



# Universidad Nacional Autónoma de México

---

FACULTAD DE INGENIERIA

“ESTUDIO GEOLOGICO MINERO DEL AREA  
SANTA MARIA DEL ORO, DGO.”

**T E S I S**

**MANCOMUNADA**

Que para obtener el Título de  
**INGENIERO GEOLOGO**

p r e s e n t a n

**RAFAEL BERUMEN ESPARZA  
RUBEN PAVON LEAL**

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## R E S U M E N

El área de estudio se localiza en la porción Norte Central del Estado de Durango, en el Municipio de El Oro. La extensión superficial comprende 300 km<sup>2</sup>.

A Santa María de El Oro se puede llegar por la carretera - No. 45 México-Cd. Juárez, en su tramo Durango-Parral, dando - vuelta a la izquierda en el kilómetro 1256.5.

El clima de la región es seco, la fauna de clima semidesértico así como su vegetación.

La actividad más importante en la región de Santa María es la agricultura y ganadería; y en un segundo término la minería.

Fisiográficamente la Sierra Madre Occidental se divide en tres subprovincias. El poblado de Santa María se localiza en subprovincia de las altas llanuras.

Geomorfológicamente el área de estudio se encuentra en el estado de juventud tardía a madurez temprana, dentro del ciclo geomorfológico de clima árido.

La secuencia estratigráfica del área es muy variada, ya - que va de rocas sedimentarias y metamórficas Paleozoicas, pasando por sedimentarias Mesozoicas, y encontrándose en la cima las sedimentarias continentales e ígneas del Terciario - características de la Sierra Madre Occidental.

En el Distrito minero de Magistral se encuentra un intrusivo de grandes dimensiones compuesto de granito calco-alcalino, el cual se presenta mineralizado en muchas de sus vetas;

y a 5 km en Santa María presenta una diorita de hornblenda y biotita. El emplazamiento de estos batolitos pudieran estar asociados a un arco magmático que se estableció en el Jurásico.

El área de tesis parece estar afectada por tres eventos -- tectónicos; el primero durante el Pensilvánico, el segundo durante la acresión de un arco magmático Jurásico que formó una zona de supradeslizamiento y el tercer evento cuando la orogé<sub>n</sub>ia Laramide.

Se reconocen tres etapas de mineralización en el área, las que se describen con Modelos de Yacimientos, que coinciden -- con las tres zonas geotérmicas descritas por L. Villar en 1911.

"ESTUDIO GEOLOGICO MINERO DEL AREA DE SANTA MARIA DEL ORO, DGO."

I N D I C E

Página

I.	INTRODUCCION	
I.1.	Objetivo. . . . .	1
I.2.	Método de trabajo . . . . .	2
I.3.	Trabajos Previos. . . . .	4
II.	GENERALIDADES.	
II.1.	Localización y Extensión del Area. . . . .	7
II.2.	Vías de acceso y comunicación. . . . .	8
II.3.	Clima, vegetación y fauna. . . . .	10
II.4.	Población y cultura. . . . .	12
II.5.	Historia Minera. . . . .	13
III.	FISIOGRAFIA.	
III.1.	Fisiografía. . . . .	16
III.2.	Hidrografía. . . . .	19
III.3.	Ceografía. . . . .	20
III.4.	Geomorfología. . . . .	21
IV.	GEOLOGIA.	
IV.1.	Estratigrafía. . . . .	24
IV.2.	Tectónica. . . . .	50
IV.3.	Historia Geológica. . . . .	82

V	YACIMIENTOS MINERALES	
V.1	Provincias metalogenéticas de México como una consecuencia de la migración del arco cordillerano. . . . .	94
V.2.	Descripción de modelos de Yacimientos de Santa María del Oro. . . . .	104
VI	CONCLUSIONES . . . . .	121
	BIBLIOGRAFIA . . . . .	123
	APENDICES PETROGRAFICOS	
	APENDICES PALEONTOLOGICOS	
	PLANOS.	

## I. INTRODUCCION.

### I.1. OBJETIVO

Determinar lo mejor posible el marco geológico, en el cual se encuentran emplazados los yacimientos minerales de Santa María de El Oro, Dgo.. De esta manera se pueden establecer mejor los criterios para una prospección adecuada.

Fundamentar una secuencia estratigráfica bien definida, contando con apoyo petrográfico y paleontológico.

Establecer una relación de los yacimientos minerales basándose en la evolución tectónica propuesta por Dickinson para la Cordillera Sur y en las edades radiométricas de Paul Damon y Clark para el magmatismo en el Norte de México.

Con este estudio se pretende aumentar el interés económico-minero de la zona, ya que en la actualidad los minerales han alcanzado un valor-precio en el mercado y se dispone de técnicas modernas de explotación y beneficio, que hacen atractivos los prospectos que fueron abandonados en otro tiempo. También se pretende beneficiar a la vez a una de las clases más desfavorecidas de nuestro país, los mineros, que por falta de fuentes de trabajo, la región de Santa María se encuentra estancada económicamente.

Al desarrollarse en México la minería, daría al país más DIVISAS, además de crear fuentes de trabajo y permitir aprovechar mejor nuestros recursos naturales.



## 1.2. METODO Y DURACION DEL ESTUDIO.

El primer paso que se siguió, para realizar el estudio del área, consistió en una recopilación, análisis e integración bibliográfica; al mismo tiempo se obtuvieron planos geográficos y topográficos. También se adquirieron fotografías aéreas verticales, a escala 1:25,000, así como las imágenes de satélite tipo Landsat (antes SP4S), escala 1:250,000.

En la etapa de gabinete, antes de ir al campo, se realizó una foto-interpretación geológica preliminar, con la cual se obtuvo una subdivisión estratigráfica basada en características geomorfológicas, que después se verificó y rectificó en el campo, con lo que se elaboró un plano geológico final.

De las imágenes de satélite Landsat, se trató de diferenciar terrenos morfotectónicos, ayudándose de la morfología, textura y de los diferentes tonos de grises medidos de la energía electromagnética reflejada o transmitida por los objetos que la reciben del sol, cada objeto refleja o transmite una clase o cantidad de energía diferente; la identificación de estas diferencias, desde lejos, permite el reconocimiento de los diversos objetos.

De las 4 bandas del espectro electromagnético, fueron 2 - las de mayor utilidad debido a su contraste. La banda 6, 6ª primera banda del infrarrojo próximo, acentúa la vegetación, el límite entre tierra y agua y las formas fisiográficas. Finalmente, la banda 7, 7ª segunda banda del infrarrojo, acentúa los

mismos aspectos que la banda 6, además de penetrar muy bien la bruma atmosférica

La morfología en las imágenes es una de las guías para la interpretación tectónica, es aquí donde se marcan los diferentes lineamientos que pueden corresponder a fallas o fracturas que a nivel de la superficie no se observan. Diferenciando texturas en imágenes se pudo llegar a distinguir diversas unidades litoestratigráficas en el área.

El trabajo de campo tuvo una duración de 5 semanas, se hicieron 10 caminamientos en total y se visitaron 8 minas.

Los caminamientos fueron hechos todos por los cauces de los arroyos, en ellos se fueron describiendo los diferentes afloramientos, tomando datos con brújula Brunton, muestreando y marcando los puntos en las fotografías aéreas, escala 1:25,000 así, como en el plano topográfico a la misma escala. Durante las visitas a las minas, fue posible observar el tipo de mineralización, el espesor de las vetas, así como su actitud, roca encajonante y las alteraciones. Ahí se obtuvieron muestras para estudios mineralográficos.

Al regreso de campo, se integró toda la información obtenida, con ella se realizó una columna estratigráfica apoyada con petrografía, paleontología y datos de campo, se construyeron secciones estructurales, se terminó el plano tectónico, se intentó determinar la paragénesis y sucesión de los yacimientos minerales basados en estudios mineralográficos, y por último se obtuvo el plano geológico final y se elaboró el informe respectivo.

