MacDiarmid, 1978 Ore Deposits. Third Edition
- RUSSELL, R.W. 1922 Preliminary Report on Aurora y Anexas Minas. Archivo Técnico. C. R. M. inédito.
- RUSSELL, R.W. 1925 Preliminary Report on the Mineral of "Espíritu Santo". Archivo Técnico. inédito.
- STANTON, R. L. Ore Petrology-Mc Graw Hill
- SEGESTROM, K. 1965 Estratigrafía del Area Bernal-Jalpan, Edo. de Gro. A. M. G. P. Vol. XIII, - Nos. 5-6.
- SINCLAIR, A.J. 1976 Applications of Probability Graphs in Mineral Exploration. Special Vol. No. 4. The Association of Exploration Geoscientists.
- WASTENEYS, G. A. 1922 Las Minas Aurora y Anexas de Xichú, Archivo Técnico, C. R. M. inédito.
- WILSON, B.W., Hernández, J. P. Meave, T. E. 1955 Un Banco Calizo en la parte oriental del EDO, de Querétaro. B. A. M. G. P. Vol. XVIII.

PLANOS

Plano No. 1	Plano Geológico Area Xichú
Plano No. 2	Levantamiento Geológico del Nivel Aurora
Plano No. 3	Levantamiento Geológico del Nivel Aurora, Mina Aurora
Plano No. 4	Levantamiento Geológico del Nivel Palestina, Mina Aurora
Plano No. 5	Levantamiento Geológico del Nivel Palestina, Mina Aurora
Plano No. 6	Plano de Isogradas Geoquímicas de Plomo
Plano No. 7	Plano de Isogradas Geoquímicas de Plata
Plano No. 8	Plano de Isogradas Geoquímicas de Zinc
Plano No. 9	Plano de Isogradas Geoquímicas de Cobre





