

2ej  
6



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**GEOLOGIA REGIONAL Y PROSPECCION  
MINERA EN EL AREA DE PINAL DE  
AMOLES, QRO.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO

GEOLOGO

**P R E S E N T A :**

JESUS

CASTRO

MORA



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1989



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

Página:

RESUMEN .....	Xi
I. INTRODUCCION .....	1
a).- Objetivo del estudio .....	1
b).- Antecedentes históricos .....	2
c).- Estudios previos .....	3
d).- Actividades realizadas .....	5
e).- Método de trabajo .....	7
II. GEOGRAFIA .....	9
a).- Localización y extensión del área .	9
b).- Vías de comunicación .....	9
c).- Clima y vegetación .....	9
d).- Fisiografía .....	13
d1. Provincia fisiográfica .....	13
d2. Geomorfología .....	14
d3. Hidrografía .....	16
e).- Infraestructura minera .....	17
III. GEOLOGIA .....	20
a).- Generalidades .....	20
b).- Estratigrafía .....	20
- Formación Las Trancas .....	22
- Formación Doctor .....	23
- Formación Soyatal-Mexcala .....	28
- Rocas intrusivas y metamórficas .	31
c).- Tectónica .....	34

d).- Geología estructural .....	37
e).- Geología histórica .....	41
<b>IV. YACIMIENTOS MINERALES .....</b>	<b>47</b>
a).- Generalidades .....	47
b).- Forma y dimensiones .....	48
c).- Alteraciones .....	48
d).- Paragénesis mineral y probable zoneamiento .....	50
e).- Hipótesis genética .....	53
<b>V. GUIAS PARA LA PROSPECCION MINERA .....</b>	<b>58</b>
5.1.- Introducción .....	58
5.2.- Guías fisiográficas .....	58
5.3.- Guías estructurales .....	60
5.4.- Guías litológicas y estratigrá- ficas .....	62
5.5.- Guías de alteración y mineraló- gicas .....	62
<b>VI. AREAS PROPUESTAS PARA DETALLE .....</b>	<b>65</b>
6.1.- Introducción .....	65
6.2.- Area El Rodezno .....	65
6.3.- Area Magueycitos .....	67
6.4.- Area La Yerbabuena .....	67
6.5.- Area Derramadero-Mina Grande ....	69
<b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>75</b>
<b>APENDICES PETROGRAFICOS .....</b>	<b>82</b>
<b>PLANOS: GEOLOGICO Y FISIOGRAFICO.</b>	

**INDICE DE ILUSTRACIONES  
DEL AREA PIMAL DE AMOLES**

Página:

- TABLA No.1. Actividades realizadas .....	6
- TABLA No.2. Fases de la prospección minera .....	8
- PLANO No.1. Plano de localización .....	10
- TABLA No.3. Gráfica climatológica .....	12
- FIGURA No.1. Provincias fisiográficas .....	19
- FIGURA No.2. Columna estratigráfica .....	21
- FIGURA No.3. Definiciones de la Orogenia Laramide ..	36
- FIGURA No.4. Diagrama estereográfico .....	38
- FIGURA No.5. Modelo esquemático de la evolución geo- lógica .....	46
- TABLA No.4. Principales prospectos localizados den- tro del área .....	49
- FIGURA No.6. Modelo hipotético del metamorfismo de - contacto .....	56
- TABLA No.5. Tabla de temperaturas .....	57
- FIGURA No.7. Provincia metalogénica Ag-Pb-Zn .....	59
- TABLA No.6. Resultados de muestreo preliminar reali- zado en zonas recomendadas .....	66

## RESUMEN

La zona de estudio de Pinal de Amoles, se localiza al NE-53° y a 100 Km en línea recta de la ciudad de Querétaro. Comprende una superficie aproximada de 323 Km<sup>2</sup>. El objetivo del presente trabajo fue cartografiar todas las manifestaciones existentes, tanto mineralógicas, como de alteración y estructurales que permitieran conocer el potencial minero del área y, en una segunda etapa, recomendar sitios en donde, aplicando estudios más detallados, localizar posibles depósitos minerales.

Las rocas más antiguas que afloran en la zona de estudio son: la Formación las Trancas del Jurásico Superior, le sobreyace la Formación Doctor en sus cuatro facies (Cretácico Inferior-Medio); finalmente aparece la Formación arcillosa Soyatal-Mexcala del Cretácico Superior, además de material aluvial y residual del Reciente.

Estructuralmente la región se encuentra muy plegada; se presentan grandes anticlinales y sinclinales recostados que se formaron por efectos de compresión lateral ocurrida durante la orogenia Laramide.

Posteriormente a estos eventos, aconteció un fallamiento normal a nivel regional, que afecta a las rocas sedimentarias del Mesozoico, las cuales, además, fueron intrusionadas por "stocks" de composición que gradúa de granítica-granodiorítica a diorítica y que se supone, fueron los causantes de la mineralización.

La mineralización más importante que se encontró es en forma de mantos, que en su porción superior se presentan como óxidos que a profundidad cambian a sulfuros; sus dimensiones son muy variables pudiendo ser de 50 a 150 m de largo; siguen un rumbo N 70° W y su buzamiento es predominantemente al SW. La profundidad conocida es de 180 m y espesores variables - que van de 0.60 a 3.0 m ; menos conocidas son las vetas que se emplazaron a lo largo de fracturas, cuyo origen es similar al de los mantos.

De los trabajos realizados, se recomendaron 4 áreas para aplicar estudios en detalle y en las cuales existe la posibilidad de encontrar cuerpos tipo chimenea, lo que permitirá abrir nuevos polos de desarrollo para la región.

## I. INTRODUCCION

Dentro de la zona de estudio existen áreas que merecen especial interés, ya que contienen mineralización en forma de óxidos y sulfuros de plata, plomo, zinc; sitios que son recomendados para efectuar trabajos de geología a semidetalle y detalle, con lo que se podrá definir su importancia minera. Sin embargo, en otros lugares las evidencias de mineralización son muy pobres, por lo que será necesario detallar los estudios exploratorios en dichos lugares. Se tiene conocimiento de que el yacimiento "La Negra", localizado al S 20° E y a 37 Km en línea recta de Pinal de Amoles (es el más conocido y explotado en el estado de Querétaro), en superficie se manifiesta como mantos angostos que a profundidad cambian a cuerpos tipo chimenea con espesores muy considerables, por lo que se toma como apoyo esta información con el objeto de establecer criterios correlativos que conduzcan a la detección de otros yacimientos semejantes dentro de la región de estudio.

### a).- Objetivo del estudio.

El objetivo fundamental del presente estudio consiste en conocer las condiciones geológico-estructurales del área, así como el levantamiento de las manifestaciones litológicas y de alteración, que permitan lograr un buen grado de conocimiento geológico-minero a fin de proponer zonas que sean favorables para la localización de algún yacimiento mineral que sea susceptible de correlacionarse con zonas mineralizadas ya existentes.

b).- Antecedentes históricos.

La sierra queretana ha dado renombre a la minería del estado, ya que existen estudios arqueológicos que permiten considerar que la explotación del cinabrio, plata, calcita y fluorita se iniciaron desde el siglo IV a.c.; se cree que los pobladores serranos fueron los principales proveedores de cinabrio en una vasta extensión territorial.

Ya en tiempos de la colonia, según la cédula real de 1557 se fundaron los pueblos mineros San Pedro Escanela (Ag,Pb,Zn) El Doctor (Sb,Ag,Pb), San José de los Amoles <Pinal de Amoles> (Ag,Pb,Zn), Río Blanco (Au,Ag,Pb,Zn), Plazuela (Hg), San Joaquín (Hg,Ag,Pb,Zn) y Maconí (Ag,Pb,Zn), distritos de los que se estima produjeron aproximadamente 600,000 toneladas de mineral con contenidos de plata, plomo y zinc.

En el año de 1760 comienzan a manifestarse en México problemas de carácter socioeconómico por el movimiento independiente que habría de presentarse años más tarde, lo que produce una crisis en la minería, debido a que muchas minas son abandonadas, otras son derrumbadas y otras más se inundan, y no es sino hasta el año 1900, cuando don Porfirio Díaz da un fuerte impulso a la minería, la que pasa de manos españolas a manos francesas, inglesas e italianas principalmente. Por lo que en 1905-1918, la firma Cookson of New Castle on Tyne - Inglaterra, explota las minas antimoniales del Soyatal, se desconoce el volumen de mineral que extrajeron.

En 1934-1945, debido a las necesidades de mineral no-ferroso requerido durante la segunda guerra mundial, se forma la Cía. Minera y Refinadora Mexicana, S.A., la que reinició la explotación de las minas del Soyatal pero ya empleando las primeras máquinas neumáticas, por lo que al tener una producción más alta, les fue necesario también transportar el mine-

ral por medio de un teleférico; y para el beneficio del mismo utilizaron mesas vibratorias. Según las estadísticas existentes, las minas del Soyatal produjeron 25,000 toneladas de mineral metálico, lo que colocó al estado como el tercer productor nacional de antimonio.

En cuanto a la producción de mercurio, la sierra Queretana tuvo una bonanza entre los años 1965-1975, lamentablemente no existen registros que permitan tener conocimiento real al respecto, pero de acuerdo a la información de boletines del C.R.N.N.R. y algunas estadísticas de producción existentes en la gerencia de estudios económicos del Consejo de Recursos Minerales, entre 1970-1974 se registró una producción de 3.7 millones de Kg de mercurio, lo que situó al estado como el primer productor nacional.

Referente a la producción de minerales básicos como son: la plata, el plomo y el zinc, actualmente sólo existe una mina importante en el estado que es "La Negra", de la Cía. Minera Peñoles, la cual contribuye con el 2% de la producción nacional de plata. Los datos anteriores son lo más relevante de lo que ha producido la sierra queretana.

c).- Estudios previos.

De los trabajos de exploración realizados en el área de estudio por personal de la Residencia Querétaro del Consejo de Recursos Minerales, los de mayor importancia son los siguientes:

- Informe minero de exploración y evaluación de reservas del fundo minero mina grande, en el municipio de Pinal de Amoles, Qro. por Ing's Rodolfo Corona, José Luis - Guerrero, Juan Longoria y tec. Juan García Rivera. (1980).

- Informe del resultado técnico de la exploración de la -  
carta convenio en la mina "Los Encinos" del ejido La -  
Barranca, municipio de Pinal de Amoles, Qro. por Ing. Ma-  
nuel Rodríguez G. (1980).
  
- Informe preliminar de la 1º. etapa de los trabajos rea-  
lizados en la asignación minera San Vicente, rancho A-  
gua Amarga, municipio de Pinal de Amoles, Qro. por Ing.  
Amador Mérida Cruz y Pas. José Antonio Maya (1981).
  
- Informe técnico y programa de exploración para la mina  
El Refugio, localizada dentro de la R.M.N. Pinal de Amo-  
les, Qro. por Ing's Amador Mérida Cruz y Clemente Cam -  
porro F.
  
- Informe preliminar de los trabajos realizados en la Re-  
serva Minera Nacional de Pinal de Amoles, Qro. por Ing's  
Amador Mérida Cruz y Clemente Camporro F. (1982).
  
- Levantamiento aeromagnético del área de Zimapán, Hgo.  
por la Gerencia de Exploración Geofísica del C.R.M.
  
- Monografía del Estado de Querétaro por Ing. Amador Méri-  
da Cruz. (1987).

Destacan, además, los siguientes trabajos:

Bosquejo geológico de la Sierra de Querétaro por los  
Ing's Salvador Zamora y Manuel Carbonell. (1966).

Minería prehispánica en la Sierra de Querétaro por Ing's  
Manuel Carbonell, Salvador Zamora, José Luis Franco Ca-  
rasco y Adolphus Langenscheid. (1970).

Exploración de fosforitas, área reservas mineras nacionales en los estados de Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí, por Ing. Robert L. Quintus Bosz. (1973).

Reconocimiento geológico-geoquímico del área de Bucareli-Pinal de Amoles, Qro., por: Miranda Gazca M.A., Ontiveros-T. Héctor Hugo y Zavaleta Barrón C. (1978).

Todos estos estudios son de gran utilidad, pero indudablemente uno de los trabajos de mayor importancia es el levantamiento aeromagnético del área de Zimapán, Hgo., debido a que fue un trabajo de prueba en zonas mineralizadas, y sirvió para conocer la efectividad del método. Se cubrió con aeromagnetometría una superficie de 135 Km<sup>2</sup> aproximadamente, en donde gracias a las respuestas magnéticas obtenidas se pudieron mapear los cuerpos intrusivos. En cuanto a la mineralización, también se tuvieron respuestas muy favorables, debido a que se encuentra relacionada a pirrotita, lo que permitió la detección de chimeneas que están en explotación o muy próximas a explotarse.

d).- Actividades realizadas.

Dentro del área de Pinal de Amoles, se llevaron a cabo los trabajos o actividades que se condensan en la tabla No.1- La contribución del presente estudio, por ser de carácter regional, se manifiesta únicamente en lo que se refiere a:

- Fotogeología
- Geología regional
- Prospectos visitados
- Muestreo
- Brechas

ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL AREA DE PINAL  
DE AMOLES, MPIO. DEL MISMO NOMBRE QUERETARO.

TABLA No. 1

ACTIVIDADES	ACUMULADA ANUAL (1988)	ACUMULADA TOTAL
FOTOGEOLOGIA (Km <sup>2</sup> )	323	323
GEOLOGIA REGIONAL (Km <sup>2</sup> )	323	323
GEOLOGIA A SEMIDETALLE (Km <sup>2</sup> )		1.43
GEOLOGIA A DETALLE (Km <sup>2</sup> )	0.27	4.66
GEOLOGIA DE INTERIOR MINA (M.L.)		12494
TOPOGRAFIA DE INTERIOR MINA (M.L.)		12494
MUESTREO ( u )	228	1973
DESATIERRE Y LIMPIEZA O.M. (M.L.)	21	823
BRECHAS (M.L.)	15,700	91685
BARRENACION CON DIAMANTE (M.L.)		361
OBRA MINERA (M.L.)		35
CAMINOS NUEVOS ( Km )		3.5
REHABILITACION DE CAMINO ( Km )		7.7
ZANJAS ( M3 )		282
ESCALEREO (M.L.)		225
PROSPECTOS VISITADOS		145

Tabla No. 1

 U N A M	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
	<b>TESIS PROFESIONAL</b>
ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL AREA PINAL DE AMOLES, MUNICIPIO DEL MISMO NOMBRE, QUERETARO.	
JESUS CASTRO MORA	ENE - 89

e).- Método de trabajo.

Al realizar un trabajo exploratorio de carácter minero, la metodología a seguir se fundamenta básicamente en la óptima aplicación de las fases de la prospección minera, enlistadas en la tabla No.2; por consiguiente, es necesario remarcar que en el caso del presente estudio se engloba a las fases I, II y III de dicha tabla, es decir, primeramente se recopiló toda la información geológica a nivel regional; posteriormente se recopiló la información existente relacionada con el área de estudio (planos geológicos y topográficos, informes geológicos, resultados de análisis petrográficos y de análisis químicos cuantitativos, etc.). Además, se formó un plano fotogeológico preliminar a escala 1:25,000.