### I. 3. TRABAJOS PREVIOS.

Del primer trabajo que se tiene conocimiento fue hecho en 1911 y lleva por título "Estudio geológico y minero de la Sierra de El Oro, Bas.", por E. Villar Bellón. El divide a esa Sierra desde un punto de vista geológico en tres zonas mineralizadas.

Un estudio geológico-minero en 1933 hecho por V. Juárez y V. Arceola, en el área de Santa María de El Oro e Indé; en él se expresa el potencial económico de las minas, las cuales se encuentran abandonadas, desde la Revolución Mexicana.

El Instituto Geológico de México (1946), publicó la carta geológico-minera del Estado de Durango, por el Ing. Manuel Santillán.

En 1947, Pérez y Gallacher, describieron al norte de El Cuarenta y F. Cobre, conglomerados pre-riolíticos (Terciario - Temprano).

En 1947-1948, Main, describió al Sur de Indé, filitas negras como la Formación Gran Tesoro. Describe unos aglomerados y conglomerados intercalados con areniscas, del Triásico Superior-Jurásico Inferior, la nombra Formación Tres Varones.

Davis en 1955, reconoce dos etapas distintas de mineralización hipogénica, en base al estudio del patrón de vetas y del examen microscópico de la roca alterada de la pared y los minerales de las vetas.

Main en 1955, cree que la sección estratigráfica de Santa María de El Oro, se extiende desde el Paleozoico Superior hasta el Cuaternario.

Córdoba (1963), establece la estratigrafía volcánica de edad Oligo-Miocénica de la región, al Oeste de la ciudad de Durango.

Pantoja (1963), realizó en el Instituto de Geología de la UNAM, la hoja San Pedro El Gallo, en el Estado de Durango, y denominó Formación Santa Inés a depósitos clásticos continentales de edad Plio-Cuaternaria.

Lyons (1975), en su tesis de maestría de la Universidad de Texas, detalló la estratigrafía del área de la Cd. de Durango y observó la Caldera de Chupaderos y relacionó esta estructura con la mineralización de Hierro.

McDowell y Clabaugh (1979), obtuvieron edades radiométricas Potasio-Argón, de rocas volcánicas en la Sierra Madre Occidental al Noreste de Mazatlán.

Alba (1965), en su tesis de Licenciatura, hace un estudio geológico preliminar del Distrito Minero de Indé, Dgo.

Torrecillas (1967), hace un reconocimiento de El Mineral de Guanaceví, en el Estado de Durango, para su tesis.

Martínez Douglas (1978), realizó un estudio radiométrico de anomalías, en el área de Santa María de El Oro, Dgo.

Aguirre (1980), estudia el potencial minero de el Distrito de Indé, Dgo.

Martínez Galván (1981), realizó un estudio geoquímico en sedimentos de arroyo, en el Distrito minero de Indé, tesis, - U. A. S. L. P.

Carrasco (1980), por medio del gobierno del Estado y el - C. R. M., publica la carta y provincias metalogenéticas del - Estado de Durango.

Vargas (1981), hizo geología a semidetalle (E 1:5,000) y determinó que la mineralización de Indé está emplazada en rocas sedimentarias marinas y rocas andesíticas.

Damon y Clark (1981), obtuvieron edades geocronométricas, en la Cordillera Sur, de rocas graníticas, e interpretaron un arco magmático que migraba de acuerdo a la interacción de las placas.

## II. GENERALIDADES

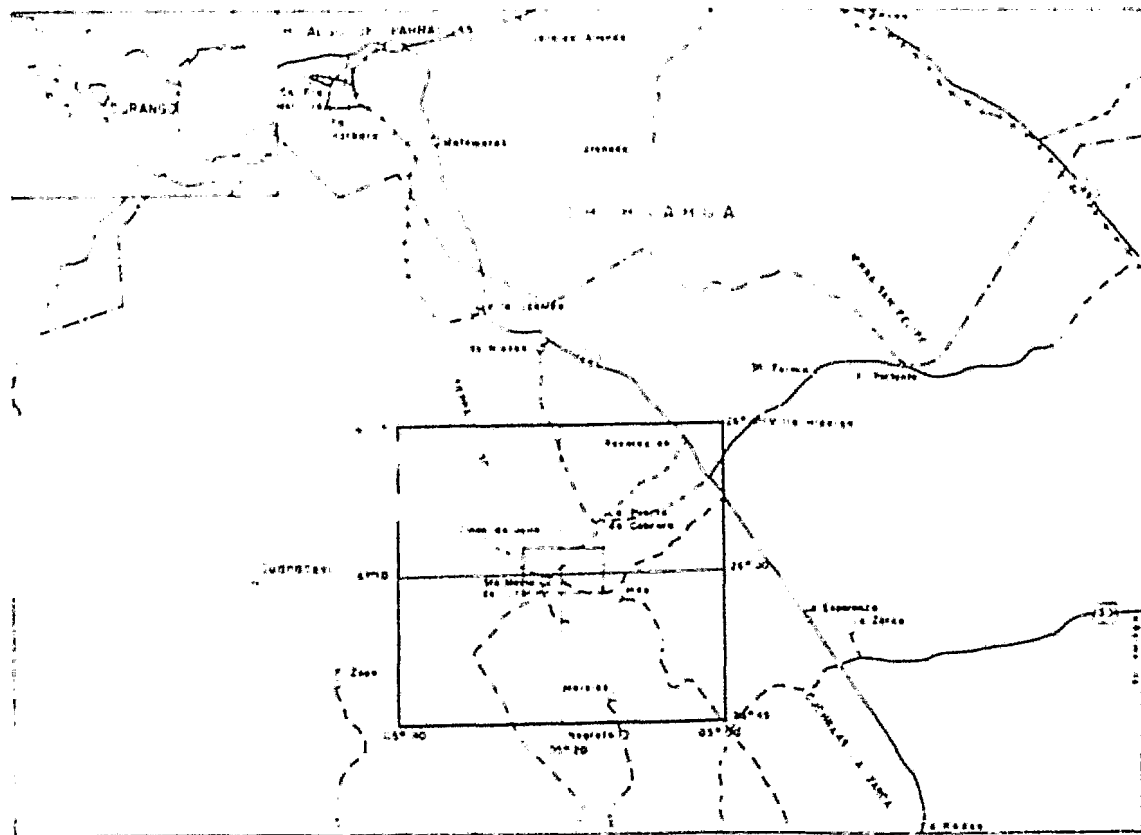
### II.1. LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA.

El área estudiada, se localiza en la porción Norte-Central del Estado de Durango, 325 km. en línea recta de la capital - del Estado, en el Municipio de El Oro, Dgo.. Está ubicada entre los 26°03' y 25°54'50" de latitud Norte y los 105°25' y - 105°13' de longitud Oeste.

El poblado de Santa María del Oro, se encuentra situado a una altitud de 1765 mts.

El estudio incluye parte de las hojas, Cinco de Julio - - (G13-A88), Revolución (G13-A89), Santa María de El Oro (G13-C18) e Indé (G13-C19), editadas por la Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, de la Secretaría de Programación y Presupuesto.

La extensión superficial del área rectangular comprende -- 300 Km<sup>2</sup>.



## II.2. VIAS DE ACCESO Y COMUNICACION.

Las vías de acceso a Santa María del Oro, Dgo. centro minero y cabecera de Municipio, son varios caminos de terracería, los que se encuentran circulables casi todo el año; siendo los más transitados: El Mirador - Santa María del Oro y - las Nieves-Santa María del Oro.

De El Mirador a Santa María del Oro, hay una distancia de 49 Km. de camino. El que parte del kilómetro 1256.5 de la carretera Panamericana (No.45) México-Cd. Juárez, en su tramo - Durango-Parral. Sendero que pasa por los poblados Potrero del Llano (Boquilla del Muerto), Puerta de Cabrera, la Pastoría y Santa María del Oro. Se hace resaltar que este camino se encuentra recién reconstruido y que está en óptimas condiciones aún en tiempo de lluvias.