SIMBOLOGIA

CALIZAS 

LUTITAS 

ESTRATOS REEMPLAZADOS 

DISEÑO ANDÉSITICO 

DISEÑO ANDÉSITICO ALTERADO 

FRACURA 

VETA 

PLAZO Y EDIFICIO 

PALLA NORMA 

ESTACION TOPOGRAFICA 

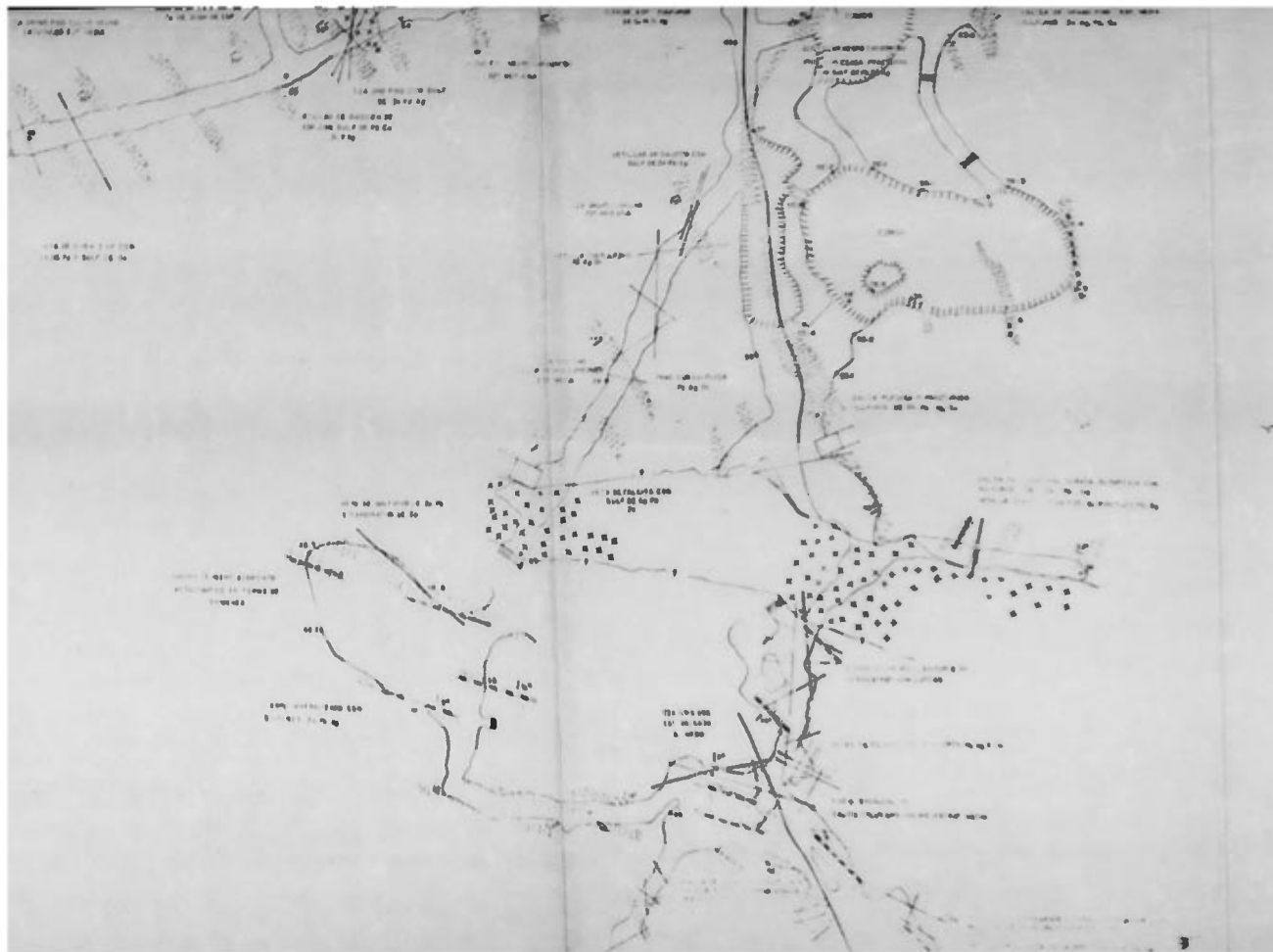