Posteriormente se efectuó la verificación de la interpretación fotogeológica, la cual se basó en el mapeo de las unidades litoestratigráficas, mapeo de las zonas de alteración y de las estructuras mineralizadas; se visitaron los principales prospectos localizados en el área de estudio; se colectaron muestras para análisis petrográficos y químicos, además, se realizó una sección geológico-estructural (a brújula y cinta) de 10 Km de longitud, con el objeto de conocer con más detalle el comportamiento estructural de la zona y determinar la relación que guarda el cuerpo intrusivo de Pinal de Amoles con respecto a las rocas encajonantes y a las zonas mineralizadas. Con los datos de campo y los resultados del muestreo se afinó y enriqueció el plano fotogeológico para obtener, de esta manera, el plano geológico y la localización de los prospectos que existen en el área.

Finalmente, en gabinete se trabajó en la elaboración del plano de zoneamiento fisiográfico (utilizando la carta Fl4-C-48 a escala 1:50,000 editada por Detenal), y todos los datos de rumbos y buzamientos se vaciaron en un diagrama estereográfico, con el objeto de tener una visión más clara del comportamiento estructural de la zona.

FASES DE LA PROSPECCION MINERA

F A S E S	F U N D A M E N T O S	O B J E T I V O
I. (Infraestructura)	Bibliografía Teledetección	Documentación: reco- pilación de la in- formación existente  Cartografía: esta- blecimiento de los planos de base.
II. (Investigación estratégica)	Mertillar P. Aluvionar Aereogeofísica	Exploración regio- nal: indicios direc- tos e indirectos, - geofísicos, geoquí- micos y de lab.
III. (Prospección de indicios)	Cartografía Geoquímica detallada P. Aluvionar Geofísica detallada	Prosp. mín.: traba- jos directos para - poner en evidencia nuevos depósitos o ampliación de los - ya conocidos.  Barrenación: mues- treo, laboratorio.
IV. (Evaluación)	Interpretación geol. Control geoestadístico	Geometrización, --- cuantificación. Es- tudio sistemático: barrenación, muestreo Ensayos industria- les (semá) de trat.
TOMA DE DECISIONES		
V. (Explotación)	Técnicas caracterís- ticas de las industrias de extracción y trata- miento de minerales	Métodos de explota- ción.
VI. (Beneficio)	Flotación, Metalurgia	Tareas dirigidas al procesado del mine- ral, desde el momen- to que es extraído de la mina hasta la elaboración del pro- ducto afinado.
VII. (Mercadotecnia)	Políticas internaciona- les. Sujeto a oferta y de- manda.	Comercialización -- del producto.

Tabla No. 2

## II. GEOGRAFIA

### a).- Localización y extensión del área.

La zona de estudio se localiza al N 53° E y aproximadamente a 100 Km , en línea recta de la ciudad de Querétaro, y comprende una superficie de 323 Km<sup>2</sup>. Geográficamente está delimitada por las siguientes coordenadas geográficas:

21°03'46''-21°14'00''- Latitud norte  
99°29'54''-99°39'48''- Longitud oeste

### b).- Vías de comunicación.

El principal acceso al área de estudio es por vía terrestre; parte de la ciudad de Querétaro por la autopista federal No.57 que va hacia la ciudad de México y aproximadamente a la altura del Km.20, se toma la carretera estatal que se dirige hacia las poblaciones de Toliman y Bernal; al llegar al poblado de Ezequiel Montes se toma la carretera federal No.120 que une a las poblaciones de Cadereyta, Vizarrón de Montes, Peña-Blanca y Pinal de Amoles.

De esta manera se cubre un recorrido de 170 Km. por carretera en buenas condiciones para llegar al área de estudio. -- (ver plano No.1, de localización).

### c).- Clima y vegetación.

En la región de la Sierra Madre Oriental se presentan fenómenos meteorológicos complejos, debido a que existen varia-



ciones considerables de altitud, así como de humedad atmosférica y de temperatura.

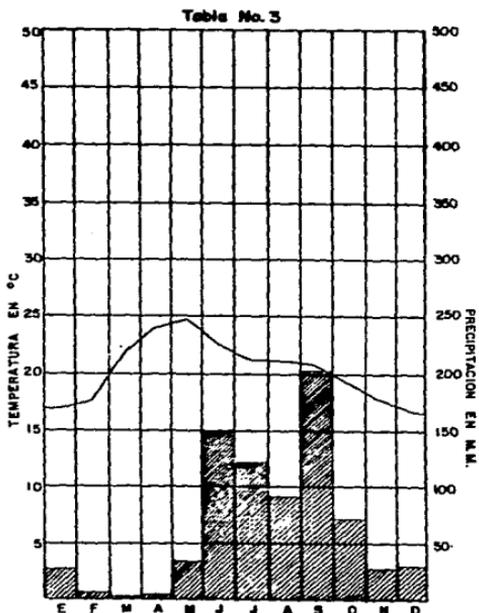
Por lo que se refiere al área de estudio, se tiene la predominancia de clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano.

Este clima, cuya temperatura media anual es superior a los 18°C, presenta tres variantes de acuerdo con los rangos de humedad. El menos húmedo se localiza en una amplia zona orientada en dirección oriente-poniente, la cual comprende parte de los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Pinal de Amoles y Landa de Matamoros. La precipitación media anual es de 773.4 mm. Este fenómeno tiene su máxima incidencia en septiembre, con 208 mm, y en marzo y abril se registra la mínima que es inferior a los 5 mm.

La temperatura anual media es de 20°C; la media mensual más baja es en diciembre con 16.7°C, y la más alta ocurre en mayo con 24.8°C. La diferencia entre estos dos últimos datos es mayor de 7°C, por ello el clima está catalogado como extremo\* (tabla No.3).

Los datos anteriores corresponden al registro de la estación climatológica "La Lagunita", localizada al N 65° E y a 36 Km en línea recta del poblado de Pinal de Amoles. Al igual que el clima, la vegetación en la región también es muy variable y está en función de la altitud y el clima principalmente. Los bosques de coníferas (pinos) se localizan por encima de los 2500 m.s.n.m. (partes altas); bosques de pino-encino, entre los 2000 y 2500 m.s.n.m.; matorral crasicuale entre los 1500 y 2000 m.s.n.m.; matorral submontano entre los 1500-m.s.n.m.; la selva baja caducifolia se presenta, en promedio, entre los 500 y 1000 m.s.n.m. Por último, las tierras susceptibles de utilizarse con fines agrícolas, se localizan entre los 1500 y 1800 m.s.n.m. aproximadamente.

\* Fuente: Síntesis geográfica nomenclátor y anexo cartográfico del estado de Querétaro, INEGI, México, 1986.



ESTACION LA LAGUNITA

Fuente: Síntesis geográfica nomenclador y anexo cartográfico del estado de Querétaro, Inegi, México, 1986.

NOTA: Las barras representan la precipitación para el año 1968.



FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

UNAM

GRAFICA CLIMATOLOGICA

JESUS CASTRO MORA

FECHA:  
ENERO - 89

d).- Fisiografía.

dl. Provincia fisiográfica:

Fisiográficamente el área de estudio queda comprendida, -- según E. Raisz (1964), dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (figura No.1).

Dicha provincia se localiza en la porción centro oriental de la República Mexicana, y se extiende paralelamente a la -- costa del Golfo de México, con un rumbo predominante NNW-SSE; el rasgo estructural más importante de esta provincia lo constituye la "flexión" en dirección Este-Oeste que presenta la - Sierra Madre Oriental a la altura de la ciudad de Monterrey, - N.L., donde la tendencia estructural NNW-SSE "voltea" hacia - las regiones de Saltillo y Torreón Coah.

La Sierra Madre Oriental colinda al N y NW con la meseta de Coahuila y la provincia de Sierras y Cuencas; al E y NE, - con las provincias de Sierras Tamaulipecas y la Planicie Costera; al SE con la cuenca Pánuco-Tuxpan; al SW con la Mesa -- Central y al S con el Eje Neovolcánico. Las altitudes de la - Sierra Madre Oriental oscilan entre los 2000 y 3000 m. en su zona más elevada, que se ubica entre Saltillo Coah. y Ciudad-Victoria Tamps. Sobre la Llanura Costera del Golfo Norte, presenta un imponente escarpe, pero su transición hacia la Mesa del Centro y el Eje Neovolcánico es menos abrupta debido a la altitud media de esas provincias y a los procesos de relleno con materiales aluviales y residuales del Reciente. La Sierra Madre Oriental abarca parte de los estados de Durango, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Veracruz, Hidalgo y Puebla y constituye un imponente conjunto montañoso caracterizado por profundas barrancas y cañones, y en su parte central por prominentes montañas.

Las rocas que constituyen a la Sierra Madre Oriental se encuentran intensamente plegadas y falladas y forman, en con-

junto amplias estructuras anticlinales y sinclinales que, ocasionalmente, están afectadas por grandes fallas de tipo inverso. Los rumbos de los plegamientos siguen la orientación de la Sierra Madre Oriental (NW-SE). Sin embargo, al sur de Monterrey, en la unidad geológica denominada Anticlinorio de Artega, un conjunto de anticlinales paralelos se flexiona y -- describe un arco que cambia su rumbo, como se mencionó con anterioridad, de NW-SE a E-W, (pliegues Saltillo-Parras y Sierras transversales).

A lo largo de toda la provincia predominan rocas mesozoicas de origen sedimentario, representadas por calizas, margas lutitas, limolitas y areniscas. En ciertos lugares la secuencia sedimentaria está afectada por cuerpos intrusivos de composición granítica o granodiorítica, o cubierta por rocas volcánicas andesíticas y basálticas. En muy escasos lugares aparecen afloramientos de rocas paleozoicas y precámbricas, como en el cañón de la Peregrina, Tamaulipas (Esquisto Granjeno), <Calixto Ramírez, 1978> y la región norte de Molango, Hgo. -- (Esquistos Huiznopala).

Debido al predominio de rocas carbonatadas, tales como -- las calizas y las dolomías, es muy común el desarrollo de zonas con una carsticidad avanzada, sobre todo en la porción -- sur de la Sierra Madre Oriental, en donde incluso se le ha dado la denominación de subprovincia del Carso Huasteco, que abarca desde Ciudad Valles, S.L.P., hasta las inmediaciones de Teziutlán, Puebla. (Síntesis geográfica del estado de Querétaro, INEGI, 1986).

#### d2. Geomorfología:

Geomorfológicamente, la zona de estudio constituye un conjunto de sierras menores formadas por estratos plegados de antiguas rocas sedimentarias marinas, principalmente calizas y sedimentos arcillo-calcáreos (Jurásico Superior-Cretácico).

Sin embargo, la forma más notoria en estas sierras, es la que produce un relieve de fuertes ondulaciones paralelas y alargadas, tal es el caso, por ejemplo, de la sierra que comprende el cerro El Quirambal, que se extiende en dirección NW-SE, -- hacia los poblados del Derramadero de Juárez (al NW) y San -- Pedro Escanela (al SE).

En cuanto a elevación o altitud con respecto al nivel del mar se refiere, existen variaciones muy considerables, es decir, mientras en la porción NE del área (zona de Ahuacatlán - de Guadalupe) se tienen cotas de 1000-1200 m. (arroyo Adjuntas), en los sitios cercanos a Pinal de Amoles se alcanzan cotas de hasta 2600 m ; con lo cual se tiene una fluctuación -- máxima de altitud de 1400 m. Este hecho propicia que dentro -- del área de estudio se tenga una variación climática muy notoria de un lugar a otro.

De manera general, se puede considerar que el relieve es abrupto y montañoso (ver plano de zoneamiento fisiográfico), -- y corresponde a una etapa evolutiva, según W.M.Davis (1899), -- de juventud; la mayoría de los valles son estrechos y su -- labrado es generalmente en forma de "V". Existen, además, va -- lles de tipo intermontano, y las zonas de planicie son muy -- restringidas y de poca extensión. Las corrientes superficia -- les del área (ríos y arroyos) generalmente siguen un cauce a -- lo largo de estructuras, ya sean fallas o fracturas y, en al -- gunos casos, a lo largo de los ejes de estructuras de tipo an -- ticlinal, como en el caso de la región de San Gaspar.

Teniendo en cuenta la tectónica regional, el área en sí, -- se encuentra en un período de levantamiento constante, que se -- manifiesta con las zonas escarpadas que se observan clara -- mente en las áreas de la Yerbabuena, Derramadero de Bucareli y -- Cuatro Palos, éste último al SSW de Pinal de Amoles.

El modelado Cárstico juega un papel importante en el as -- pecto morfológico de la zona, sobre todo en la porción NE -- -- del área, en las inmediaciones de Ahuacatlán de Guadalupe y -- Jalpan de Serra, ésta última localizada fuera del área de --

estudio, en donde las características litológicas y estructurales han permitido el desarrollo de este tipo de modelado.

### d3. Hidrografía:

Considerando el contexto geohidrológico regional, en el estado de Querétaro, al igual que en otras entidades del país los recursos y las características hidrológicas están condicionadas por la topografía y el clima.

La zona de estudio queda comprendida dentro de la vertiente del Golfo de México, en la cual, las principales corrientes las constituyen los ríos Tamuin y Moctezuma; el río Santa María es uno de los principales afluentes del río Tamuin y -- sirve de límite con el estado de San Luis Potosí, y en el --- cual confluyen otras corrientes como son las de Ayutla, Jalpan y Santa María del Río.

El río Moctezuma, en parte de su recorrido, marca el límite entre los estados de Querétaro e Hidalgo y tiene como principales aportadores a los ríos Xichú, Toliman, Arroyo Zarco, San Ildefonso, Caracol y Extórax, éste último localizado hacia la parte sur de la región de estudio.

Ahora bien, desde un punto de vista más local, dentro del área estudiada la primera distinción que hay que hacer es la relativa a la modalidad de flujo o circulación, en otras palabras, al tipo de avenamiento.

De esta manera, el tipo de avenamiento que se tiene es -- exorreico, ya que todos los flujos lineales que existen (a -- rroyos, riachuelos y ríos) después de unirse llegan o desembocan al mar, inclusive las aguas subterráneas tienen el mismo fin. Lo anterior tiene consecuencias importantes en lo que se refiere al trazado hidrográfico o tipos de red que prevalecen en el área. Así pues, el tipo de red o drenaje va a estar en función, principalmente de la litología y de las condiciones estructurales prevalecientes; por tal motivo, el tipo de drenaje que predomina es el subparalelo rectangular, principal--

mente en la porción centro-norte del área, mientras que hacia la porción sur, se tiene un cambio paulatino a un drenaje de tipo subdendrítico, esto debido a la mayor cantidad de terrígenos arcillosos que presenta la formación Las Trancas. Por otra parte, algunas de las corrientes son, también, de tipo obsecuente, tal es el caso, por ejemplo, de la zona cercana a San Pedro Escanela, y debido a que la zona se encuentra muy plegada es lógico pensar que también existan corrientes de tipo --consecuente, es decir, que fluyan en dirección del buzamiento de la(s) estructura(s).