De Santa María del Oro, hay acceso a la porción Occidental del área, aprovechando el camino a Mañá, Saucos de Cardona, Cinco de Julio: donde se encuentra el único puente - que cruza el Río Sextín para continuar al noroeste hacia San Bernardo.

Existen también en el área numerosas brechas distribuidas por toda su extensión que dan comunicación a los pequeños fundos mineros dispersos en la zona.

Cabe mencionar que Santa María del Oro cuenta con una pequeña pista de aterrizaje para avionetas.

Santa María del Oro tiene comunicación con el resto del -



país por vía-telefónica, con la red de Telégrafos Nacionales, servicios de correos, así como televisión.

### II.3. CLIMA, VEGETACION Y FAUNA.

De acuerdo con los datos obtenidos por la estación climatológica establecida en Santa María del Oro, el clima de la zona estudiada se ha clasificado como tipo BSkw (wxc), García E. -- (1973). El cual corresponde a un clima de tipo seco o árido, - de temperatura templada con verano caliente, y régimen de lluvias en verano.

La temperatura promedio máxima extrema es 22°C. en el verano y la mínima inferior de 9°C. en invierno. Las precipitaciones son irregulares y torrenciales presentando una época de -- lluvia de julio a septiembre; durante los meses de junio, octubre y noviembre lluvias esporádicas; la precipitación media -- anual es de 575 mm.

La flora y la fauna son consecuencia del tipo de clima semidesértico, además del tipo de suelo y la altitud. En las partes bajas abundan huizaches (*Acacia tortuosa*), chaparros (*Mimosa lactífera*), Ocotillo (*Fouquieria Lenderas*), Mezquite (*Prosopis juliflora*), etc.. Así como diferentes pastos como son: Banderilla (*Bauteloa curtispindula*), Navajilla (*Bauteloa gracili-*lia) Tempranero (*Setaria mactestacha*), Rocetilla (*Conchrus neu-*ciflora), Cola de zorra (*Andropegun bardinodia*) y xerofitas como el Maguey (*Agave escabra*). En las partes altas abunda el Encino (*Geocus graciliformis*). En la rivera del Río Sextín se desarrolla abundante vegetación a lo largo de ella y se encuentran árboles de álamo y Sauce.

La fauna silvestre la constituye principalmente El Coyote

(Canis Latrans), Gato Montés (Felis Americanus), Víbora de cascabel (Crotalus dunissus), venado cola blanca (Edocailleusdicho<sub>2</sub>tonus), y el conejo (Geonis Sp).

#### II.4. POBLACION Y CULTURA.

Santa María del Oro es cabecera Municipal y cuenta con -- 4,231 habitantes (censos 1970). El poblado es pequeño en sí.

La actividad más importante en la región es la agricultura y la ganadería; y en segundo término la minería. Se tienen extensas zonas en los valles, donde se siembra chile, maíz, - frijol, trigo y jitomate. En lo que respecta a la ganadería - se siembran buenos pastos, principalmente para el ganado vacu no y en menor proporción equino, caprino y porcino.

La minería constituye un porcentaje menor de la economía de la región. Se localizan en relativa abundancia pequeños ya cimientos minerales, de mercurio, plata, plomo, fluorita y -- oro; además en las cercanías se encuentran también yacimientos de minerales radiactivos.

La minería es pequeña en la escala económica, debido a que se explota a nivel de gambusinos, éstos ya destruyeron buena - parte de las instalaciones, abandonadas por las antiguas compa ñías que ahí operaron.

La producción de oro en Santa María del Oro, es de 8 Kg. - al año (Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 1979).

Santa María del Oro, cuenta con una Escuela Normal de Maes tros, un Centro de Estudios Bachillerato y Tecnológico Agrope- cuario (CEBTA), dos academias comerciales y una escuela secun- daria.

## II. 5. HISTORIA MINERA.

Pocos datos se tienen sobre la historia de El Oro, únicamente se sabe que su descubrimiento se debe a la expedición - que al mando de Cristóbal de Oñate, salió de Sinaloa con objeto de conquistar las tribus Araxaeas que poblaban la Sierra - de Topia y las tribus Tepehuanas que poblaban el territorio - que forman hoy los Municipios de Santiago Papasquiaro, Nazas, El Oro e Indé. Su fundación fue hecha, más tarde, y posteriormente a la de Durango, a fines del siglo XVI por los exploradores de Francisco de Ibarra.

Tampoco se tienen datos exactos de quienes fueron los primeros trabajadores de esos minerales, ni por cuánto tiempo - los trabajaron: sin embargo, a juzgar por los labrados antiguos existentes y tomando en cuenta también la época en que - fueron hechos, así como los elementos con los que contaban en ese tiempo puede decirse que la explotación fue intensa durante la mayor parte de la dominación española.

La explotación antigua se hizo únicamente en la zona oxidada de las vetas y a profundidad no mayor de 30 metros, obteniendo como extracción cuarzo aurífero, que era molido en - - tahonas para ser amalgamado después.

Pueden verse todavía ruinas de este sistema de beneficio en distintos lugares de este mineral.

En los primeros años de la guerra de Independencia se paralizaron los trabajos, de igual manera que aconteció a los de--

-más minerales descubiertos durante la época Colonial, quedando olvidada la región hasta mediados del siglo XIX, en que de nuevo se empezó la explotación en pequeña escala de las vetas auríferas, y placeres que existen en la parte occidental de la sierra. Desde entonces, lentamente se fue desarrollando El Oro, hasta llegar a alcanzar en 1910 una regular intensidad - bajo el control de la compañía denominada The Lustre Mining - Co. que tenía sobre los fundos más importantes y que, a su vez, dio en arrendamiento a la National Mines and Smelter Company, por el año de 1911.

En 1910 la Lustre Mining Company había invertido alrededor de un millón de pesos en trabajos de experimentación. En un principio, se trató de implantar la amalgamación, pero sin éxito, pues la cantidad de oro extraído (400) era demasiado pequeña y no pagaba los gastos. Después se recurrió a la clorinación que, aunque dio utilidades durante los 6 primeros meses, hubo que suspenderse por el alto costo que llegó a tener la leña. Más tarde, se probó la cianuración, con gran pérdida de cianuro, debido a la gran cantidad de cobre, que impedía un tratamiento provechoso. Por último se inició la construcción de una fundidora, que estuvo trabajando con cierta regularidad hasta el año de 1917, en que fue dinamitada la planta central de fuerza, por las fuerzas revolucionarias del Gral. Francisco Villa, vecino de la región: esta fundición resultaba cara debido a que era necesario traer material cuarzoso de otros lugares, a fin de usarlo como fundente, y, además porque el precio del coque en Magistral era exagerado (60.00 la

tonelada).

En la actualidad se encuentran totalmente suspendidas las actividades mineras en El Oro, salvo el raquítico trabajo que ejecutan unos cuantos gambusinos, por medio de tahonas en las que tratan lotes seleccionados de mineral que provienen principalmente de las minas de Santa Ana y La Recompensa. Aunque parece ser que la mina Huachi la están reactivando últimamente, a juzgar por las nuevas instalaciones observadas.

### III. FISIOGRAFIA.

#### III.1. PROVINCIAS FISIOGRAFICAS.

La provincia de la Sierra Madre Occidental, es una de las más grandes de la República Mexicana, constituye una amplia meseta fallada, que, por más de 1,500 km. de longitud y 225 km. de ancho; se extiende desde la frontera noroeste con los Estados Unidos hasta la latitud de 20°30' en donde está limitada por la faja Neovolcánica Transmexicana.