TUBO 

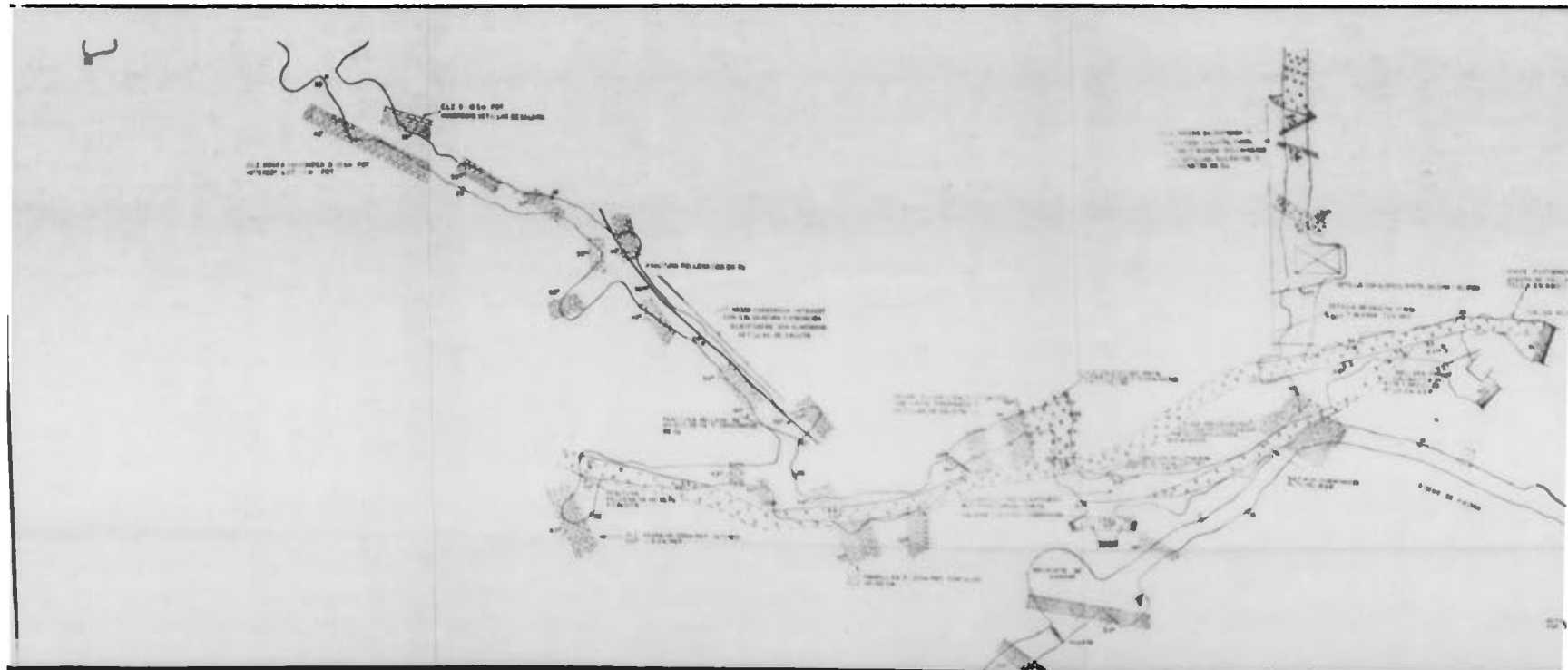
TOLVA 

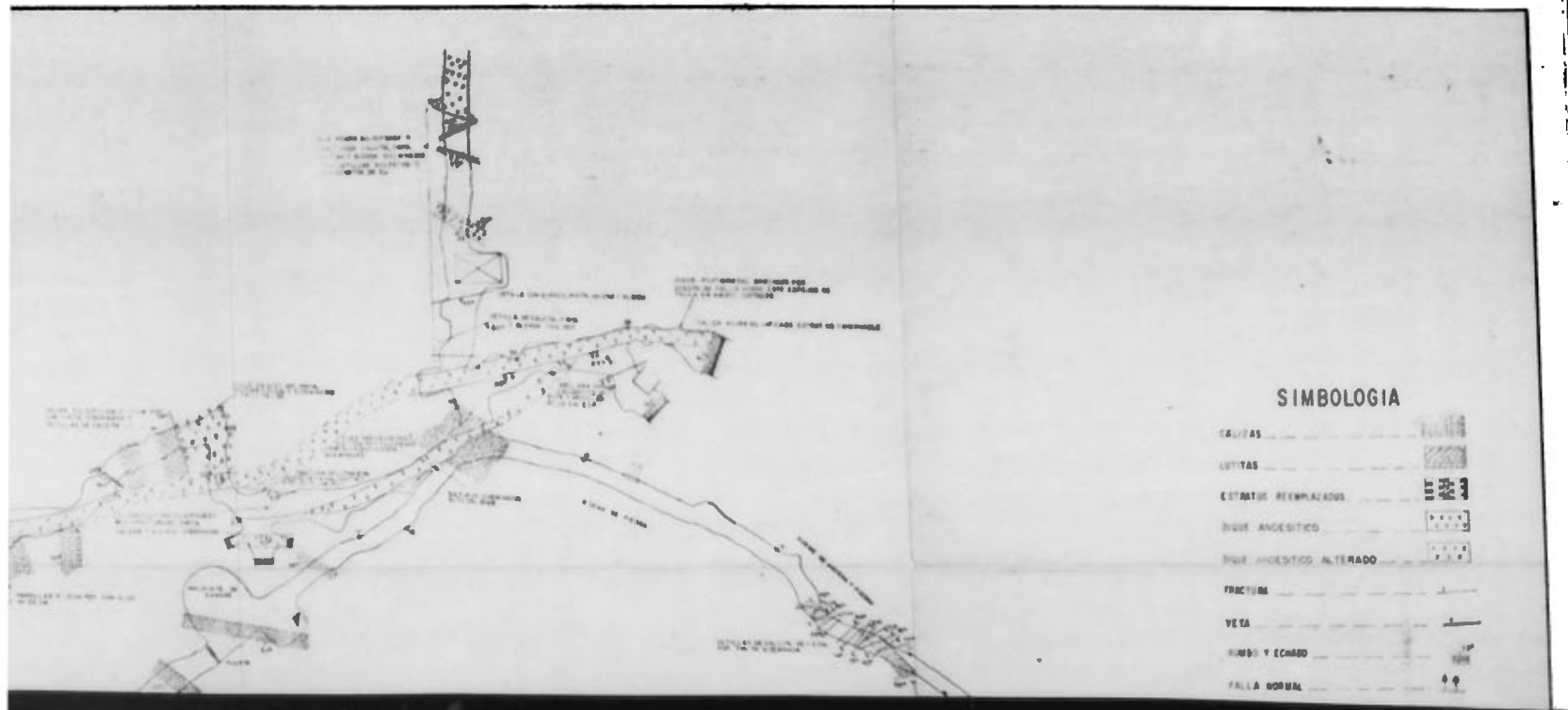
TERRENO 

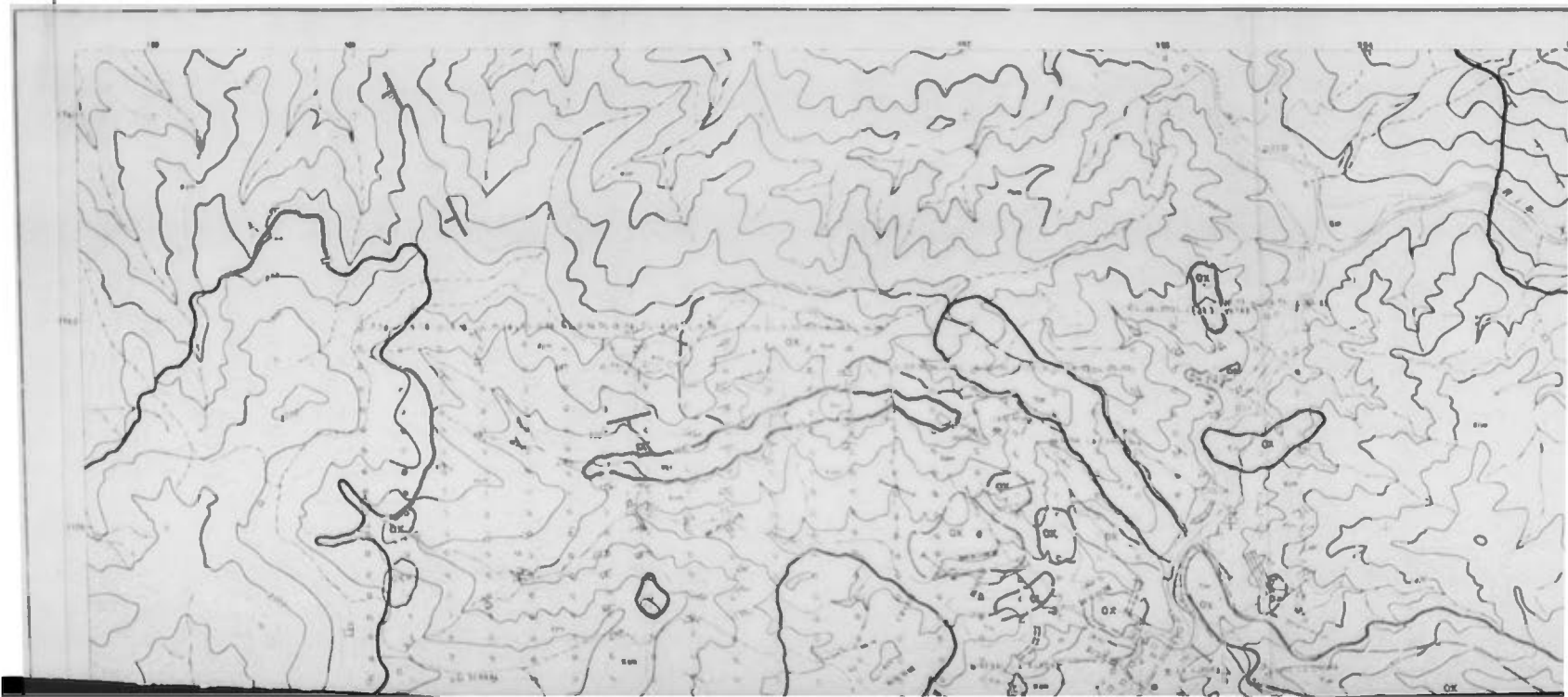
DERIVADO 

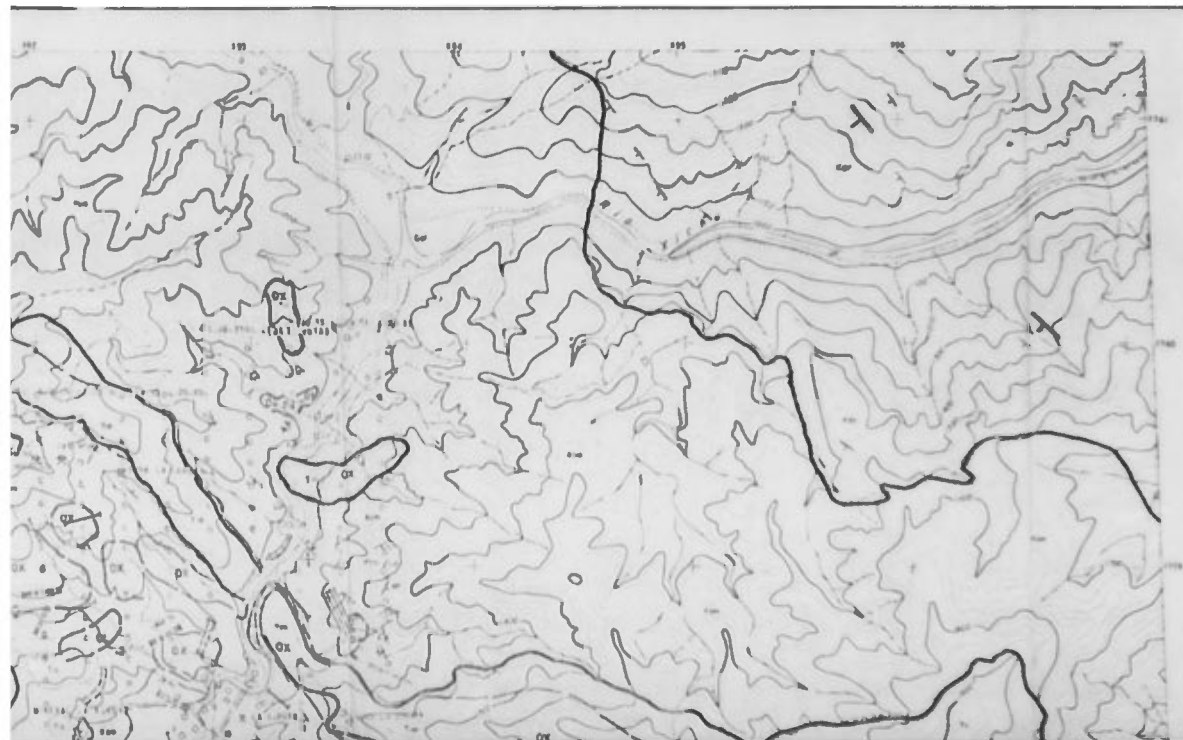
INTERESTADO 











EXPLICACION

POBLACION	1928
RANCHERIA	○
LINEA DE TELEGRAFOS	— TS —
CAMINO	—
VEREDA	—
RIO Y ARROYOS	—
CURVAS DE NIVEL	—
ALUVALES	—
CONGLOMERADO NEGRO	—
BASALTO	—
CONCRETAS	—
ROCA VOLCANICA FELCA	—
INTRUSIVO BASALTICO	—
INTRUSIVO ANDESITICO	—
INTRUSIVO MONZONITICO	—
CUARZO MONZONITICO	—
MONTE CALCARO EN FMS	—
OPAL MEXICALI 100'	—
OPAL MEXICALI 100'	—
OPAL MEXICALI 100'	—
OPAL MEXICALI 100'	—
OPAL MEXICALI 100'	—