Por otra parte, en la porción nor-oriental del área es -- donde se presenta más claramente el desarrollo de Carsticidad ya que el flujo superficial llega a "desaparecer" por efecto de infiltración a través de fracturas y/o grutas para seguir un curso subterráneo, tal es el caso, por ejemplo, del Arroyo Jalpan, que en la zona de Puente de Dios (al SE de Ahuacatlán de Guadalupe) repentinamente desaparece para seguir un curso subterráneo.

Finalmente es conveniente hacer mención que, a pesar de -- que en la zona de estudio se registran los índices mayores de precipitación y escurrimiento, y además por tratarse de una -- zona montañosa, es difícil aprovechar los recursos hidrológicos tanto superficiales como subterráneos, ya que estos últimos se encuentran, por lo general, a niveles profundos.

e).- Infraestructura minera.

De manera general, se puede decir que no se cuenta con -- infraestructura minera dentro del lugar de estudio, ya que las minas que existen en la región, en general, fueron hechas por gambusinos y son muy angostas; actualmente la mayoría se encuentra en muy malas condiciones y en condiciones inseguras.

Por su parte, el estado de Querétaro cuenta con una infra

estructura minera muy pobre, debido a que el principal mineral explotado es el mercurio y su proceso metalúrgico es relativamente muy simple.

Por lo que se refiere a plantas para beneficiar sulfuros, cercanamente al área de estudio existen 2 plantas de beneficio: La de la unidad minera "La Negra" (que es la principal), del grupo Industrias Peñoles S.A. de C.V., que se localiza al S 20° E y a 37 Km de distancia en línea recta del área de estudio (Maconí, Mpio. de Cadereyta, Qro.). Dicha unidad cuenta con una planta de flotación selectiva donde se obtienen dos tipos de concentrados: uno de Plomo-Cobre-Plata y otro de --- Zinc-Plata. La capacidad de la planta es para procesar 29,000 toneladas métricas por mes.

La otra planta de beneficio se localiza al N 56° W y a 14 Km de distancia en línea recta del poblado de Pinal de Amoles, en la localidad de Río Blanco. Dicha planta pertenece al Sr. C.P. Marín Torres Herrera y cuenta con una capacidad para beneficiar 25 toneladas por día.



### III. GEOLOGIA

#### a).- Generalidades.

El marco geológico regional del área Pinal de Amoles, que da comprendido dentro de la secuencia sedimentaria de la Sierra Madre Oriental, en donde predominan estructuras anticlinales y sinclinales de orientación NW-SE, con buzamiento preferencial hacia el SW.

Las rocas más antiguas en la región, son lutitas y grauwacas del Jurásico Superior, correspondientes a la Formación -- Las Trancas; sobreyace discordantemente a esta unidad, la Formación calcárea El Doctor, del Cretácico Inferior-Medio, y como rocas más recientes se tiene a la unidad arcillo-calcárea de la Formación Soyatal-Mexcala del Cretácico Superior.

La secuencia anteriormente descrita, se encuentra fuertemente plegada (por efecto de la Orogenia Laramide) y fallada además de estar intrusionada por cuerpos (stocks y diques) -- del Terciario Medio de composición ácido-intermedia, estos -- cuerpos probablemente estén asociados a la mineralización --- existente, la cual, generalmente, tiene como roca encajonante a las calizas de estratificación delgada de la Formación Doctor (facies La Negra).

#### b).- Estratigrafía.

En la figura No.2, se presenta la columna estratigráfica del área de estudio, la cual se estableció por correlación -- con sitios cercanos a dicha área, y por las observaciones hechas en campo.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL  
AREA PINAL DE AMOLES, ORO

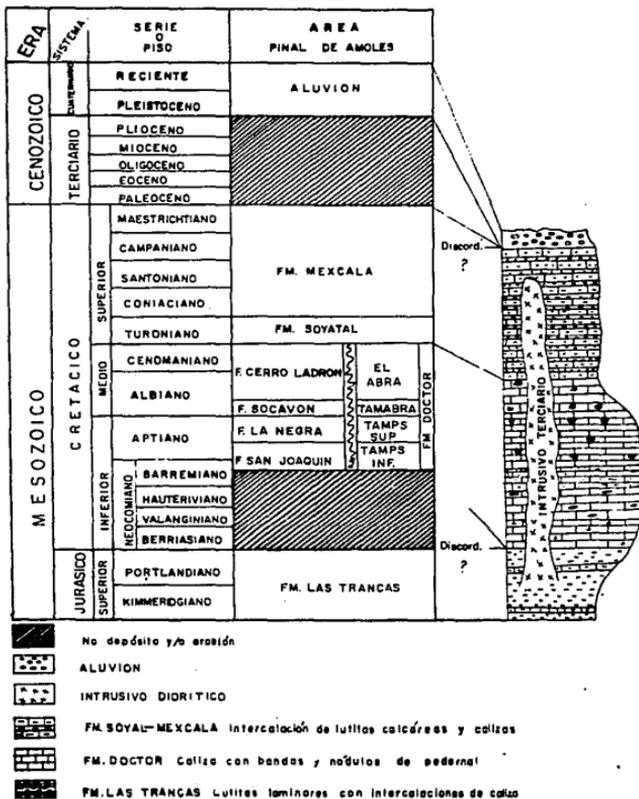


Figura No. 2

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	COLUMNA ESTRATIGRAFICA
JESUS CASTRO MORA	FEB-89

## JURÁSICO SUPERIOR.

### FORMACIÓN LAS TRANCAS.

#### Definición:

El nombre de Formación Las Trancas fue propuesto por Kenneth Segerstrom en el año de 1961, para referirse a la unidad litológica que aflora en el puerto de Las Trancas, cerca del Km 217 de la carretera México-Laredo (localidad tipo), - aproximadamente a 18 Km al norte de Zimapán Hgo., en donde - está bien expuesta su porción superior, incluso su contacto - superior.

#### Litología y expresión superficial:

Consiste predominantemente de una secuencia de lutitas laminares, ligeramente filíticas y en ocasiones con presencia de caliza lenticular de color pardusco a marrón y grauvacas de color gris a gris pardusco, sin embargo, la predominancia de las lutitas es clara. Hacia la porción nororiente del poblado de Pinal de Amoles, en la zona de la Cuesta de Huazmazontla, esta formación consiste de lutitas de color negruzco y muy carbonosas, ligeramente filíticas y de estratificación delgada (casi laminar) muy constante. Debido a que la unidad es poco resistente a la erosión, tiende a formar bajos topográficos (ver foto No.1).

#### Distribución y espesor:

Son las rocas más antiguas que afloran en la región (Simons y Mapes <1957>, Segerstrom <1961>, Carrillo y Suter <<1982>>), y al mismo tiempo es la unidad de menor difusión dentro del área de estudio. En cuanto al espesor total de la formación, se desconoce, debido a que no está expuesto su contacto inferior. Sin embargo, Carrillo y Suter (1982), reportan -

espesores de aproximadamente 800 m en la localidad del cerro de los Lirios, en el estado de Hidalgo.

**Relaciones estratigráficas:**

Debido a que la base de esta formación es desconocida en la región, no se puede hablar de la relación que guarda con las rocas subyacentes, en cuanto a su contacto superior se refiere, la Formación Las Trancas subyace discordantemente a la Formación Doctor.

**Edad:**

Los amonites que han sido colectados (no en el presente estudio) en la Formación Las Trancas, corresponden en gran parte al género Paradontoceras, del Portlandiano medio y superior. La parte superior de la formación parece no contener fósiles, y en lo que se refiere a microfauna, ésta no fue encontrada en la unidad.

**CRETÁCICO INFERIOR-MEDIO.**

**FORMACIÓN DOCTOR.**

**Definición:**

La Formación Doctor fue definida o propuesta por Wilson, et.al., en el año de 1955, para referirse a una potente secuencia de calizas que afloran en los estados de Hidalgo y Querétaro, cuya localidad tipo se encuentra en el poblado el Doctor, en el estado de Querétaro.

**Litología y expresión superficial:**

Morfológicamente, la Formación Doctor tiende a formar altos topográficos de paredes escarpadas y valles angostos, y -

como se mencionó anteriormente, consiste de una potente secuencia carbonatada para la cual se han determinado cuatro facies distintas. Conviene hacer mención que las facies de la Formación Doctor que serán descritas a continuación, se correlacionan crono y litoestratigráficamente con las formaciones Tamaulipas Inferior y Superior, Tamabra y El Abra respectivamente.

**FACIES DE CUENCA (San Joaquín y La Negra, de Wilson et.al 1955).**

**San Joaquín (Tamaulipas Inferior):**

Las calizas de esta facies son de color gris oscuro, que intemperizan a un gris más claro; su textura es mudstone y su estratificación varía de media a gruesa (hasta > de 1 m de espesor). A diferencia de las calizas de la facies La Negra, esta formación presenta nódulos de pedernal y estructuras estiolíticas muy bien desarrolladas. (ver foto No.2).

Estos factores y el hecho de que las calizas de la facies La Negra presentan una deformación más intensa (pliegues más cerrados), hacen relativamente fácil su diferenciación.

**La Negra (Tamaulipas Superior):**

Consiste de una secuencia de calizas de color gris oscuro que intemperiza a un gris más claro; su textura es predominantemente criptocristalina (mudstone), el espesor de los estratos varía de 10 a 20 cm como promedio, es decir, es de estratificación delgada y además presenta bandas de pedernal negro (ver foto No.3), y en ocasiones blanco de tipo "flint".

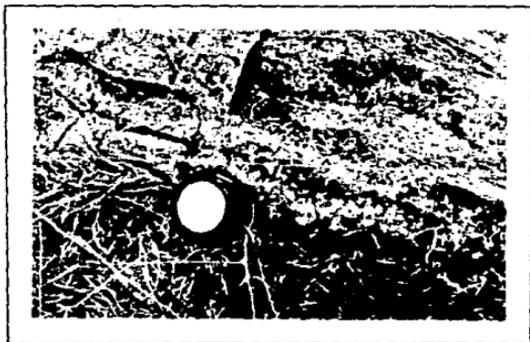
**FACIES DE PLATAFORMA.**

**Socavón (Tamabra):**

Las calizas de esta facies son de color gris claro, con -



Fotografía No.1: Contacto entre las formaciones--  
Trancas (tono claro) y Doctor--  
(color gris). Camino Pinal de --  
Amoles-San Gaspar.



Fotografía No.2: Línea estilolítica muy bien de  
sarrollada en calizas de la fa  
cies San Joaquín. Localidad:--  
San Pedro Escanela.

un espesor de estratos de aproximadamente 0.70 a 1 m , su textura es arcillo-arenosa (wackestone-packstone), en ocasiones se compone de brechas sinsedimentarias de textura un poco más gruesa (packstone-grainstone); ocurre como grandes bloques y lengüetas, pero con una distribución no muy amplia, en la zona de estudio es la unidad de menor difusión.

**FACIES ARRECIFAL (Cerro Ladrón, de Wilson et.al.,1955).**

**Cerro Ladrón (El Abra):**

Son calizas de color gris claro y se presentan en forma de bancos gruesos, con textura tipo grainstone-boundstone con abundantes microfósiles y otras formas como rudistas y gasterópodos preservados en diversas etapas de fragmentación, principalmente en biostromas con matriz de calcarenita; los rudistas más abundantes son de los géneros *caprina* y *toucasia*, y los gasterópodos del género *nerinea*; lo que evidencia un ambiente formacional de alta energía (ver foto No.4).

**Distribución y espesor:**

La Formación Doctor es la unidad litoestratigráfica más ampliamente distribuida dentro del área de estudio. Alcanza un espesor de 750 a 900 m en la zona de Ixmiquilpan-Actopan; pero se adelgaza a corta distancia hacia el norte, con un espesor máximo de 100 a 200 m , y está expuesta desde la base hasta la cima al pie de la sierra de Juárez, 16 Km al norte de Ixmiquilpan Hgo. En esta sierra, las calizas son de facies de cuenca y tienen espesores entre 300 y 1200 m ; está formada por caliza de estratificación paralela, de textura mudstone-wackestone, con bandas y nódulos de pedernal y con estratos finos intercalados de lutita y bentonita.

**Relaciones estratigráficas:**

La Formación Doctor sobreyace discordantemente a la For--



Fotografía No.3: Detalle de las calizas de la facies "La Negra", nótese en la parte superior banda de pedregal intercalada. Localidad: San Gaspar, Mpio. de Pinal de Amoles.



Fotografía No.4: Calizas de la facies Cerro Ladrón, la mayoría de los fragmentos y restos fósiles se encuentran reemplazados por carbonato de calcio.

mación Las Trancas, y es sobreyacida, posiblemente en forma discordante, por la Formación Soyatal-Mexcala (Segestrom --- 1961), de edad Turoniano Tardío-Coniaciano.

Edad:

La Formación Doctor tiene un rango geocronológico que --- varía del Aptiano al Albiano-Cenomaniano, con lo cual aparentemente existe una discordancia de tipo erosional, o bien unhiatus entre el depósito de la Formación Las Trancas y el de la Formación Doctor.

Los rudistas (caprínuloidea y toucasia) y gasterópodos -- (nerinea y actaronella), son los microfósiles más abundantes en el miembro o facies arrecifal, (Müllerried 1939). En las facies de aguas más profundas se encuentran pequeños amonites de los géneros hamites, hamulina, ptychoceras y diptychoceras (?) (R.W. Imlay, en marzo 10 de 1953), y los microfósiles -- son sumamente abundantes, por ejemplo especies de la familia-miliolidae y en menor proporción los géneros radiolaria y --- pithonella.

CRETÁCICO SUPERIOR.

FORMACIÓN SOYATAL-MEXCALA (Indiferenciadas).

Así se conoce a un paquete arcillo-calcáreo de color ocre que engloba a las Formaciones Agua Nueva, San Felipe, Méndez, Soyatal y Mexcala; que por ser tan semejantes no se distinguen fácilmente sus cambios.

Definición:

La Formación Soyatal fue definida por Segestrom en el -- año de 1961, en el área de Bernal-Jalpan estado de Querétaro,

para referirse a una caliza gris oscura de grano fino, en estratos delgados con lutita y limolita. Por su parte, la Formación Mexcala fue propuesta por Carl Fries en 1960, para la -- sucesión de capas interestratificadas de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas, con escasas lentes de caliza clástica, - la cual está bien expuesta al SW. de la ciudad de Taxco, esta do de Guerrero.