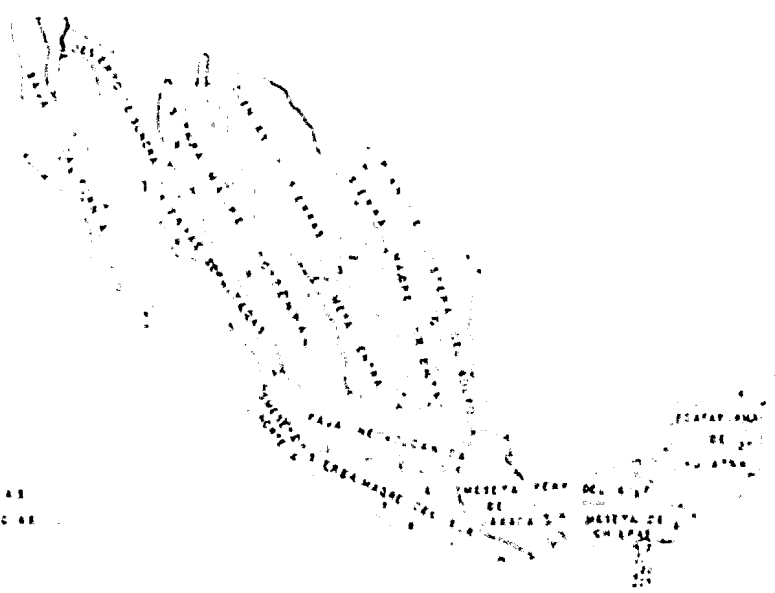
Representa la prolongación de la porción occidental de las montañas Rocallosas, su escarpado flanco occidental es el borde del amplio Altiplano Mexicano (WAITT, R., 1970); limita al occidente con las provincias de las Sierras Sepultadas - - (Raisz, E., 1959); hacia el Norte y Noroeste se continúa a la provincia de Sierras y Cuencas del Norte de Sonora, Nuevo México, Arizona y Chihuahua.

La Sierra Madre Occidental es una porción levantada de la penillanura cordillerana y consta de un núcleo esquistoso, limitada en algunos lugares por sedimentos Paleozoicos y Mesozoicos, en parte muy plegadas, (López, R.E., 1979), cubierta por rocas ígneas.

Ha sido dividida en tres subprovincias de poniente a oriente: subprovincia de Barrancas, subprovincia de la Altiplanicie y subprovincia de Altas Llanuras (Carrasco, 1980).



PROVINCIAS  
SURPRONOCAL



**BAJA CALIFORNIA**

- 1. VALLE DEL GUAYABATE
- 2. VALLE DEL ROSARIO
- 3. MOUNTAIN OF SAN JUAN

**DESERTO DE SONORA**

- 4. VALLE DEL GUAYABATE
- 5. VALLE DEL ROSARIO
- 6. MOUNTAIN OF SAN JUAN

**SERRA MADRE OCCIDENTAL**

- 7. VALLE DEL GUAYABATE
- 8. VALLE DEL ROSARIO
- 9. MOUNTAIN OF SAN JUAN

**LENCA Y SIERRAS**

MOUNTAIN OF SAN JUAN

**MESA CENTRAL**

**SERRA MADRE ORIENTAL**

- 10. VALLE DEL GUAYABATE
- 11. VALLE DEL ROSARIO
- 12. MOUNTAIN OF SAN JUAN
- 13. MOUNTAIN OF SAN JUAN

**PLANICONTENALES DEL SUR**

- 14. MOUNTAIN OF SAN JUAN

**MESETA NOROCCIDENTAL**

**CORDON NEOTROPICAL**

**SERRA MADRE DEL SUR**

- 15. VALLE DEL GUAYABATE
- 16. VALLE DEL ROSARIO
- 17. MOUNTAIN OF SAN JUAN

**MESETA DE LA ALTA**

**VENTENTE DEL SUR**

**MESETA DE CHAPALA**

- 18. VALLE DEL GUAYABATE
- 19. VALLE DEL ROSARIO
- 20. MOUNTAIN OF SAN JUAN
- 21. MOUNTAIN OF SAN JUAN

**PLATONIA DE SAN JUAN**

- 22. VALLE DEL GUAYABATE
- 23. VALLE DEL ROSARIO

El área del presente estudio se ubica dentro de la última de las subprovincias señaladas, constituida por las altas llanuras en la margen oriente de la Sierra Madre Occidental, que marca la transición con la provincia de la Mesa Central. Esta subprovincia consiste principalmente de derrames riolíticos - ligeramente inclinados que cubren a las rocas sedimentarias y metamórficas que en ocasiones se encuentran afectadas por intrusiones plutónicas e hipabisales. El espesor de la cubierta volcánica disminuye notablemente hacia el oriente, al margen de la zona estudiada.

### III.2. HIDROGRAFIA.

La Sierra Madre Occidental constituye el parteaduas entre la vertiente del Oceano Pacífico y la región de bolsones de la Mesa Central y Chihuahua, y a excepción de las corrientes permanentes del Río Conchos que atraviesa al Estado de Chihuahua, por su parte central, y va a desembocar al Río Bravo, y el Río Nazas que muere en la región Lagunera de Torreón; el resto del drenaje se integra a la vertiente del Pacífico (López R. E. 1979).

El área de estudio se encuentra en el límite entre las cuencas hidrográficas de los Ríos Bravo y Nazas ya que: al Norte de Puerta de Cabrera, entre las llanuras de Canutillo y Ocampo, corren en dirección Norte las aguas del Arroyo La Ciénega, para unirse al Río Florido en las Nieves, afluente éste, a su vez, del Río Conchos; mientras que al sur de la Puerta Cabrera, los Arroyos Azules, La Parida, El Saucito, Charco Largo y el resto de la región oriental son afluentes del Tizonazo, y por otro lado, los Arroyos de Sauces, Grande del Picacho, Las Cuevas, Aqua Mala, Santa María, Pescaditos, la Parrita son afluentes del Río Sextin. Los Ríos Sextin y Tizonazo corren con dirección Sur en valles de origen tectónico, desembocando en la Presa Gral. Lázaro Cárdenas (El Palmito), la que además embalsa aguas del Río Ramos de Tepehuanes y Santiago Papasquiario para formar el Río Nazas que a su vez muere en la cuenca endorreica de la región Lagunera.

Todos los arroyos del área, son consecuentes con el patrón

estructural y se ubican en los sistemas de fracturas NNW-SSE y NNE-SSW. En éstos existen pequeños bordos.

Además en Santa María del Oro existe un manantial conocido con el nombre de Ojo Caliente o Agua Mala, que llega a la superficie con una temperatura de 38°C., indicando una manifestación postrera de la ascención de aguas termominerales.

### III.3. OROGRAFIA.

La imponente Cordillera, nacida en la parte septentrional del Canadá, cruza el continente Americano con los nombres de Montañas Rocallosas en los Estados Unidos, Sierra Madre en México y Cordillera de los Andes en América del Sur; se presenta en el Estado de Durango, constituyendo la ramificación de la Sierra Madre Occidental.

Su máxima elevación es de 2,500 a 3,000 metros sobre el nivel del mar en los límites de los Estados de Durango y Chihuahua.

A medida que desciende la sierra hacia sus ramificaciones de la vertiente oriental, las pendientes se suavizan y van -- apareciendo escalonadas las sierras de Candela, San Antonio, Coneto, San Francisco, El Oro y otras. La sierra de El Oro, -- está situada en esta cordillera, y con un rumbo NW-SE; se extiende desde la Cabeza del Oso hasta la Bufa de Indé, limitada al oriente por las llanuras de Ocampo y Canutillo y el Valle del Río Tizonazo y al Occidente por el pintoresco valle -- del Río Sextín.

Esta sierra se puede dividir en dos zonas; una oriental -- donde las máximas eminencias son los cerros de Cardona, el Picacho, El Amolar, Varas Prietas y Chilicotes y una occidental con las cumbres del cerro Grande del Oro, La Soledad, Cuesta de Magistral y El Carnero, los cuales se elevan entre 100 y -- 500 metros sobre los valles, alcanzando una altitud mayor a -- 2,100 metros sobre el nivel del mar.

### III. 4. GEOMORFOLOGIA.

De la interpretación de las imágenes de satélite (Landsat) y cartas topográficas y en base a lo dicho anteriormente, en este capítulo se desprende que el rasgo morfológico más importante es un gran levantamiento que se extiende desde las cercanías de Hidalgo de Parral, Chih., hasta la presa Gral. Lázaro Cárdenas (El Palmito) incluyendo por supuesto a la Sierra de El Oro.

Este levantamiento que se denominó alto de Santa María-Parral, constituye un pilar tectónico (horst), limitado por las cuencas (graben) de los valles de los Ríos Sextón, Tizonazo y Florido; cuyo relieve está constituido por formas volcánicas - acumulativas de tipo efusivo producidas por lavas ácidas, como son mesetas de ignimbritas o domos ríolíticos; en los lugares donde ha actuado la erosión se observan rocas metamórficas y sedimentarias plegadas por eventos anteriores al vulcanismo; además el relieve postvolcánico de tipo acumulativo se presenta en los lomeríos suaves constituidos por conglomerados derivados de la destrucción de las tierras altas, y que a su vez, rellenan las partes bajas.

De acuerdo con Lobeck (1939), el área de estudio se encuentra en el estado de juventud tardía a madurez temprana, dentro del ciclo geomorfológico en clima árido, por el rasgo de presentar cañones acantilados, disectados por arroyos subsecuentes iniciales constituyendo un patrón de drenaje dendrítico y de índole torrencial. El origen de todos estos aspectos geomor-

-fológicos debe atribuirse solamente a un levantamiento general, lo suficientemente rápido para permitir que todas las corrientes permanezcan en su etapa juvenil o sea sus cañones de gran pendiente. Debe pensarse también que este levantamiento no ha sido uniforme en toda la provincia, pero sí es evidente que el efecto de erosión de grandes corrientes, que fue más -- continuo hacia el oriente donde rellenó grandes porciones de -- lo que es actualmente la Mesa Central del Norte.

Otro rasgo fundamental en el paisaje es la apariencia de -- las rocas metamórficas que se presentan como lomeríos suavemente redondeados debido a la prolongada acción del intemperismo y la erosión en contraste con las rocas intrusivas y extrusivas del Terciario que forman altos cerros y picachos; éstas últimas, generalmente están coronando a rocas sedimentarias y metamórficas y en ocasiones al intrusivo granodiorítico; asimismo se encuentran formando mesas o mesetas inclinadas al NW que presentan formas escalonadas debido al fallamiento normal (fallas lístricas).

Formas características del meso relieve, son las diaclasas columnares que afectan a las mesetas de ignimbritas. Además -- las formas de microrelieve son las abundantes vesículas (lito-fisas), que contienen minerales de la fase de vapor, muy comunes en la ignimbrita.

Las rocas más antiguas del Terciario corresponden a la Formación Ahuichila que descansa sobre una superficie erosionada de rocas Cretácidas, Jurásicas y Triásicas: a la vez está cubierta por rocas volcánicas del Terciario Medio.

Las rocas volcánicas Terciarias que forman a la Sierra Madre Occidental en el área de Durango, se pueden dividir en dos vastas secuencias ígneas, ambas son calcialcalinas e incluyen ígnimbritas.

En el Terciario Superior y Cuaternario, vino a depositarse una secuencia de clásticos continentales que varía de gravas - poco consolidadas a conglomerados cementados con arcilla, limo y caliche, ésta secuencia recibe el nombre de Formación Santa Inés.

En el área se pueden apreciar tres eventos intrusivos; el primero asociado a un arco magmático que se estableció durante el Jurásico. El segundo durante la etapa orogénica Laramide -- que representa un avance del arco magmático hacia el interior del continente y el tercero durante el regreso del arco magmático hacia la paleotrinchera.



#### IV. ESTRATIGRAFIA

##### INTRODUCCION

La secuencia estratigráfica general del área es muy variada ya que va de rocas metamórficas Paleozóicas, en su parte más antigua, pasando por las sedimentarias Mesozoicas, y encontrándose en la cima las sedimentarias continentales e ígneas del Terciario características de la Sierra Madre Occidental.

La unidad más antigua corresponde a la Formación Gran Tesoro que lo constituyen filitas, esquistos verdes, arenas esquistas, arenas cretácicas, micrinitas, ultramicrinitas, así como un bloque de pillow lavas y caliza ferrifera del Pennsylvánico Medio. Esta secuencia parece estar dividida en dos ocasiones: la primera durante la orogénesis continental durante el Paleozóico Superior y la segunda subsiguientemente a la migración de un arco magmático Jurásico.

Durante el Triásico una etapa tafroclástica pudo producir grandes grabens en los que se depositó la Formación Nazas; que representa depósitos sedimentarios volcánicos continentales que acompañaron la migración del arco magmático continental durante el Jurásico.

Una gran transgresión marina durante el Jurásico Superior cubrió a los lechos rojos de la Formación Nazas y deposita a los sedimentos de la Formación La Gloria, Formación Coloradas que agrupa los sedimentos del Jurásico Superior al Cretácico Inferior y por último La Caliza Guadalupe.

TAOLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

ERA		SERIE	PISO	HUJA SAN PEDRO DEL BALLEO	HUJA NAZAS	PROSPECTO PUERTO A	DISTRITO MINERO DE YDE	AREA RESERVAS MINERAS NACIONALES INDE	STA MARIA DEL ORO DURANGO	
CEENOZOICA	CUAT	RECIENTE P. ZINTROPICA		ALUVION	ALUVION		ALUVION	ALUVION	ALUVION (6) RESIDUALES (87a)	
		PLIOCENICA		FORMACION SANTA INES	FORMACION SANTA INES			FORM SANTA INES	FORM SANTA INES (81)	
	TERCIARIO	MIOCENICA		ROCAS VOLCANICAS	ROCAS VOLCANICAS		FORMACION	FORMACION	TERCIARIO SERIE VOLCANICA SUPERIOR	
		OLIGOCENICA								
		EOCENICA		FORMACION AMUICHILA	FORMACION AMUICHILA			FORMACION LA	TERCIARIO SERIE VOLC. IMP	
		PALEOCENICA							F AMUICHILA	
MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR	GOLFO	MAESTRICHTIANO						
				CAMPAÑANO						
				SANTONIANO						
				EDMUNDIANO	FORMACION CARACOL	CRETACICO	FORMACIONES INFERIORES PARA LA LUTITA PARA LAS INDIFERENCIADAS			
				TURONIANO	FORMACION BONGORA	NO				
	INFERIOR	COA-COMAR-NULA CHE	CENOMANIANO	LA COSTA DEL CUA	DIFERENCIADO	FORMACION EUROPA (PACES PLATAFORMA)	FCI	GUADALUPE	CALIZA GUADALUPE	
			ALBIANO	LA ZA AURORA			FCI	GUADALUPE	CALIZA GUADALUPE	
			APTIANO	FORMACION LA PERA						CALIZA GUADALUPE (K 9)
			NECOMANO	SERIA GUANAJUA						F
JURASICO			FORMACION LA BASTA			F COLORADAS		F COLORADAS		
TRIASICO			FORMACION LA BASTA						F LA GLORIA	
			FORMACION NAZAS						F NAZAS	
PALEOZOICA	PENSILO									
	PENSILO-UNICO								F GRAN TESORO	

① PANTOJA ALDR J 1963 ② ENCISO DE ALVESA S 1965 ③ EGUILUZ FE A S 1976 ④ ALBA PASCOE W A 1963 ⑤ ACUIRRE SAENZ F 1980 VARGAS LAZARO M 1981

## FORMACION GRAN TESORO (PENSILVANICO).

Rusell, R. W. (1924) en su trabajo "Preliminary Report on the Indé Mining District" utilizó por primera vez el nombre de Formación Gran Tesoro, para referirse a pizarras carbonosas, - del área de Indé-Santa María, asignándola al Ordovícico, posteriormente Main en 1948, la consideró de edad Permo-Triásica, - debido a sus condiciones estructurales y estratigráficas.