#### Litología y expresión superficial:

En el área de estudio se da el nombre de Formación Soyatal-Mexcala, a una secuencia arcillo-calcárea que presenta -- las siguientes características:

Consiste de una intercalación de calizas arcillosas de -- estratos que varían de delgados a medios, de color pardusco a grisáceo y textura mudstone-wackestone, interestratificadas - con lutitas calcáreas de color ocre y muy laminares; el espesor de la estratificación, tanto de las calizas como de las - lutitas es muy variable, pudiendo ser de unos cuantos centíme tros, hasta casi 1 m o más (ver fotos 5 y 6).

Normalmente el color de intemperismo que presenta esta -- formación, varía de amarillento a rojizo y, por lo que se refiere a la expresión superficial de esta unidad, se tiene que generalmente forma lomeríos suaves de coloración un tanto rojiza.

#### Distribución y espesor:

La Formación Soyatal-Mexcala, se encuentra distribuida -- principalmente en la porción central y nororiental del área - de estudio, aunque también se presenta en la porción S-SE en menor proporción; el espesor de esta unidad no ha sido determinado con exactitud, ya que con frecuencia se encuentra muy plegada, con lo cual presenta una repetición de capas.



Fotografía No.5: Intercalación de calizas arcillosas y lutitas calcáreas de la Formación Soyatal-Mexcala, localidad: El Llano, mpio. de Pinal de Amoles.



Fotografía No.6: Alternancia de lutitas calcáreas y calizas arcillosas (color gris claro) de la Formación Soyatal-Mexcala. Nótese la diferencia de espesor de las calizas con respecto a la foto anterior.

**Relaciones estratigráficas:**

La Formación Soyatal-Mexcala sobreyace posiblemente de manera discordante a la Formación Doctor y, por ser la formación más reciente dentro del área de estudio, ocasionalmente está cubierta por material aluvial y residual del reciente.

**Edad:**

La Formación Soyatal es poco fosilífera, pero el pelecípodo Inoceramus Labiatus Scholoteim encontrado en esta unidad (T. Paredes y Segerstrom, 1961), indica una edad Turoniana. Por su parte, la edad de la Formación Mexcala puede ser equivalente a la de la porción superior de la Formación Soyatal (Fries, 1956). Por tanto, la edad de la Formación Mexcala abarca del Coniaciano Inferior, posiblemente hasta el Maestrichtiano en su localidad tipo (Fries, 1956). La ausencia de macrofósiles es característica en todas las capas, con excepción de las más inferiores que presentan amonites de los géneros Nowakites y Texanites.

**SISTEMA TERCIARIO.**

**ROCAS INTRUSIVAS Y METAMÓRFICAS.**

Dentro del área de estudio existen varios cuerpos intrusivos (stocks) con un alineamiento muy notorio en dirección NW-SE, además de varios diques cuyo emplazamiento es muy probable que haya sido en sitios de fracturamiento, ya que en general, no siguen la misma orientación de los stocks principales (salvo los diques localizados en la zona del Derramadero de Juárez y El Carrizalito).

Debido a que los stocks de la porción NW del área presen-

tan variaciones de carácter químico con respecto al cuerpo -- principal, localizado sensiblemente en la porción central del área y cercano al poblado de Pinal de Amoles, será conveniente tratarlos por separado.

De esta manera se tiene que el stock principal (zona Ma-gueycitos), localizado al oriente y cercanamente a Pinal de Amoles, es de tipo granodiorítico en su parte central, y presenta una graduación paulatina a diorita hacia sus partes más externas, debido a una pérdida de  $\text{SiO}_2$  y K, con el consecuente enriquecimiento en Na-Ca y la formación de plagioclasas -- del tipo de la andesina y minerales máficos del tipo de la -- hornblenda, esfena y óxidos; este cuerpo presenta interés de g de el punto de vista de yacimientos minerales, ya que ha generado el desarrollo de skarns de granate de tipo grossularita-andradita, en la zona de contacto con las calizas de la -- Formación Doctor.

Por lo que respecta a los cuerpos intrusivos de la por--- ción NW de la zona de estudio (área del Derramadero de Juárez y El Rodezno), se tiene que éstos son de composición ácida, -- es decir, se trata de microgranitos de carácter calcoalcalino que varían a cuarzomonzonitas. Estos cuerpos se encuentran su mamente alterados y con una amplia zona de oxidación, como es el caso del área la Yerbabuena (ver foto No.7).

El cuerpo intrusivo del área El Rodezno presenta también una aureola de metamorfismo (skarn de granate: grossularita-- andradita), pero con un desarrollo menor en relación con el -- stock principal (cercano a Pinal de Amoles).

Por otra parte, los intrusivos cercanos a los poblados La Yerbabuena y El Gallo presentan una amplia zona de oxidación, sin mostrar aparentemente desarrollo de skarn.

Los diques que también existen dentro del área de estudio se caracterizan principalmente por presentar una textura afa-



Fotografía No.7: Panorámica del poblado La Yerbabuena, nótese la zona de oxidación, marcada en tonos rojizos, sobre el afloramiento del intrusivo.

nítica y ser de composición química intermedia, además, es -- muy probable que se hayan originado como una apófisis de los stocks principales.

Por otra parte, rocas de metamorfismo regional no existen en el área de estudio, Únicamente se encuentran rocas de tipo pirometasomático en las áreas Magueycitos y El Rodezno (skarn de granate: grossularita-andradita).

Finalmente, las rocas de tipo extrusivo son muy raras, y solamente se tiene localizado un pequeño afloramiento de tra-- quiandesitas (?) de color negruzco, muy resistentes al golpeo del martillo y de textura completamente afanítica (cabe men-- cionar que no se realizó un estudio petrológico de esta roca) dicho afloramiento se encuentra al norte de Pinal de Amoles, en las cercanías al poblado El Gallo.

#### **SISTEMA CUATERNARIO.**

El Cuaternario está representado por depósitos de talud, material aluvial y suelo residual que normalmente rellenan -- valles y partes bajas. Los depósitos de talud existen debido al colapso de laderas (área Potrerillos, al SE de Pinal de Amoles) favorecido, en parte, por el fallamiento post-orogé-- nico que afecta a toda la región.

#### **c).- Tectónica.**

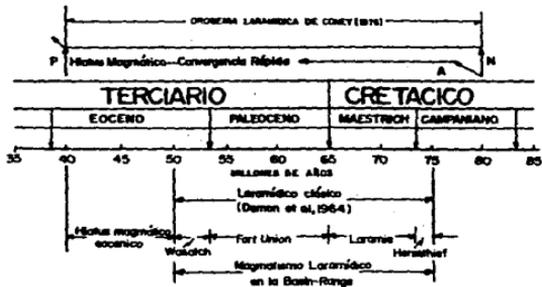
Debido a que los fenómenos geológicos y tectónicos ocurri-- dos durante el Precámbrico y Paleozoico en la Rep. Mex. no -- son del todo conocidos, a continuación se tratará la evolu-- ción tectónica ocurrida a partir del Mesozoico, tiempo en el-

cual tuvo lugar el depósito de las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio. Cabe recordar que -- México está subdividido en dos grandes zonas geológicas: el dominio cordillerano y el dominio mesógeno; éste último, al cual pertenece el área de estudio, se localiza en la porción oriental del país, y se encuentra ligado a la evolución tectónica de la margen atlántica occidental y a la apertura del Golfo de México. La zona de contacto entre los dos dominios -- está definida por el cabalgamiento de Higuierillas (P.Chauve, E.Fourcade y M.Carrillo, 1985), localizado aproximadamente a 2 Km al poniente de Vizarrón, y que corre en dirección sensiblemente NW-SE, pasando por el poblado del mismo nombre.

En la porción del cinturón de pliegues y cabalgaduras de la Sierra Madre Oriental pueden distinguirse los siguientes -- eventos tectónicos:

Es probable que haya ocurrido un fallamiento de tipo normal durante el período de depósito de la Formación Las Trancas (Carrillo y Suter, 1982), como resultado de movimientos -- epirogenéticos (hundimientos y levantamientos), que dieron lugar a las transgresiones marinas de fines del Jurásico y principios del Cretácico; entonces se inicia la sedimentación marina calcárea y arcillosa de las Formaciones El Doctor y Soya tal-Mexcala respectivamente.

A fines del Cretácico Superior comienza el levantamiento continental y el retiro paulatino de los mares hacia el oriente, para que, de esta manera, (en el Paleoceno-Eoceno temprano) se presenten los esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide, relacionados probablemente con la última etapa evolutiva del Golfo de México (Morán Zenteno, 1982); según apreciaciones de Shafiqullah, et.al., 1980 la Orogenia Laramide dura entre 75 y 50 millones de años. Sin embargo, M. Suter --- (1984) considera que las deformaciones compresionales regionales ocurrieron hacia los 70 y 60 millones de años (ver fig.No 3). Por su parte, los pliegues y cabalgaduras Laramídicas es-



( Tomado de Clark, et.al.1981 )

Figura No. 3



FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

DEFINICIONES DE LA  
OROGENIA LARAMIDICA

JESUS CASTRO MORA

FECHA:  
ENERO-89

tán controladas principalmente por la litología y el espesor de las rocas cretácicas, de aquí la existencia de grandes "co bijaduras" (con acortamientos mayores de 2 a 3 Km ), que se desarrollaron a lo largo del borde oriental del banco calcáreo El Doctor, y a lo largo del borde occidental de la plataforma carbonatada de Valles-San Luis Potosí.

Tales deformaciones Laramídicas (según Carrillo y Suter, 1982) son de tipo de transición entre frágil y dúctil, cuyo mecanismo de deformación se puede explicar por la interacción de elevadas isothermas regionales y un alto gradiente geotérmico.

d).- Geología estructural.

Una vez establecidas las condiciones geotectónicas más relevantes de la región, se procederá a tratar y a describir -- las características estructurales más significativas del área de estudio.

Estructuralmente, la zona de estudio está representada -- por una serie de plegamientos anticlinales y sinclinales e incluso anticlinales recostados, de rumbo general NW-SE, con buzamientos preferentemente hacia el SW. (ver figura No.4). Tal es el caso, por ejemplo, del anticlinal Bonanza que pasa por el poblado de Las Trancas, al NE de Zimapán Hgo., y el cual -- "penetra" en el área de estudio con una orientación NW-SE.

Este pliegue recostado es uno de los rasgos estructurales más notorios dentro del lugar de estudio; su núcleo lo ocupa -- la Formación Las Trancas y su eje pasa cercanamente a los poblados de San Pedro Escanela y la Cuesta de Huazmazontla. Esta estructura fue descrita por Segerstrom (1961) y, según el autor, en algunas partes tiene hasta 11 Km de ancho y "cabalga" sobre el sinclinal de El Fraile (localizado al SE y fuera--

- 38 -

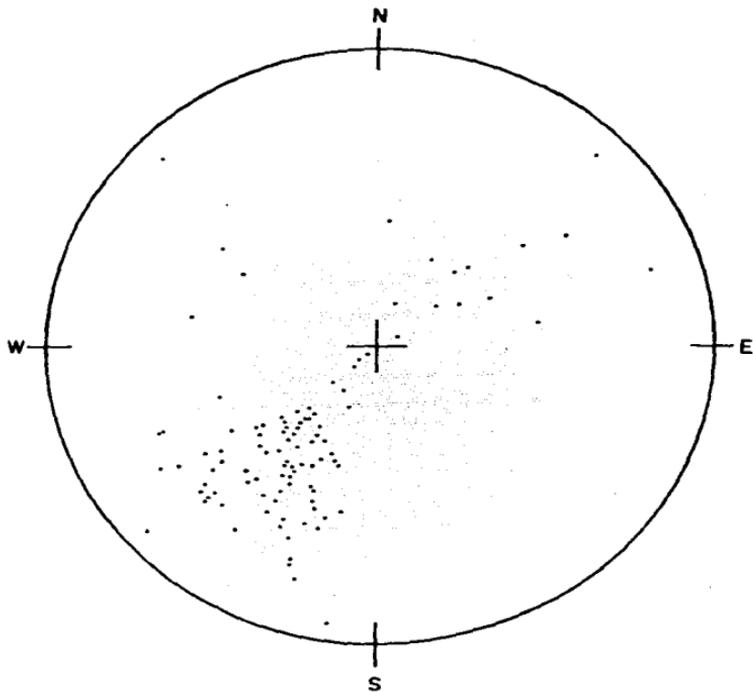


Figura No. 4



FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA ESTEREOGRAFICO QUE  
MUESTRA LA TENDENCIA "SW"  
DE LOS SUZAMIENTOS. (WULFF NET)

UNAM

JESUS CASTRO MORA

FECHA:  
ENERO-88

del área de estudio).

Otras estructuras anticlinales de importancia, son las -- que se localizan en las áreas de San Gaspar, Derramadero de - Bucareli y El Plátano.

Por otra parte, a una escala más local, el estilo de de-- formación predominante consiste de pliegues muy cerrados, como los que presentan las calizas de la Formación Doctor, que pueden llegar a ser incluso de tipo "chevrón"; este patrón de deformación es más común observarlo en las calizas de facies de cuenca y estratificación delgada (facies La Negra), ya que estas rocas responden de manera más "plástica" a los esfuer-- zos de deformación de tipo compresional (ver foto No.8). En - otros casos, el plegamiento es de tipo asimétrico (ver foto-- No.9); y, en el caso de las formaciones Soyatal-Mexcala y Tran-- cas, de tipo disarmónico.

Fallamiento post-orogénico de tipo normal, afecta también a las formaciones Mesozoicas plegadas por efecto de la oroge-- nia Laramide (ver fotos No's.10 y 11). Este fallamiento está-- orientado preferentemente hacia el NE-SW, aunque algunas fa-- llas de dimensiones un poco más locales, tienen una orienta-- ción sensiblemente igual a la de los ejes de los plegamientos (NW-SE). Un rasgo tectónico de importancia lo constituye el - hecho de que en algunas localidades (por ejemplo rancho La Ga-- llina, localizado a 3 Km al NE de Pinal de Amoles), la For-- mación Doctor "cabalga" sobre la Formación Soyatal-Mexcala, - lo que evidencia que existe un fallamiento inverso de dimen-- siones regionales.

Es conveniente, además, resaltar la importancia de la fa-- lla de La Barranca (localizada al N-NW de Pinal de Amoles). - Esta estructura es de tipo normal, pero también presenta un - desplazamiento lateral de tipo dextral. La falla de La Barran-- ca tiene una longitud aproximada de 6 Km , y su importancia - radica en el hecho de que desplaza, aproximadamente 3 Km al-



Fotografía No.8: Plegamiento de arrastre en calizas de la facies "La Negra", nótese la estratificación delgada y el pedernal tipo 'flint'. El plano axial del pliegue es prácticamente vertical.



Fotografía No.9: Pliegues de tipo asimétrico - que afectan a calizas de la Formación Doctor, afloramiento cercano al poblado de San Gaspar, mpio. de Pinal de Amoles.

NE, los alineamientos de la mineralización que corren con un rumbo aproximado de NW 70° SE.

Por su parte, el fracturamiento está orientado básicamente en dos sistemas principales: NW-SE, que es el predominante le sigue el NE-SW, aunque hay fracturas de rumbo N-S y en menor proporción E-W. Cabe hacer mención de que muchos de los arroyos de la zona, "corren" a lo largo de dicho fracturamiento (ver foto No.12).

e).- Geología histórica.

La historia geológica que se postula para el área de estudio, es la misma que ha controlado la evolución geológica de la Sierra Madre Oriental (dominio mesógeno) <P.Chauve, E.Fourcade, M. Carrillo, 1985>, por tanto, los eventos acontecidos en dicho sector son los siguientes:

Debido a las características litológicas de la Formación Las Trancas, es probable que se haya depositado en un ambiente nerítico, con gran aporte de terrígenos; las ocasionales transgresiones marinas de fines del Jurásico provocaron el desarrollo de intercalaciones arcillo-calcáreas dentro de la unidad.

Por su parte, debido a que la Formación Doctor presenta cuatro facies diferentes, los ambientes formacionales de dichas facies son muy variados pero indican:

**F. San Joaquín (Tamaulipas Inferior):**

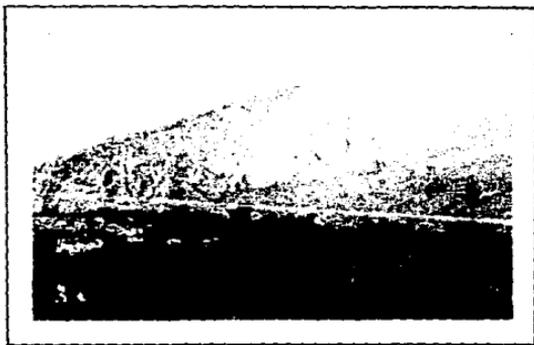
Depositada en un ambiente de cuenca profunda y en aguas con poca circulación.

**F. La Negra (Tamaulipas Superior):**

Depositada en aguas profundas, con poca circulación y en un ambiente probablemente euxínico (reductor), Mc.Bride y Thomson (1979), Robertson (1977) citados en Aguayo (1979), como la evidencia la textura criptocristalina y el olor fétido que desprenden —



Fotografía No.10: Escarpe de falla en las cercanías al poblado La Yerbabuena. Mpio. de Pinal de Amoles.



Fotografía No.11: Escarpe de falla en las cercanías al poblado del Derramadero de Bucareli, mpio. de Pinal de Amoles.

den al golpeo. El pedernal que contienen tanto la facies San Joaquín, como La Negra, es probable que sea de origen primario, es decir, que se haya formado contemporáneamente al depósito de las calizas.

F. Socavón (Tamabra):

Es probable que las rocas pertenecientes a esta facies, se hayan depositado en aguas no tan profundas y paleogeográficamente sobre el talud continental, pues se observa que estas rocas son, con frecuencia, calco-arcillosas o calco-arenosas, ya que constituyen una transición entre las rocas de aguas profundas (Tamaulipas Inf. y Sup.) y las rocas de ambiente arrecifal (El Abra).

F. Cerro Ladrón (El Abra):

Depositada en plataforma somera, en aguas claras y templadas. En la zona de alta energía se formaron bancos arrecifales, y en la de baja energía foraminíferos, rudistas, gasterópodos, etc.; es en esta zona de baja energía, en donde fue posible la concentración de sales de magnesio, debido a la poca circulación de agua y poca profundidad, lo que permitió el reemplazamiento químico de las rocas carbonatadas por dolomía

Finalmente, la Formación Soyatal-Mexcala es depositada en un ambiente nerítico costero, con aporte de terrígenos al tiempo de las pulsaciones del tectonismo de la orogenia Laramide, lo que provocó el depósito, en algunas localidades, de una secuencia tipo "flysh", por la acción de corrientes de turbidez.

A fines del Cretácico y principios del Terciario, da inicio la orogenia Laramide, que pliega y levanta las rocas Mesozoicas. A principios del Oligoceno, comienza una actividad volcánica acompañada de grandes intrusiones graníticas, la cual se hace más intensa en el Mioceno (Demant, A., Robin, C., 1975). Esta actividad volcánica se prolonga hasta el Plioceno Medio.

Para fines del Terciario se presentan esfuerzos de tipo tensional, que dan como resultado el fallamiento normal que existe en la zona de estudio. El fracturamiento secundario se



Fotografía No.12: Grandes fracturas en el flanco SW. de la sierra El Qui--  
rambal. En la porción infe--  
rior aparece la Formación --  
Las Trancas. Localidad: Cues--  
ta de Huazmazontla.

observa más comúnmente en las formaciones más recientes (fuera de la zona estudiada), y puede ser referido al neotectonismo que está actuando en el presente.

A fines del Plioceno y principios del Reciente, se presenta una etapa de calma, donde tiene lugar la erosión con el --consecuente depósito de materiales aluviales y el relleno de valles y cuencas, que conforman el paisaje actual.

A continuación se presenta, de manera esquemática, la evolución geológica del área de estudio (figura No.5).

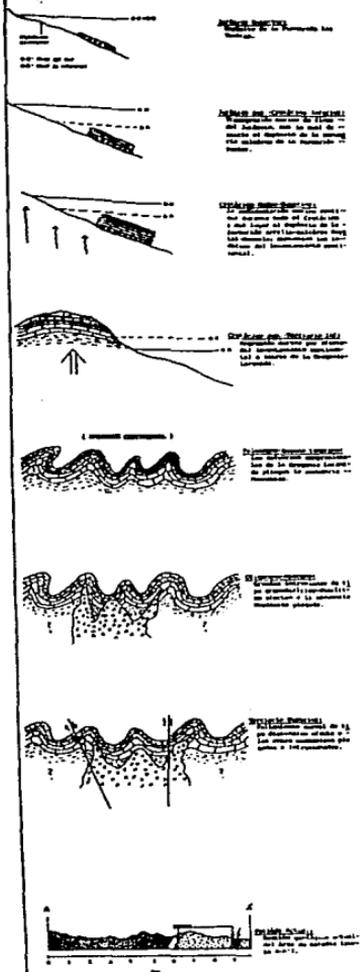


Figura No. 9

Figura No. 10

Figura No. 11

Figura No. 12

Figura No. 13

Figura No. 14

Figura No. 15

Figura No. 16

Figura No. 9

FACULTAD DE INGENIERIA  
 YNES PROFESIONAL  
 INGENIERIA MECANICA DE LA  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL  
 SANTA ROSA DE ARIQUA, SUC  
 ANTONIO CARLOS URSUA FEB - 88

#### IV. YACIMIENTOS MINERALES

##### a).- Generalidades.

Como podrá observarse en el apartado de estudios previos (I.c.), dentro del área de estudio se han efectuado trabajos de carácter muy local y, por tanto, el conocimiento que se -- tiene acerca de los yacimientos minerales existentes es, a la fecha, muy limitado. Por tanto, con el presente trabajo se -- pretendió determinar el contexto geológico regional para lo-- gar un mejor conocimiento de las zonas mineralizadas que --- existen dentro de la región.

Por otra parte, y sin olvidar que el presente estudio es de carácter regional (ya que comprende únicamente a las fa-- ses I, II, y III de la prospección minera), conviene hacer men-- ción que se ha tomado como apoyo la información y los traba-- jos realizados, así como los resultados obtenidos de las ex-- ploraciones llevadas a cabo en la unidad minera "La Negra" y el distrito minero de Zimapán Hgo., ya que ambos están ubica-- dos dentro de la misma provincia fisiográfica y en un contex-- to geológico similar al que se tiene dentro del área de Pinal de Amoles.

A continuación se procederá a describir las característi-- cas más relevantes de las zonas mineralizadas localizadas den-- tro de dicha área.

Si se observa el plano geológico del área de estudio, se-- podrá notar que aproximadamente un 50% del área presenta evi-- dencias de mineralización, las cuales son más notorias hacia-- la porción central y poniente, y posiblemente deban su origen a los stocks graníticos presentes o bien, a desprendimientos-- de éstos que ocurren como "sills" y/o diques.

b).- Forma y dimensiones.

Los principales cuerpos mineralizados se presentan en, o cerca de la superficie, como mantos orientados en dirección NW-SE, con buzamientos de 30° a 40° hacia el SW.; sus dimensiones varían de 50 a 150 m de longitud, con un espesor promedio de 1.0 m, y profundidades conocidas de hasta 180 m -- (mina San Vicente).

En segundo término, existen estructuras tipo veta, las -- cuales están emplazadas a lo largo de fracturas, y cuyo origen es similar al de los mantos.

Sin embargo, los cuerpos tipo chimenea son, en sí, el tipo de depósitos que se pretende encontrar, ya que podría darse el caso de que los mantos gradúen a cuerpos tipo chimenea, y sería probable localizarlos a profundidad, debido a que las condiciones geológico-estructurales son muy favorables para encontrar depósitos tipo "La Negra". (de tipo pirometasomático). (ver tabla No.4).

c).- Alteraciones.

Las alteraciones que comúnmente se observan en las rocas encajonantes donde existe desarrollo de skarn (intrusivos de Pinal de Amoles y El Rodezno) son, en un bajo porcentaje la marmorización, le sigue la silicificación (con presencia de wollastonita) y la dolomitización principalmente.

La alteración que presentan los cuerpos intrusivos en sí mismos, es básicamente la sericitización y, en algunos casos la cloritización y la oxidación, como en el caso de algunos diques.

En los intrusivos localizados al norte de Pinal de Amoles (áreas la Yerbabuena y El Gallo), las alteraciones que más co

NOMBRE	LOCALIZACION		SITUACION		GR/TON.			TCH. POTENCIALES	DIMENSIONES			Tipo	
	X	Y	LEGAL	EXP.	Au.	Ag.	Pd.		Za.	Long.	Esp.		Prof.
ANIMAS	99°37'10"	21°09'58"	Vigente	9111		100	5.45	1.71	117,000	303	1.0	30	Manto
EL ANGEL	99°36'28"	21°07'54"	Vigente	13495		129	5.45	1.72	350,000	80	1.0	26	Manto
SANTE CRISTO	99°37'20"	21°07'38"	Vigente	13637	6.59		2.37	1.45	30,000	-	-	-	Discriminado
VERGABUEVA	99°37'40"	21°11'58"	ZPM Pinal de Am.		IND.6.20				-	-	-	-	Discriminado
LA GLORIA	99°36'28"	21°08'43"	Vigente	9111		167	2.11	0.73	Incluidas en Monte Cristo.	-	-	-	
SAN JOSE	99°36'36"	21°08'26"	Vigente	13445		288	0.11	0.22	600	15	1.0	14	Manto
EL ANGEL	99°36'50"	21°09'10"	Vigente	9111		54	1.70		15,000	50	1.0	10	Manto
EL PERDIDO	99°37'50"	21°13'38"	Vigente		6.75	75.33	5.30	3.20	10,370	63	1.0	20	Manto
EL CEBRE	99°36'50"	21°11'31"	Vigente	12953	1.34	95			11,300	21	1.0	10	Veta
LA ESPERANZA	99°40'50"	21°15'11"	Vigente	13451		150	6.74	5.00	1,440	11	0.3	8	Manto
MINA GRANDE	99°35'32"	21°11'30"	Vigente	7490		329	5.60	3.63	CONTRATO	2200	2.20	100	Manto
LA GUADALUPE	99°37'00"	21°09'40"	?			86	3.55		3,500	60	1.0	20	Manto
LA NAVIDAD	99°31'30"	21°06'30"	Vigente	13528		2	0.01	22.30	500	20	0.5	5	Veta
LA PALOMA	99°34'20"	21°07'06"	Vigente	13344	0.16	7.33	1.44	2.61	4,600	15	3.4	8	Veta
EL REFUGIO	99°36'34"	21°08'07"	ZRM Pinal de Amoles	0.13		223	5.65		17,000	60	0.7	15	Manto
SAN RAFAEL	99°35'01"	21°08'35"	Vigente	9111		3.39	4.68	0.048Cu	1,100	13	1.0	15	Manto
MAGUEYICITOS	99°37'01"	21°07'37"	?		IND.12.0					40	1.0	20	Discriminado
SAN VICENTE	99°35'08"	21°07'27"	ZRM Pinal de Amoles	0.12		321	4.28	6.01	40,000	40	0.9	73	Manto
SAN CARLOS	99°39'44"	21°10'46"	Vigente	13269	0.75	365	5.47	0.66	-	15	3.0	30	Chimenea det.
SAN CARLOS II	99°39'49"	21°10'50"	Vigente	13269	0.20	264	7.9	2.23	-	10	3.0	50	Chimenea det.
PODER DE DIOS	99°39'50"	21°10'51"	Vigente	14057	1.50	553	2.06	3.46	-	20	3.38	10	Veta

Tabla No. 4

NOTA: Los datos referentes a localización y situación legal se obtuvieron de la agencia de minería -- estado de Querétaro.

 U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PRINCIPALES PROSPECTOS LOCALIZADOS DENTRO DEL AREA PINAL DE AMOLES, QRO
JESUS CASTRO MORA FEB - 89	

múnmente se observan son la sericitización y la oxidación, ésta última causada por un efecto supergénico (ver apéndices de resultados petrográficos).

d).- Paragénesis mineral y probable zoneamiento.

La mineralización más superficial se presenta como óxidos de tipo: Hematita, Cervantita y Cincita; sin embargo, a profundidad la mena se transforma a sulfuros como son: Pirrotita Esfalerita, Calcopirita, Argentita, Galena, Piritita, Arsenopirita y Estibinita. Por lo que respecta a los minerales de ganga, se tienen los siguientes: Calcita, Cuarzo, Fluorita (en - bajo 1; área Magueycitos), Wollastonita y Granate cálcico --- (Grossularita-Andradita).

Ahora bien, con el censo minero efectuado, se encontró -- que existe un zoneamiento horizontal más o menos bien definido ya que, mientras minerales como el Cinabrio y la Estibinita se localizan lejos de los focos mineralizantes, las menas de Plata, Plomo, Zinc y Oro, se encuentran próximos a las masas graníticas, y es muy probable (aunque no está confirmado) que en esta zona existan, además, minerales como la Magnetita Molibdenita y Scheelita.

Por lo que respecta a los minerales de ganga, la dolomita y el cuarzo se localizan hacia las partes externas de la masa intrusiva, en tanto que la Wollastonita se localiza muy cerca namente al contacto con el intrusivo. (Melson, 1966); por su parte, el Granate (Andradita) es más abundante hacia la parte externa de la aureola de skarn, mientras que la Grossularita es más común encontrarla cerca del intrusivo (J.Souza Quiroz, B.Noguez Alcántara, G.Carrasco Sánchez, 1986). (ver fotografías No's. 13, 14 y 15).



Fotografía No.13: Detalle del skarn 'Magueycitos': wollastonita y calcita recristalizada.



Fotografía No.14: Detalle del skarn 'Magueycitos': en tonos verdes granato variedad androsita. la tapa tiene 51  $\mu$ m de diámetro.



Fotografía No.15: Detalle del skarn 'Magueycitos'. En tonos rosados granate variedad grossularita.

e).- Hipótesis genética.