Anterior a Russell, Villar (1911), en su Estudio Geológico y Minero de la Sierra de El Oro, reporta pizarras carbonosas y cloríticas cubriendo una gran parte de la porción central; observando que las pizarras carbonosas aparecen en posición casi vertical sirviendo de base a las pizarras cloríticas en capas horizontales.

Después Carrasco (1980), opina que en vez de filitas contiene esquistos negros que alojan mineralización; considerando esta unidad como la más antigua del Estado de Durango.

En el presente estudio, se encontraron restos fósiles de - crinoides, que permiten asignar una edad del Pensilvánico Medio al depósito de la secuencia. Por otro lado, de acuerdo con una edad radiométrica de 311 m. a. obtenida por Damon, P. - - (1982, comunicación personal) medida a partir de un esquisto - de muscovita, que de ser confiable, indica una etapa de deformación y metamorfismo asociada a la Orogenia Apalachiana.

En esta Formación no se puede establecer una zonoografía, ya que los diferentes grados de metamorfismo se presentan apa-

-rentemente sin mostrar un orden.

La descripción litológica se hizo a partir de un punto en común que es el cerro del Picacho; una secuencia se describe en dirección a Santa María por el Arroyo de las Cuevas-Agua Mala y la segunda a partir del cerro del Picacho vando aguas abajo por el Arroyo de Pescaditos en Dirección Sur, que es donde se encuentran las rocas con más alto grado de metamorfismo.

La secuencia con rumbo a Santa María consiste, en primer lugar, en un esquisto micáceo de finas bandas de cuarzo, con bandas de cristales de muscovita; encima de ésta se encuentra un esquisto de sericita (filita) constituido por un agregado de bandas muy finas alternadas de sericita en micro-cristales tabulares, con bandas de agregados finos de hematita y limonita; más arriba se encuentra una filita muy fina de color morado de textura esquistosa con una mineralogía de cuarzo, feldespatos, sericita, clorita, minerales arcillos, grafito y hematita. Estas rocas pertenecen a una clase química pelítica, con facies de esquistos verdes, de metamorfismo regional. Hacia la cima se encuentran pizarras y areniscas metamorfizadas, metabas y metacalizas. Se encontró además un cuerpo intercalado de pillow-lavas y bloques de calizas fosilífera; a esta caliza se le hicieron estudios paleontológicos, pudiéndose observar numerosas colonias de Briozoarios-Fenestélidos (Apéndice paleontológico muestra I.), además de Equinodermos-Crinoides de los que se pudo identificar la especie Rarvschyr anosus Moore y -- Jeffords de edad Pensilvánico Medio (Apéndice paleontológico -

muestra 2), el análisis petrográfico la clasificó como Caliza espática.

"Estas rocas parecen corresponder a una secuencia volcánico sedimentaria metamorfozada de probable arco que puede ir -- desde el Paleozoico hasta el Jurásico" (IMP proyecto C-1124).

La segunda secuencia en dirección sur sobre el Arroyo de - Pescaditos partiendo del cerro del Picacho consiste en: esquisto de muscovita-biotita con cuarzo, feldespatos, sericita, clorita, hematita y minerales arcillosos. Un afloramiento de este esquist en las faldas del Cerro de Picacho fue datado por Damon P. (comunicación personal, 1980) y dió una edad radiométrica de 311 m. a.

En seguida se encontró un horizonte de pizarras grafiticas con segregaciones de cuarzo; este miembro sugiere una continuación de las cuencas carboníferas del Pensilvánico Medio del -- área apalachiana, siendo esto una mera suposición, pues no fue posible encontrar restos fósiles de vegetales.

Continuándose al Sur, aguas abajo, se encuentran los esquistos moteados verdes de biotita-muscovita, que presentan cuarzo, feldespatos, clorita, sericita, etc.. Este esquist verde pertenece a una secuencia pelítica de metamorfismo de mediano grado. Luego se presenta el esquist augen con un desarrollo de fenoblastos de feldespatos con cuarzo y micas de muscovita-biotita. En seguida, aguas abajo, se localiza un augen gneis sin presentar esquistosidad, con gran desarrollo de fenoblastos los cuales se hallan fragmentados o triturados por una segunda deforma

-ción fue clasificada la muestra como una Tectonita (Apéndice petrográfico M-0 y 1), presentando una textura gnéusica glandular con una mineralogía de cuarzo, feldespatos, magnetita, grafito, clorita, minerales arcillosos, etc., correspondiendo a una clase química cuarzo-feldespática, de facies de esquistos verdes con un alto grado de metamorfismo regional. Posiblemente el protolito de esta Tectonita fue un gneis cuarzo-feldespático.

Después se pudo apreciar un conjunto en el que ciertos minerales pasaron por la fase líquida mientras que otros prosiguieron su evolución en la fase sólida: se trata de Migmatitas (Apéndice petrográfico No. 30); los gneises glandulares representan, por el contrario, una mezcla íntima de gneises en los que los minerales están netamente orientados y las "glándulas" de feldespato y cuarzo no representan ninguna distribución privilegiada.

"El término migmatita fue introducido por Sederholm (1908) para designar ciertas rocas gnéusicas que tienen el aspecto de rocas mezcladas.

La foliación característica de los gneises se modifica de manera que las capas individuales claras y oscuras pueden tener un grosor variable desde unos pocos centímetros hasta decenas de centímetros e incluso metros. Algunas de las rocas heterogéneas muestran pliegues de dimensiones variables; otras aparentan brechas, denominándose agmatitas.

Hace algún tiempo, Sederholm sugirió que la estructura - -

fuertemente contorsionada que se ve frecuentemente en migmatitas se habría originado estando la roca en condiciones de fusión. El concepto de condiciones de fusión se ha confirmado en la actualidad experimentalmente. Los leucocomas de composición granítica se pueden explicar como productos de fusión parcial de los gneises originales, es decir, por anatexis. La fusión parcial de gneis da lugar a fundidos de composición granítica y a un residuo cristalino compuesto fundamentalmente por minerales máficos, como biotita, que constituye el "relanamiento". - WINKLER (1976).

El frente de metamorfismo en la zona de contacto entre el --  
 contacto en el cual la granulita tuvo lugar está, típicamente, al --  
 estado sólido (una movilización) y el contacto donde interviene  
 una movilización.

En aquí en adelante, siguiendo hacia abajo, la intensidad  
 del metamorfismo decrece; a continuación aparecen el augen --  
 gneis, el esquisto augen y el esquisto verde descritos ante--  
 riormente (Apéndice petrográfico Nos. 3 y 4); más adelante se  
 encuentra una roca que presenta microscópicamente linamientos  
 de cuarzo y feldspatos de color rosado que corresponde a una  
 milonita posiblemente a partir de una roca intrusiva del tipo  
 tonalita (Apéndice petrográfico No. 5); por último, se presen--  
 ta un cuerpo negro muy compacto de más de 30 m de espesor, que  
 resultó ser una ultramilonita (Apéndice petrográfico No. 8), --  
 que parece ser la cima de toda esta secuencia descrita, sobre  
 la que podría descansar la secuencia descrita en primer térmi--  
 no.

Al Este de Magistral, aguas arriba en el arroyo del mismo nombre, las rocas de la Formación Gran Tesoro están intrusiónadas por el granito calco-alcalino, presentando la zona de contacto una brecha que posteriormente fue mineralizada y alterada; en el área de Santa María se encuentra esta Formación intrusiónada por la diorita. Además está atravesada por diques dacíticos. La foliación predominante tiene un rumbo que varía entre NE 17° y NW 17°; correspondiendo al emplazamiento de las vetas argentíferas.