Una de las primeras consideraciones que se tienen que hacer respecto a la mineralización, es la referente a la edad - del evento mineralizante.

Ya se mencionó que la mineralización que se encuentra dentro del área de estudio, está íntimamente relacionada con el emplazamiento de los cuerpos intrusivos. Sin embargo, a la fecha, no se ha efectuado datación alguna a dichos cuerpos. No obstante, las relaciones estructurales que se observan entre los cuerpos intrusivos y las rocas encajonantes, han permitido afirmar que los eventos intrusivos son posteriores al evento formacional y de deformación de las rocas encajonantes. -- Por tanto, la primera aseveración que de aquí se desprende es que los yacimientos minerales del área Pinal de Amoles son de tipo alienígenos y epigenéticos, cuyo origen es muy diferente al de la roca encajonante. (G.Arriaga G.,1980).

Para el intrusivo de Zimapán, por ejemplo, se han establecido edades posibles de 62.6 millones de años, que constituyen (según Suter,1984) el límite mínimo de las deformaciones Laramídicas, lo cual tiene como consecuencia ubicar al intrusivo como sintectónico tardío.

Por su parte, Gaytán (1975) reporta una edad de 38.7 +/- 0.8 millones de años (por el método de K-Ar, en roca total y feldespatos) para el intrusivo de La Negra, localizado al SE-20° y a 37 Km en línea recta de Pinal de Amoles; esta fecha es posible que indique la edad del último recalentamiento asociado, quizá, a una etapa de mineralización.

Con lo anterior, es factible pensar en una migración espacio-temporal de los intrusivos hacia el NW, ya que éstos, además, presentan una alineación notoria NW-SE, con lo cual, el stock Pinal de Amoles podría tener una edad aproximadamente -

igual a la del intrusivo de La Negra. Sin embargo, para corroborar esta hipótesis, será necesario realizar estudios radiométricos y modales a dicho cuerpo intrusivo.

Ahora bien, debido a la presencia de minerales tales como la Wollastonita y los Granates cálcicos Grossularita-Andradita (áreas Magueycitos y El Rodezno), las consideraciones genéticas acerca de los depósitos minerales existentes, quedarían enmarcadas dentro de un evento de tipo pirometasomático con desarrollo de skarn y alteraciones de tipo hidrotermal hacia las partes más externas del foco mineralizante (intrusivo).

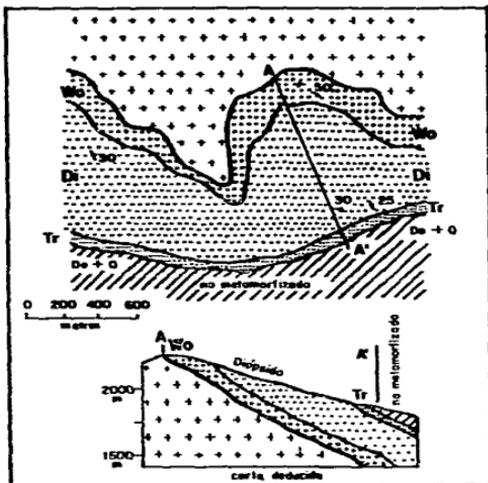
Ya en el apartado de paragénesis mineral (IV.d) se menciona que, debido a la relación existente: intrusivo-rocas calcáreas encajonantes, la presencia de menas de tungsteno como la Scheelita sería un caso factible. Sin embargo, se sabe que -- para que un mineral pueda formarse la interacción de las variables <temperatura>, <presión>, <tiempo> y <espacio> juega un papel fundamental, por tanto, si se considera por ejemplo a la variable <presión> se tiene que: para que pueda precipitar Scheelita se requiere de presiones de aproximadamente 2 a 3 Kbar (Newberry y Einaudi, 1981) y, para que esto se logre se requiere de una carga litostática de +/- 6 Km ; sin embargo, el espesor aproximado de la columna estratigráfica de las formaciones Trancas, Doctor y Soyatal-Mexcala (en el área de Zimapán Hgo.) es de 2 Km , por tanto se hace necesaria la existencia de grandes cabalgaduras (Carrillo y Suter, 1982) que -- por lo menos dupliquen el espesor sedimentario para que se -- logre, así, la carga adicional para que precipite la Scheelita.

De esta manera se deduce que para el área de Pinal de Amoles es muy difícil que se tengan menas de tungsteno, debido a que las grandes cabalgaduras como la del Doctor o la de Higuerrillas (que podrían aportar cargas litostáticas adecuadas), -- se localizan a más de 30 Km al sur-poniente del área de estu

dio.

Con respecto a las temperaturas de formación de sulfuros de Cobre, Zinc, Plata, Plomo, se sabe que éstos pueden formarse a temperaturas entre 430 y 230°C (Gonzales Partida, 1984); por tanto, la mineralización de Pinal de Amoles podría quedar enmarcada en un rango de temperaturas como el anterior.

Por su parte, la Wollastonita se forma en o cercanamente al contacto con el cuerpo intrusivo (Melson, 1966) (ver fig. -- No.6), y por tanto a temperaturas de aproximadamente 600°C; - en el caso de intrusiones poco profundas (2 Km, 500 bars) --- (Winkler, 1978); (ver tabla No.5). Sin embargo, la reacción de Wollastonita no puede ser un indicador adecuado de la temperatura de la intrusión si se desconoce la composición de la fase fluida. Por tal motivo, será necesario realizar estudios de detalle al respecto, para conocer con más precisión las -- temperaturas de las intrusiones y, por tanto, de los fluidos mineralizantes.



Parte de la aureola de contacto alrededor de un granito (según Melson, 1966).

Figura No. 6

 UNAM	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
	<b>TESIS PROFESIONAL</b>
	<b>MODELO HIPOTETICO DEL METAMORFISMO DE CONTACTO</b>
	FECHA: <b>JERUS CASTRO MORA</b> <b>ENERO-69</b>

TEMPERATURA (°C) A DIFERENTES DISTANCIAS DEL CONTACTO  
EXPRESADAS EN FRACCIONES DEL ESPESOR (D) \*\*  
DE LA INTRUSION

Temperatura de la intrusión °C	Temperatura en el contacto °C	1/10 D	2/10 D	1/2 D
Magma gabroico 1200	725 875 +150	625 775 +150	550 700 +150	410 560 +150
Magma sienítico 900	560 710 +150	470 620 +150	410 560 +150	300 450 +150
* Magma granítico 800	510 660 +150	420 570 +150	365 515 +150	270 420 +150

\*\* Se supone un espesor D = 1000 m.  
Tomado de Winkler, 1978.

\* Caso de los intrusivos de Pinal de Amoles.

Tabla No. 5

## V. GUIAS PARA LA PROSPECCION MINERA

### 5.1.- Introducción.

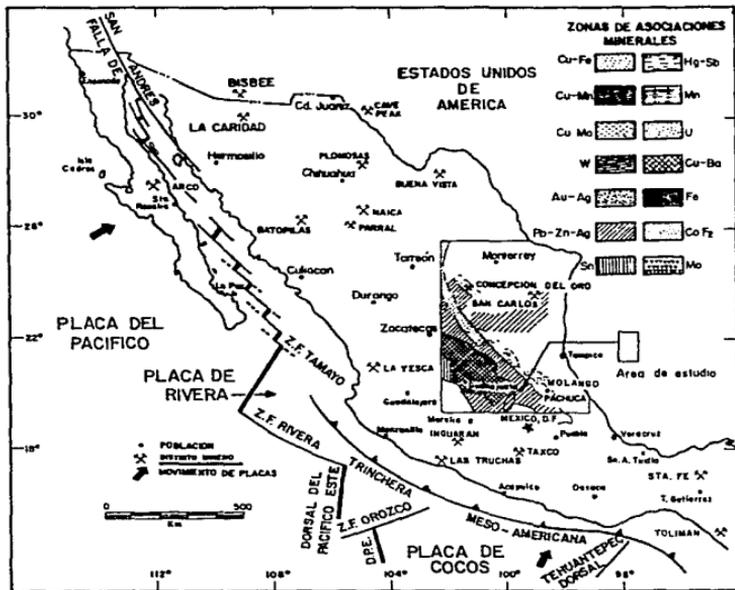
La primera consideración que se tiene que hacer cuando se realiza un trabajo de prospección minera es que, todo yacimiento mineral tiene un cierto número de metalotectones asociados, los cuales, de manera directa o indirecta han contribuido a su formación.

Lo anterior presenta una gran importancia en cuanto a prospección minera se refiere ya que ésta se ve orientada de manera sistemática. Por tal motivo, para la zona de estudio los parámetros o guías que se han considerado para delimitar áreas que presentan la posibilidad de contener mineralización de importancia son las siguientes:

### 5.2.- Guías fisiográficas.

Como se mencionó en el apartado de fisiografía (II.d), el área de estudio queda comprendida dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental (Raisz, 1964), la cual vista en su conjunto, presenta un gran interés desde el punto de vista mineral ya que se le ha considerado como una provincia metalogénica esencialmente de sulfuros de Cu, Ag, Pb, Zn. (Clark et al 1981, ver figura No.7). Es por esta razón que el área de estudio, en sí misma, presenta grandes posibilidades de contener algún yacimiento mineral de importancia.

Además, a una escala más local, la zona de estudio presenta rasgos geomórficos tales como sierras alargadas y valles angostos de paredes escarpadas que, en un momento dado, pueden estar vinculados a algún fenómeno geológico relacionado -



PROVINCIA METALOGENICA Ag-Pb, Zn. (TOMADO DE CLARK, et al. 1981)

Figura No. 7

	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
U N A M	PROVINCIA METALOGENICA Ag-Pb-Zn
	JESUS CASTRO MORA
	FECHA: ENERO-89

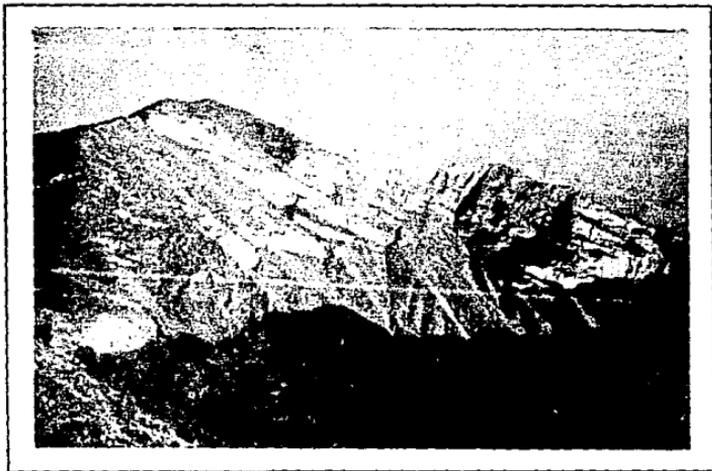
con la mineralización existente (ver foto No.16). Sin embargo, es conveniente mencionar que, debido a las condiciones climáticas prevalecientes en el área de estudio, el gran desarrollo de vegetación que existe hace difícil, en muchas ocasiones, la localización de estructuras (fallas, fracturas, etc.) que puedan dar indicios de zonas mineralizadas.

### 5.3.- Guías estructurales.

Desde el punto de vista estructural, el área presenta una gran complejidad. No obstante, durante los trabajos de campo se observó que las zonas o lugares más favorables para el emplazamiento de los cuerpos mineralizados son, por un lado, -- los "flancos" de los plegamientos, y por otro, las zonas de charnela de los pliegues por presentar éstas un mayor desarrollo de fracturamiento.

A una escala mayor, el fallamiento juega un papel principal o fundamental, ya que cuando se trata de un fallamiento de tipo lateral (la falla de La Barranca, por ejemplo), la mineralización puede, y de hecho es, ser desplazada por distancias incluso de hasta 3 Km.

Además, se ha observado que la mineralización ocurre en forma de franjas angostas de rumbo N 70° W (por ejemplo en área Animas), en donde se tiene una serie de 11 prospectos -- alineados que siguen este rumbo. Se conoce la mineralización a lo largo de 1800 m , por un ancho promedio de 300 m , y una profundidad máxima explotada de 100 m ; tal franja corresponde al flanco S-SW de un anticlinal recostado; en el otro flanco, ocurre otra franja semejante pero de menor longitud (aproximadamente de 600 m ).



Fotografía No.16: Calizas de la Formación Doctor en contacto.-  
por falla inversa, con la Formación Soyatal-  
Mexcala. Localidad: Misión de Bucareli, mpio  
de Pinal de Amoles.

#### 5.4.- Guías litológicas y estratigráficas.

Dentro de las guías que se han tomado en consideración -- para la localización de alguna zona mineralizada, las guías litológicas y estratigráficas son, quizá, las que juegan el papel más importante en los trabajos de prospección dentro -- del área de estudio, ya que la mineralización, en la gran mayoría de los casos, está emplazada en las calizas de estratificación delgada con bandas de pedernal de la Formación Doc-- tor (facies La Negra o Tamaulipas Superior).

Ya se mencionó que la mineralización de sulfuros ocurre -- generalmente en forma de mantos, los cuales normalmente se -- alojan en los planos de estratificación que a su vez, pueden estar delimitados por cuerpos tipo "sills" de composición gránitica (por ejemplo mina San Carlos en el área el Rodezno), -- por tanto, la asociación: calizas de estratificación delgada -- "sills", es una relación litológica muy importante a conside-- rar y muchas veces es indicativa de la presencia de cuerpos -- tipo manto.

En el caso del área Magueycitos (mina Monte Cristo), la -- mineralización se encuentra disseminada y alojada en una zona -- de "endoskara" (ver foto No.17).

Un muestreo preliminar realizado en la mina Monte Cristo, -- dió valores de: Au = 5.6 gr/ton, Cu = 1.3%, Zn = 1.4% (promedio de 5 muestras).

#### 5.5.- Guías de alteración y mineralógicas.

La íntima relación que existe entre la alteración de las -- rocas encajonantes con la presencia de una mena determinada, -- es un parámetro de gran importancia que no se puede pasar por -- alto.



Fotografía No.17: Mineralización de sulfuros en forma diseminada, emplazados en una zona de endoskarn.  
Interior de la mina Monte Cristo. En tonos verdes y rosados: granate (grossularita-andradita).

Así pues, para la zona de estudio las alteraciones más --  
próximas a las zonas mineralizadas son, fundamentalmente, la  
silicificación y la dolomitización. Las calizas recristaliza-  
das con textura sacaroides, como en el caso del área Magueyci-  
tos, indican la presencia próxima de zonas de skarn, que tam-  
bién pueden tener o contener mineralización.

Como se mencionó con anterioridad, los skarns de las á--  
reas El Rodezno y Magueycitos son básicamente de granates cá-  
lcos (Grossularita-Andradita), por tal motivo se podría pen-  
sar en una analogía con la zona de la unidad minera La Negra-  
en el sentido de que la variedad de granate asociada con cal-  
cita recristalizada es la variedad más adecuada para la mine-  
ralización, debido a que el granate contribuye incrementando  
la porosidad y la calcita actúa como precipitador favorable -  
de sulfuros, ya que incrementa el pH de las soluciones duran-  
te el reemplazamiento (Quiroz, Alcántara, Carrasco Sánchez,--  
1986).