De acuerdo con su edad la Formación Gran Tesoro puede correlacionarse con metasedimientos del Mississípico-Pensilvánico de la Formación San José de Gracia del NNE de Sinaloa, esquistos antiguos mapeados por Ortega y Ruiz Barracón (1973) y correlacionados por Clark (1976) con la unidad Paleozoica del Fuerte. Con la Caliza Pastor del Pensilvánico Medio a Pérmico Inferior del área de Placer de Guadalupe; además, con calizas y margas del Pensilvánico al Pérmico en el área de Acatita-Delicias, Coahuila. Puede ser correlacionable con la roca Verde de Zacatecas, Zac.. También con las Rocas del Sistema Pensilvánico que afloran en los levantamientos de Marathon y Solitario, en las montañas El Diablo, Hueco y Franklin en el Estado de Texas.

Las rocas de la Formación Gran Tesoro registran distintos eventos metamórficos; el más antiguo de acuerdo con la edad radiométrica de Damon corresponde a una deformación durante el Pensilvánico (311 m. a.). Posteriormente sufrió una segunda etapa de metamorfismo regional y anatexis sintectónica con mig



-matitas, subsecuente a la migración del arco magmático Jurásico. Este terreno puede corresponder a una "melange" (Dickinson, 1975), ya que se observan las estructuras petrográficas originales tanto en antiguas lavas (Pillow) como las rocas sedimentarias (fósil bien conservado) y otro terreno a profundidad en donde se encuentran las migmatitas. La textura de las tectonitas permiten afirmar 2 o más etapas de metamorfismo.

En septiembre de 1982, durante la VI Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana, Pacheco C. et al., 1982, proponen la confluencia de Terrenos Estratotectónicos en Santa María del Oro, Dgo. Al Norte del Mar Mexicano, lo que serviría para explicar las dos etapas de metamorfismo regional, indicadas por las "Tectonitas" descritas dentro de la Formación Gran Tesoro. Posteriormente las rocas de la Formación Gran Tesoro fueron intrusionadas y afectadas por metamorfismo de contacto en algunas zonas.

## FORMACION NAZAS.

En 1963, Pantoya utiliza el nombre de Formación Nazas informalmente, para referirse a lavas interestratificadas con tobos, lutitas, limonitas, areniscas y conglomerados de color rojo, que se encuentran en el levantamiento de Villa Juárez, al Sur de Torreón, Coahuila.

Anteriormente Main (1954), en el área de Indó-Chimiquillas describe unas interestratificaciones de conglomerados y areniscas; los que asienta al Jurásico.

En 1965, Alba P. utiliza el nombre de Formación Tres Barrones (Jurásico Indiferenciado) para referirse a un conjunto de areniscas y conglomerados interestratificados. Este nombre lo tomó a partir de la mina donde se estudió por primera vez, donde se encontró en contacto con la Formación de San Juan y las riolíticas del Terciario.

En el presente estudio se utiliza el nombre de Formación Nazas, a una unidad que por sus características litológicas y su posición estratigráfica, puede correlacionarse con dicha Formación.

Dentro de su litología se pudieron distinguir dos miembros claramente diferenciables. El miembro inferior consiste en un conglomerado de quejarros de rocas andésíticas, riolíticas, -- así como de fragmentos irregulares de esquistos de muscovita--clorita, filitas, y de cuarzo lechoso; todo esto contenido en una matriz arcósica de color rojizo. Este miembro hacia la ba-

-se se encuentra interestratificado con diques y derrames de rocas ígneas ácidas de textura porfídica y derrames de andesita de textura afanítica.

El miembro superior consiste en una secuencia de lutitas, limolitas y areniscas. Las lutitas se presentan de color rojo pardo, las areniscas de color rojo amarillento. El miembro superior se encuentra plegado disarmónicamente con respecto al miembro inferior.

Los espesores de la estratificación van desde laminar hasta media, en limolitas y areniscas, hasta gruesa en conglomerados.

El contacto inferior de la Formación Mazas con la Formación San Gabriel es una discontinuidad angular y erosional. A su vez se encuentra interstratificado por el contacto inferior de discordancia erosional.

En el Arroyo El Placer, en San Miguel se encuentra expuesta la secuencia estratigráfica. El espesor considerado para esta Formación es de unos 20 mts.

De acuerdo a su posición estratigráfica es correlacionable con la Formación Mazas que se presenta en el levantamiento de Villa Juárez; no se encontraron evidencias paleontológicas, pero se considera de edad Triásico Superior-Jurásico Medio (Pantoja, 1963).

Estos depósitos sedimentarios-volcánicos continentales, representan un arco continental, que durante el Jurásico, se estableció desde Arizona y sureste de California hasta Colombia

y Ecuador (Fms. Navajo, Nazas, Todos Santos, Girón, Chariza, -  
etc.) (Coney, 1982).

## FORMACION LA GLORIA.

"El nombre de Formación La Gloria fue introducido por Im-  
lay (1936), para designar una sucesión de clásticos infraliti-  
rales de la parte inferior del Jurásico Superior que sobreyacen  
a las capas rojas con discordancia angular y están cubiertas, -  
sin discordancia aparente, por la Formación la Casita" Pantoja,  
1963.

En la Hoya San Pedro El Gallo, Cantón (1963), describe la  
Formación La Gloria, que comprende: lutitas, lutitas arenosas -  
Cuarcas y areniscas arenosas, con intercalaciones de lentes de  
calizas. Esta parte superior está en contacto concordante con las  
últimas capas de areniscas de cuarzo en contacto con la lutita y  
arenisca arenosa de la Formación la Casita. Su contacto infe-  
rior está formado por un contacto angular con fragmentos de  
areniscas de cuarzo y lutitas arenosas del grupo de patatenas; sobre  
yacen en discordancia angular a la Formación Nazas.

En el área de estudio se correlacionó con esta Unidad a una  
secuencia que se presenta en discordancia angular, sobreyacien-  
do a los lechos rojos de la Formación Nazas y a su vez subyacien-  
do en contacto concordante a las lutitas rojas con concreciones  
y areniscas del Grupo La Casita.

Su litología consiste en su parte inferior de caliza coliti-  
ca con intraclastos, dolitas, yelias, hematita, pedernal y mine-  
rales arcillosas, (ver Análisis petrogr. No. 4); la estratifica-  
ción es gruesa y presenta un color gris azulado. El miembro su-

-perior presenta una caliza gris oscura, de textura wackstone, los estratos son delgados, intercalados con una arenisca calcárea.

Unicamente se encuentra expuesta a oeste del cerro el Picacho en el Arroyo Grande del Picacho y se estima que su espesor no excede de 50 m.

Por su posición estratigráfica se correlacionó esta secuencia con la Formación La Gloria reportada por Pantaja al Este del área de estudio.

La Formación La Gloria incluye sedimentos elásticos cercanos a la costa y sedimentos carbonatados en agua somera; que fueron depositados en proximidades inmediatas a los bordes de levantamientos de masas continentales durante el Jurásico en el noreste de México.

## FORMACION COLORADAS

Alba P. (1965), utiliza informalmente el nombre de Formación Coloradas para referirse a las rocas que alojan la mineralización en el fundo Las Coloradas, en Distrito Minero - Indé, y están constituidas por lutitas, areniscas y calizas interestratificadas, de color gris claro y la asignó al Cretácico Inferior.

Es la Formación que tiene mayor extensión dentro del área. En el presente estudio, debido al contenido faunístico encontrado y de acuerdo con los resultados del proyecto C-1124 del IMP, se considera convenientemente agrupar dentro de una misma unidad a las Formaciones La Casita y el Cretácico Inferior (Indiferenciado), ya que no fue posible establecer los límites entre ellas por presentar una litología semejante.

## MIEMBRO EQUIVALENTE AL GRUPO LA CASITA.

Imlay (1936), definió la Formación La Casita en La Sierra de Parras, luego Humphrey y Eías (1956), plantearon elevar el rango de la Formación La Casita, para formar un Grupo que incluyera los estratos del Jurásico Superior, que se encuentran entre el Grupo Zuluaga (Jurásico Superior y el Grupo Durango (Cretácico Neocomiano). Main (1955), en el área de Indé-Cienciguillas, consideró Cretácico Inferior a las lutitas calcáreas con estratificación delgada, con capas locales discontinuas - de caliza y arenisca. Pantoja (1963), describió a la Formación

La Casita en el área de San Pedro El Gallo, donde suprayace a la Formación La Gloria y que está cubierta por la Formación Taraises.