Con lo anteriormente expuesto queda claro que no es úni-  
camente un parámetro el que se ha considerado para delimitar  
áreas de interés, que serán discutidas en el siguiente capítu-  
lo, sino que es la interacción mutua de las guías considera-  
das, la que marca la pauta a seguir en los trabajos de pros-  
pección minera.

## VI. AREAS PROPUESTAS PARA DETALLE

### 6.1.- Introducción.

El trabajo geológico y de prospección minera que se realizó en el área de Pinal de Amoles, permitió delimitar áreas de interés, en donde existe la posibilidad de encontrar depósitos minerales importantes, por esta razón será conveniente -- realizar estudios geológicos a semidetalle y detalle en dichas áreas que permitan confirmar o deshechar esa posibilidad.

Las áreas seleccionadas son las siguientes: (ver tabla No.6, de resultados).

### 6.2.- AREA EL RODEZNO.

Esta zona se localiza al N 20° W y a una distancia de 5.5 Km en línea recta del poblado de Pinal de Amoles, y comprende una superficie de 1.9 Km<sup>2</sup>; en esta área existe un cuerpo intrusivo que varía, de microgranítico a cuarzomonzonítico, el cual ha generado una aureola de metamorfismo, con la consecuente formación de skarn de granate (Grossularita-Andradita).

Como se mencionó con anterioridad, es muy posible que exista una intrínseca relación entre dicho cuerpo y los cuerpos mineralizados, ya que en esta región existen pequeñas obras mineras en las cuales se tomó un muestreo de orientación con valores promedio del orden de 400 gr./ton de Ag, 5.4% de Pb, y 2.67% de Zn , además de que existen estructuras tipo pequeñas chimeneas en las obras: San Carlos, San Carlos II y San Antonio, y cuyas dimensiones conocidas son de 10 m de

RESULTADOS DE MUESTREO PRELIMINAR REALIZADO EN ZONAS RECOMENDADAS

- 66 -

A R E A	M I N A S	D I M E N S I O N E S			L E Y E S				OBSERVACIONES
		LARGO	PROFUND.	ESPESOR	Au gr/t.	Ag gr/t.	Pb%	Zn%	
EL RODEZNO	San Carlos	15.0 m	50.0 m.	3.0 m	0.75	365.7	5.47	0.66	Chimenea pequeña
	San Carlos II	10.0 m	30.0 m.	3.0 m	0.2	264	7.9	2.23	Chimenea pequeña
	San Antonio	10.0 m	30.0 m.	3.5 m	1.25	247	8.2	2.65	Chimenea pequeña
	Poder de Dios I	20.0 m	10.0 m.	0.85 m	1.43	756	3.54	4.35	Veta
	Poder de Dios II	20.0 m	10.0 m.	0.95 m	1.50	553	2.06	3.46	Veta
Santa Rita	20.0 m	10.0 m.	1.19 m	0.55	357	-	-	Veta	
HAUZYCITOS	Afloramiento	Afl. con exploración: preli- minar.			ind- 4.0	-	-	-	
LA YERBAUE HA.	Afloramiento	Afl. con exploración: pre-- liminar.			ind- 6.20	-	-	-	
* DERRAHADERO MINA GRANDE	Mina Grande	En esta mina se realizó un -- contrato.			-	329	5.6	3.63	
	Minas del Derra- madero	150. m	20 m.	1.39 m	2.69	169.16	6.78	4.43	

Tabla No. 6

\* Esta zona mineralizada continúa al NW (fuera del área de estudio), en donde se localizan minas concesionadas, con valores de interés en Au y Ag.



FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

UNAM

RESULTADOS DE MUESTREO PRELIMINAR  
REALIZADO EN ZONAS RECOMENDADAS

JESUS CASTRO MORA

ENE-89

longitud, 30 m de profundidad y 3 m de espesor.

### 6.3.- AREA MAGUEYCITOS.

Esta área se localiza al S 55° E y a 1 Km de distancia - en línea recta del poblado de Pinal de Amoles. Cubre una superficie de 2.3 Km<sup>2</sup>.

Como antecedente se menciona que durante la realización - del camino de terracería que va de Pinal de Amoles al rancho Magueycitos, se cortó una zona de skarn e intrusivo de aproximadamente 16 m de ancho, en donde se observan sulfuros diseminados. Un muestreo preliminar tomado en dicho afloramiento, arrojó valores del orden de 4 gr /ton de oro.

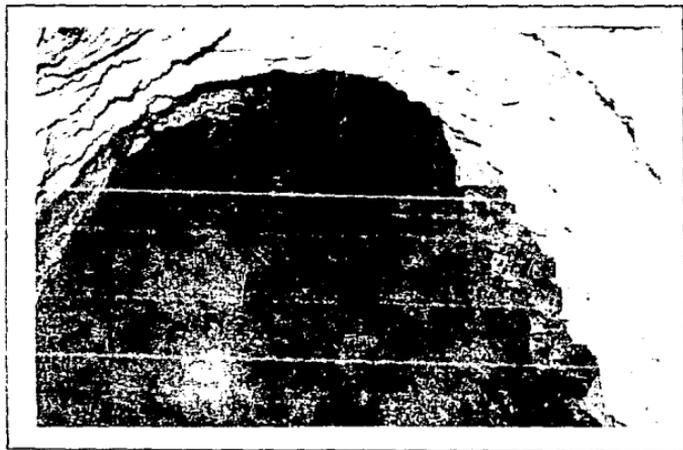
Esta área se propone para que se realicen estudios de semidetalle y detalle debido a que el afloramiento cortado por el camino contiene sulfuros de plata, plomo, zinc y contenidos de oro, los cuales están emplazados en una zona de skarn de granate cálcico (ver foto No.18). Además de esto, en el -- área existen evidencias de mineralización importante como en el caso de las obras mineras La Esmeralda, Las Cuatas y Monte Cristo, esta última con valores promedio de Au = 5.6 gr /ton Cu = 1.3% y Zn = 1.4% (ver foto No.19).

### 6.4.- AREA LA YERBA BUENA.

Se localiza al N 5° W y a 7 Km en línea recta del poblado de Pinal de Amoles, cubre una superficie aproximada de 1.6 Km<sup>2</sup>; esta zona se ha seleccionado porque se considera que pue de contener un potencial minero de importancia, ya que existe



Fotografía No.18: Aspecto general del afloramiento 'Magueycitos' al centro, cuerpo intrusivo granodiorítico -- muy alterado, con desarrollo de skarn y caliza recristalizada a ambos lados (tonos blancos). Localidad: Magueycitos, mpio. de Pinalde Amoles.



Fotografía No.19: Aspecto del interior de la mina Monte Cristo. En tonos verdes se aprecian carbonatos de cobre.

un pequeño cuerpo granítico que intrusión a las calizas de la Formación Doctor. En dicho afloramiento se realizó una retícula de muestreo que arrojó algunos valores de Oro que van desde indicios hasta valores de 6.2 gr /ton (C.R.M. archivo Residencia Querétaro). Sin embargo, dicho estudio no se concluyó, por lo que será conveniente investigar con mayor detalle dicha zona.

#### 6.5.- AREA DERRAMADERO-MINA GRANDE.

Esta zona se localiza al N 8° E (centro del área) y a 8.7 Km en línea recta de Pinal de Amoles, abarca una superficie de 5.2 Km<sup>2</sup>. Se extiende desde el poblado El Derramadero de Juárez, hasta el poblado de Río Escanela. En el primero es conocida una franja de 570 m de largo por 270 m de ancho, la cual sigue un rumbo N 44° W en donde afloran una serie de mantos oxidados que contienen leyes del orden de 2.69 gr /ton de Au, 169 gr /ton de Ag, 6.78% de Pb y 4.43% de Zn. Si se continúa sobre esta franja hacia el SE, se notará que existe un "hueco" bastante amplio que no ha sido explorado con detenimiento; esta zona es de 3 Km de longitud aproximadamente (distancia: Derramadero de Juárez-Río Escanela).

En el área Mina Grande se conocen una serie de mantos con sulfuros que contienen leyes promedio de 329 gr /ton de Ag.- 5.6% de Pb y 3.63% de Zn. Estas estructuras se encuentran relacionadas con diques y "sills" (ver fotos No's 20 y 21).

Para esta franja se propone explorar la parte intermedia y poner énfasis hacia la parte norte, donde se han detectado buenas leyes de Oro (C.R.M. archivo Residencia Querétaro).



Fotografía No.20: Afloramiento de un cuerpo intrusivo tipo --- "sill", de naturaleza diorítica, con bastante contaminación de carbonatos (calcita: manchas blancas). Localidad: Derramadero de Juárez, mpio. de Pinal de Amoles.



Fotografía No.21: Cuerpo intrusivo (detalle) de composición -- granítica sumamente alterado. Afloramiento a la entrada del poblado del Derram. de Juárez.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez que ha sido expuesto el panorama geológico minero del área Pinal de Amoles, las conclusiones que se deducen del presente estudio son las siguientes:

a). Las calizas de facies de cuenca de la Formación Doctor (facies La Negra) son excelentes receptoras de mineralización, ya que ésta normalmente se aloja en los planos de estratificación.

b). En rocas de las formaciones Trancas y Soyatal-Mexcala, sólo se podrá encontrar mineralización económica, cuando el fracturamiento haya favorecido su emplazamiento. Lo más común de encontrar en estas rocas son vetillas de mercurio o antimonio.

c). Las estructuras anticlinales y sinclinales existentes en el área presentan mucho fracturamiento, que combinado con las intrusiones graníticas, han dejado gran cantidad de manifestaciones minerales, principalmente de Plata, Plomo, Zinc y en menor proporción de Mercurio y Antimonio.

d). Muchas de las manifestaciones minerales o cuerpos pequeños (mantos) han sido explotados con anterioridad, pero sólo al efectuar el censo minero, se ha podido comprender como ocurren las zonas mineralizadas.

e). Los trabajos que actualmente se realizan en el área - Animas, han permitido determinar que la mineralización se pre

senta en forma de franjas de rumbo N 70° W, con buzamiento de 35°SW (en promedio), y que corresponden a flancos de un anticlinal recostado, cuya roca encajonante son calizas de la Formación Doctor (facies La Negra). De esta manera, la exploración se ve encauzada de manera sistemática.

f). La mineralización hasta ahora conocida ocurre en forma de mantos, los cuales, en su porción superior corresponden a óxidos que a profundidad cambian a sulfuros de Plata, Plomo Zinc, y escaso contenido de Oro. Sin embargo, en la actualidad esta mineralización no es de gran importancia económica, debido a sus espesores angostos y poco tonelaje.

No obstante, no hay que olvidar que existe la posibilidad de que los cuerpos tipo manto, gradúen a cuerpos tipo chimenea, con lo cual, las restricciones económicas que ahora prevalecen, se verían minimizadas ya que el tonelaje se incrementaría de manera considerable.

De esta manera, las recomendaciones que se sugieren se enlistan a continuación:

a). Efectuar levantamientos estructurales detallados en las áreas propuestas, con el objeto de conocer mejor el patrón estructural y de deformación, especialmente de las calizas de estratificación delgada con bandas de pedernal, ya que es en éstas rocas en donde, preferentemente, se aloja la mineralización.

b). Efectuar un muestreo sistemático de sedimentos de arroyo (prospección aluvionar), con el objeto de realizar estudios de geoquímica detallada por los siguientes elementos:-

Au, Ag, Pb, Zn, Cd, Sb, Mo, W, Se y Rg.

c). Realizar estudios de prospección geofísica con detalle, y extrapolar los resultados obtenidos con los datos de geoquímica, con el objeto de hacer interpretaciones más confiables.

d). Explorar con detalle los alrededores de los cuerpos intrusivos, con el objeto de delimitar de manera más precisas las zonas de skarn y, por tanto, las zonas mineralizadas.

Además, aunque en el apartado (IV.e) se mencionó que la existencia de menas de tungsteno (Scheelita) en el área de Pinal de Amoles sería un caso difícil, es conveniente no descartar la posibilidad de que exista este mineral. Por tal motivo será necesario explorar con detalle, sobre todo las áreas Magueycitos y El Rodezno, para la posible detección de este mineral.

e). Debido a que la tendencia de la mineralización sigue un alineamiento general NW-SE en las áreas detectadas, se recomienda utilizar dicha tendencia para definir continuidades laterales, y con esto aumentar las posibilidades de las áreas.

f). Las áreas que se proponen para realizar estudios a semidetalle y detalle, son las que contienen mayor incidencia de mineralización.

\*\*\*\*\*

Finalmente, no cabe duda que al explorar con detalle las zonas propuestas, será necesaria la aplicación de métodos --- geofísicos y geoquímicos, además de métodos directos de exploración, como la barrenación con recuperación de núcleos, con lo cual se obtendrá más y mejor información que a su vez, sin lugar a dudas, abrirá un panorama bastante favorable para el área, objeto del presente estudio.

**BIBLIOGRAFIA**

- AGUAYO, C., J.E., Diagénesis en nódulos de pedernal de la Formación Tamaulipas Superior (Cretácico Medio) N.E. de México., 1979, Rev. Inst. Mex. Pet., Vol.XI, No.2., p. 25-37.
- ALVAREZ, Jr. Manuel., Provincias fisiográficas de la República Mexicana., p. 9-12.
- ARRIAGA, García G., Algunas consideraciones sobre la clasificación de yacimientos minerales y sus relaciones con las rocas encajonantes en México., Conf. en el VIII seminario interno sobre exploración geológico-minera. México, 1980, Consejo de Recursos Minerales, publ. geomimet, enero/febrero, 1986, p. 50-69.
- CARBONELL, Manuel, et.al., Minería Prehispánica en la Sierra de Querétaro. 1970.
- CARRASCO, V.B., Litofacies de la Formación El Abra en plataforma de Actopan Hgo., Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, Vol.III, No.1, enero, 1971, p. 1-26.
- CARRASCO, B., La Formación El Abra (Formación El Doctor) en la plataforma Valles-San Luis Potosí., revista del I.M.P., Vol.2, 1970, p. 97-99.
- CARRILLO, M., et.al., Les rapports structuraux entre les domaines cordillérain et mésogéen dans la partie central du Mexique., C.R. acad. sc. Paris, t 301. série II No.5, 1985, p. 335-340.

- CASTRO, M. Jesús, et.al., Estudio geológico-estructural de la porción nororiental de la República Mexicana, estados de - Nuevo León y Coahuila., facultad de ingeniería, U.N.A.M., -- 1984 (trabajo académico inédito).

- CASTRO, M. Jesús, et.al., Estudio geológico-estructural de la porción SW. del estado de Hidalgo., facultad de ingeniería U.N.A.M., México 1985 (trabajo académico inédito).

- COMPTON, Robert., Geología de campo., la. reimpresión, Ed.- Pax-México 1983, p. 274-318.

- Congreso Geológico Internacional, excursiones A-3 y C-1, -- Geología a lo largo de la carretera entre México, D.F., Pa -- chuca y Zimapán Hgo., distritos mineros de Pachuca-Real del - Monte y Zimapán Hgo., vigésima sesión, México 1956.

- CORONA, Rodolfo, et.al., Informe minero de exploración y e- valuación de reservas del fundo minero mina grande, en el -- municipio de Pinal de Amoles, Qro., México 1980.

- DAMON, P.E., Shafigullah M. y Clark K., Evolución de los -- arcos magmáticos en México y su relación con la metalogéne -- sis., revista del Instituto de Geología, U.N.A.M., 1981, --- p. 223-238.

- DEMANT, A. Robin, C., Las fases de vulcanismo en México, -- una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde -- el Cretácico., revista del Instituto de Geología, U.N.A.M., - 1975, p. 70-83.

- DONALD, M. Ragan., Structural Geology., second edition, ---  
Ed. John Wiley and Sons, 1973, p. 91-102.

- EINAUDI, M.T., Meinert L.D. and Newberry R.J., Skarn deposits., Economic geology, 75<sup>th</sup> anniversary, 1981, p. 317-391.

- GAYTAN, J., Geología del depósito mineral de La Negra y generalidades sobre exploración y sistema de explotación., (memoria), convención de la Asoc. Ing. Min. Metal. y Geol. de -- México, 1971.

- GONZALEZ, Caver E., Modelo metalotectónico de la mineralización de tungsteno del skarn de plomo-zinc de Zimapán, Hgo. en base a datos isotópicos del Rb/Sr, C y O., tesis profesional, facultad de Ingeniería U.N.A.M., México 1986.

- GONZALEZ, Partida E., Estudio microtermométrico de la chimenea Las Animas del distrito minero de Zimapán, Hgo., resú -- menes de la VII Con. Nal. de la Soc. Geol. Mex. 1984, p.91-93.

- GONZALEZ, Partida E., Estudio microtermométrico del distrito minero de Fresnillo Zac., Geomimet, XI época julio/agosto de 1984, No.130, México, p. 17-21.

- Instituto de geología de la U.N.A.M., Carta geológica del estado de Querétaro., 3<sup>o</sup> edición, 1985, escala 1:250 000.

- JUNG, J., Précis de pétrographie., 3<sup>e</sup> edition, Ed. Masson, Paris, 1977.

- MATTAUER, M., Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre, Ed. omega, Barcelona Esp., 1976, p. 243-281.

- MERIDA, A., MAYA, J.A., Informe preliminar de la primera etapa de los trabajos realizados en la asignación minera San Vicente, rancho Agua Amarga, mpio. de Pinal de Amoles, Oro., México 1981.

- MERIDA, A., CAMPORRO, F., Informe técnico y programa de exploración para la mina El Refugio, R.M.N. Pinal de Amoles, -- Oro, México 1982.

- MERIDA, A., CAMPORRO, F., Informe preliminar de los trabajos realizados en la Reserva Minera Nacional de Pinal de Amoles, Oro., México 1982.

- MERIDA, A., Monografía del estado de Querétaro, México 1987

- Mc.KINSTY, Hugh Exton., Geología de minas, 3ª edición, Ed. omega, Barcelona Esp., 1977, p. 233-374.

- MIRANDA, Gazca M.A., et.al., Reconocimiento geológico-geoquímico del área de Bucareli, Pinal de Amoles, Oro., México - 1978.

- MORAN, Z. Dante., Geología de la República Mexicana, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, facultad de ingeniería U.N.A.M., México 1984.

- NEWBERRY, R.J., and Einaudi M.T., Tectonic and geochemical setting of tungsten skarn mineralization in the cordillera, - in Dickinson, W.R. and Payne W.D., (eds) "Relations of tectonics to ore deposits in the southern cordillera". Arizona -- geol. soc. digest Vol.XIV, p.99-111.
  
- PETTIJOHN, E.J., Sedimentary rocks, third edition, Ed. Harper international, N.Y., 1975, p.342-365 y 372-380.
  
- QUINTUS, B. Robert., Exploración de fosforitas, área Reservas Mineras Nacionales en los estados de Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí, México 1973.
  
- RAISZ, E., Landforms of Mexico, Cambridge, Mass. geogra --- phic branch office of naval research. 2nd. edition.
  
- RAMIREZ, R. C., Reinterpretación tectónica del esquisto --- Granjeno de Ciudad Victoria, Tamaulipas, Rev. Inst. Geol., -- Vol.2, No.1, U.N.A.M., México 1978, p.31-37.
  
- RODRIGUEZ, G. M., Informe del resultado técnico de la explotación de la carta convenio en la mina Los Encinos del ejido La Barranca, mpio. de Pinal de Amoles, Qro., México 1980.
  
- Secretaría de Programación y Presupuesto, INEGI., Carta topográfica hoja Jalpan, clave F14-C48, escala 1:50 000.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- SEGERSTROM, K., Geología del sureste del estado de Hidalgo y del noreste del estado de México, boletín de la asoc. mex.- de geol. pet., Vol. XIII, No. 3-4, 1961, p. 147-168.

- SIMONS, F. Mapes, E., Geología y yacimientos minerales del distrito minero de Zimapán, Inst. Nal. de Inv. de Rec. Min. - México, boletín No.40, 282 p. (en resumen: boletín del XX -- Cong. Geol. Int., México 1956, excursiones A-3 y C-1).

Síntesis geográfica nomenclátor y anexo cartográfico del estado de Querétaro, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, 1986.

- SOUZA, Quiroz J., et.al., Yacimiento La Negra, agosto 1986, society of economic geologist, minas mexicanas tomo No.3, México 1987, p. 73-88.

- SUTER, M., Cordilleran deformation along the easter edge of Valles-San Luis Potosi platform, Sierra Madre Oriental fold-thrust beld, east-central Mexico, Geol. Soc. of America Bull. Vol.95, p.1387-1397.

- SUTER, M. Carrillo, M., Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro, sociedad geológica mexicana, libro guía de la excursión geológica a la región de Zimapán y áreas circundantes, estados de Hidalgo y Querétaro, México -- 1982, p. 1-21.

- TARDY, M., et.al., Observaciones generales sobre la estructura de la Sierra Madre Oriental: La aloctonía del conjunto - cadena alta-altiplano central, entre Torreón Coah. y San Luis Potosí S.L.P., revista Inst. Geol. U.N.A.M., México 1975, p.-1-11.
- VIERS, G. Geomorfología, Ed. Oikos-tau, España 1977, p.265-278.
- WHITTEN, D.G.A. Brooks, J.R.V. Diccionario de geología, --- alianza editorial, Madrid España, 1980.
- WILSON, B.W. Hernández, J.P. Meave, E. Un banco calizo del Cretácico en la parte oriental del estado de Querétaro, México 1955, bol. soc. geol. mex., Vol 18, p.1-10.
- WINKLER, H.G.F., Petrogénesis de rocas metamórficas, H.Blume ediciones, Madrid España 1978, p.102-147.
- ZAMORA, S. Carbonell, M., Bosquejo geológico de la sierra - de Querétaro, México 1966.
- Zimapán, Hgo. Levantamiento aeromagnético del área de Zimapán Hgo., gerencia de exploración geofísica del Consejo de -- Recursos Minerales, México año (?).

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I.- Datos de campo.

No. de muestra: FP-20

Localidad: El Rodezno, Mpio. de Pinal de Amoles, Qro.

Descripción del afloramiento: La roca se observa muy alterada, con un color predominante que varía de amarillento a blanquisco.

II.- Descripción megascópica.

Textura: Cristalina.

Color: Al fresco gris oscuro en parte verdoso con mineralización.

Estructura: Compacta.

Minerales observables: Granate y en menor % Wollastonita, se observa piritita diseminada.

III.- Descripción microscópica.

Textura: Granoblástica, heterogranular.

Mineralogía:

Esenciales: Granate, epidota.

Accesorios: minerales arcillosos, piritita.

Secundarios: calcita, escapolita.

CLASIFICACION

Skarn de granate.

Observaciones:

Clase química calcárea; facies hornfels de piroxeno; zona de metamorfismo próxima al plutón.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I.- Datos de campo.

No. de muestra: FP-40

Localidad: El Rodezno, Mpio. de Pinal de Amoles, Qro.

Descripción del afloramiento: El afloramiento se observa  
muy alterado y fracturado.

II.- Descripción megascópica.

Textura: Fanerítica.

Color: Pardo claro.

Estructura: Compacta.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos, ferromagnesia  
nos.

III.- Descripción microscópica.

Textura: Holocristalina, hipidiomórfica - grano fino.

Mineralogía:

Esenciales: Cuarzo, oligoclasa-andesina.

Accesorios: Biotita, hornblenda, apatito, magn.

Secundarios: Clorita, hematita, min. arcillosos

CLASIFICACION

Cuarzo=onzonita de biotita, hornblenda.

Observaciones:

Origen plutónico.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I.- Datos de campo.

No. de muestra: FP-43

Localidad: El Rodezno, Mpio. de Pinal de Amoles, Qro.

Descripción del afloramiento: El afloramiento se observa --  
muy alterado y fracturado.

II.- Descripción megascópica.

Textura: Porfídica.

Color: Varía de blanquisco a pardusco.

Estructura: Compacta.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos, ferromagnesia--  
nos.

III.- Descripción microscópica.

Textura: Holocristalina, grano fino.

Mineralogía:

Esenciales: Cuarzo, oligoclasa-andesina, microclina.

Accesorios: Magnetita.

Secundarios: Sericita, hematita, min. arcillosos.

CLASIFICACION

Microcuarzomonzonita.

Observaciones:

Origen hipabisal, muestra proveniente del dique--  
mina San Carlos.: La muestra se encuentra altamen  
te hematizada.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I.- Datos de campo.

No. de muestra: FP-41

Localidad: Rancho Magueycitos, Mpio. de Pinal de Amoles, Oro

Descripción del afloramiento: El afloramiento se observa --  
muy oxidado y fracturado, pre-  
senta una coloración amari --  
lenta.

II.- Descripción megascópica.

Textura: Porfídica.

Color: Al fresco gris verdoso.

Estructura: Compacta.

Minerales observables: Sulfuros diseminados, cuarzo y ferromagne-  
sianos.

III.- Descripción microscópica.

Textura: Holocristalina, grano fino.

Mineralogía:

Esenciales: Cuarzo, oligoclasa-andesina, microclina.

Accesorios: Biotita, hornblenda, apatito, magnetita.

Secundarios: Sericita, clorita, min. arcillosos.

CLASIFICACION

Granodiorita de biotita y hornblenda.

Observaciones:

Presenta grandes fenocristales de plagioclasas.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I.- Datos de campo.

No. de muestra: FP-63

Localidad: Rancho Magueycitos, Mpio. de Pinal de Amoles, Qro.

Descripción del afloramiento: El afloramiento presenta una zona de intrusivo muy alterado, y una zona de skarn de -- color blanquisco.

II.- Descripción megascópica.

Textura: Fanerítica.

Color: Gris verdoso, con tonos blanquiscos.

Estructura: Compacta.

Minerales observables: Cuarzo, grossularita-andradita, ferromagnesianos, pirita diseminada, y wollastonita.

III.- Descripción microscópica.

Textura: Granoblástica.

Mineralogía:

Esenciales: Granate, epidota.

Accesorios: min. arcillosos, pirita.

Secundarios: Cuarzo, calcita, sericita, wollastonita.

CLASIFICACION

Skarn de Granate.

Observaciones:

Origen metamorfismo de contacto; clase química: calcárea; facies corneana de piroxeno.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I.- Datos de campo.

No. de muestra: FP-25

Localidad: Derramadero de Juárez, Mpio. de Pinal de Amoles.

Descripción del afloramiento: El afloramiento se observa muy alterado (oxidado), y presenta una coloración rojiza.

II.- Descripción megascópica.

Textura: Porfídica.

Color: varía de pardo rojizo a grisáceo.

Estructura: Compacta.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos, óxidos y biotita.

III.- Descripción microscópica.

Textura: Holocristalina de grano fino.

Mineralogía:

Esenciales: Cuarzo, oligoclasa-andesina, microclina.

Accesorios: Zircón, magnetita, clorita.

Secundarios: Biotita, augita, óxidos, sericita y min. arcillosos.

CLASIFICACION

Cuarzomonzonita.

Observaciones:

Origen: intrusivo somero (hipabisal).

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I.- Datos de campo.

No. de muestra: FP-31

Localidad: Rancho El Gallo, área la Yerbabuena, Pinal de Añoles, Qro.

Descripción del afloramiento: El afloramiento se observa --  
sumamente oxidado con una ---  
coloración rojiza.

II.- Descripción megascópica.

Textura: Porfídica.

Color: Rojizo a pardusco por efecto de la oxidación.

Estructura: Compacta.

Minerales observables: Feldespatos muy sericitizados y  
óxidos.

III.- Descripción microscópica.

Textura: Merocrystalina.

Mineralogía:

Esenciales: Cuarzo, oligoclasa-andesina, microclina.

Accesorios: Ferrromagnesianos alterados, magnetita.

Secundarios: Sericita, óxidos y min. arcillosos.

CLASIFICACION

Microgranito calcoalcalino.

Observaciones:

Por su textura, se deduce un origen hipabisal.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I.- Datos de campo.

No. de muestra: FP-26

Localidad: Derramadero de Juárez, Mpio. de Pinal de Amoles, Qro.

Descripción del afloramiento: El afloramiento se observa muy alterado y fracturado.

II.- Descripción megascópica.

Textura: Porfídica.

Color: Gris claro.

Estructura: Compacta.

Minerales observables: Cuarzo, biotita, feldespatos y hornblenda.

III.- Descripción microscópica.

Textura: Holocristalina de grano fino.

Mineralogía:

Esenciales: Cuarzo, oligoclasa-andesina y F-K.

Accesorios: Apatito, magnetita, clorita.

Secundarios: Biotita, augita, hornblenda, óxidos, sericita y min. arcillosos.

CLASIFICACION

Microgranito calcoalcalino de hornblenda.

Observaciones:

Origen: Hipabisal.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I.- Datos de campo.

No. de muestra: FP-62

Localidad: Derramadero de Juárez, Mpio. de Pinal de Amoles, Qro.

Descripción del afloramiento: El afloramiento es de una roca color gris, con algunas partes muy alteradas y fracturadas.

II.- Descripción megascópica.

Textura: Fanerítica.

Color: Gris claro.

Estructura: Compacta.

Minerales observables: Plagioclasas y min. ferromagnesianos.

III.- Descripción microscópica.

Textura: Holocristalina de grano fino-medio.

Mineralogía:

Esenciales: Plagioclasas (oligoclasa-andesina).

Accesorios: Óxidos, lamprobolita (?) y min. arcillosos

Secundarios: Biotita, sericita y augita.

CLASIFICACION

Microdiorita.

Observaciones:

Origen: Hipabisal.