El Instituto Mexicano del Petróleo en el Proyecto C-1124, en el Arroyo de Corralejo reportó una amonita del género Berriasella sp de probable edad Tithoniano, en lutitas en capas laminares bien estratificadas.

Su litología consiste en la base en: una limolita fosfática fosilífera (Apéndice petrogr. No. 16 y 17), de estratificación mediana a gruesa, y se observa una secuencia de lutitas arenosas negra, con restos de plantas fósiles reemplazadas por cuarzo; hacia arriba se colectó una amonita en las lutitas laminares; esporádicamente en esta secuencia se encuentran calizas wackestone.

En su parte media se presentan lutitas negras friables y una característica es que se encuentran concreciones calcáreas que varían de unos cuantos centímetros hasta cerca de medio metro; se encontraron pequeños horizontes de calcarenita ferruginosa, con calcita en su variedad espática con algo de micrita, hematita, cuarzo, feldespatos, limolita y minerales arcillosos (Apéndice petrogr. No. 15).

La parte superior consiste de lutita arenosa de color amarillo oscuro a negro, grauvaca calcárea gris y negruzca, limolita calcárea que contiene pequeñas cantidades de mica blancas. Aquí se presentan unos pequeños estratos de caliza -



wackestone los que están formados por abundantes agregados, bastantes uniformes de microcristales muy finos de calcita (micrita) con intercalaciones de minerales arcillosos; se presentan también cristales de cuarzo y feldespatos.

El espesor no se le pudo determinar debido a su intenso plegamiento como resultado de esfuerzos a que estuvo sujeta.

Sobreyace a la Formación la Gloria en un contacto transicional y a la vez el paso al Miembro equivalente al Cretácico Inferior es transicional.

Se encuentra expuesta en el Arroyo de Cerralero y el Arroyo del Pisacho.

El depósito del Grupo La Cuesta probablemente pertenece a una cuenca de sedimentación marina, epicontinental de mares someros.

Humphrey (1949), la correlacionó con la Formación Malone de la porción occidental de Texas y con el Grupo Cotton Valley de la parte suroriental de los Estados Unidos.

#### MIEMBRO EQUIVALENTE AL CRETÁCICO INFERIOR (INDIFERENCIADO).

Cretácico Inferior (Indiferenciado), se utilizó este -- nombre informal para referir a una secuencia de lutitas, limolitas, areniscas y caliza arcillosas, que pueden ser correlacionables por su continuidad hacia el oriente, con el Cretá-

-co Inferior (no diferenciado de Pantoja, 1963).

Los afloramientos de esta unidad se pueden seguir, desde la Sierra de la Zarca, hasta el área de Indé.

Se puede decir que la continuidad hacia el oriente aparece en el camino entre el Mirador y Petrero del Llano; donde aflora una secuencia mudstone arcilloso, en capas de 5 a 15 cms. que forman los cuerpos hasta de 10 m de espesor; separando a estos cuerpos se encuentran lutitas grises en capas de 5 cms. Al sur del camino, entre Indé y la Resolana, se pudo observar que esta unidad se encuentra intrusionada por un tronco granodiorítico (Cerro Blanco). En el área de Indé se encuentra intrusionada por pórfidos riedacíticos, en la esquina sur oriental del presente estudio.

En el Arroyo de Corralejo el contacto inferior de esta unidad es transicional con las rocas del miembro equivalente del Grupo La Casita.

La litología de esta unidad consiste de lutitas por las con calizas en su parte inferior, continuándose hacia arriba se presentan areniscas arkósicas, de grano fino con pequeñas micas blancas (Apéndice petrogr. No. 19), intercaladas con lutitas; el espesor de los estratos es de unos 20 cms. y se presentan algunas vetillas rellenas de cuarzo. En su miembro intermedio se encuentra una arenisca gris que presenta gradación alternada con lutitas margosas, sericitizadas en estratos delgados a laminares.

En las calizas del miembro inferior se colectó una amonita del género ammonites que corresponde a una edad del - Barromiano al Aptiano (ver apéndice paleontológico No. 3).

El miembro superior corresponde a una marqa friable de muchos metros de espesor, que presenta pequeños horizontes - de arenisca de unos 10 cms. de espesor, que desaparecen hacia la cima; en la marqa se colectó una amonita del género - Anisoceras que da una edad con seguridad del Albiano Superior al Turoniano Superior.

Como se apuntó anteriormente el paso del miembro equivalente al Grupo La Casita al miembro equivalente al Cretácico Inferior (indiferenciado) es transicional; se encuentra a su vez sobreyacida por las rocas de la Caliza Guadalupe, es importante hacer notar que es al oeste de el área de Indé; Alba P. (1965), observó un conglomerado intraformacional en la base de la caliza Guadalupe al que denominó Conglomerado Matrascal. En el Arroyo de Corralejo al SE del rancho El Aguaje Blanco se encuentra cubierta en discordancia angular y erosional por la Formación Ahuichila.

En el cerro de El Escalón, Dgo., al norte del poblado Benito Juárez, Dgo. El IMP en el proyecto C-1124, reporta una secuencia de caliza mudstone gris con intercalaciones de lutita gris amarillenta y que contiene microfauna del Aptiano Inferior-Albiano Inferior, en una secuencia de lutitas grises - oscuras, en capas laminares, con intercalaciones de mudstone.

Por los fósiles reportados anteriormente, se observa que la fauna es escasa y cuando llega a identificarse, da una edad con seguridad del Aptiano y Albiano. Sin embargo se puede asegurar la posibilidad de que el Neocomiano está presente en esta secuencia.

#### CALIZA GUADALUPE.

Alba (1965), describe a la Formación Cieneguillas por encontrarse expuesta en el pueblo de Cieneguillas. Consta de dos miembros principales: El Conglomerado Matracal y Caliza Guadalupe.

Villar (1911), en el área de El Oro, describe una caliza compacta que forma la gran masa del Cerro de Cardona, y se extiende al SE, por la falda occidental del Picacho y occidental de Varas Prietas y Chilicotes.

Main (1955), en el área de Indé-Cieneguillas, en un informe describe potentes series de intercalaciones de conglomerados gruesos y localmente calizas impuras; les asigna una edad Cretácico Medio.

La caliza se encuentra ampliamente distribuida en el área de estudio y aflora en el Cerro de Cardona; al NW del Cerro El Picacho se encuentran pequeños afloramientos sobreyaciendo en la Formación Coloradas; se observa en el Arroyo de Corralejo y se sigue en afloramientos aislados hasta la Bufa de Indé.

En el cerro de Cardona su litología consiste en calizas de Peletes (pelmicrita o calcilutita peletífera), tiene una textura cristalina, presenta calcita en sus variedades micrita y espatita; además de pellas (pellets), así como oolotitos, cuarzo y minerales arcillosos (Apéndice petrográfico No. 18).

En el área de Indé, se presenta la caliza arrecifal de textura boundstone, en pequeños parches aislados de rudistas, que indican mares cálidos y someros para esa época; sobreyaciendo a un conglomerado intraformacional.

El ambiente de depósito es marino, de plataforma, con aguas limpias, cálidas y poco profundas, propicias para el desarrollo de fauna tan característica como son las rudistas y miliólidas.

Esta Formación puede ser correlacionable con la Formación Cuesta del Cura, F. Aurora, y con el Grupo Chihuahua y otras rocas del Albano-Cenozoico.

## FORMACION AHUICHILA.

El nombre de Formación Ahuichila ha sido propuesto por Rogers y colaboradores (1961), para describir las capas de conglomerado, arenisca, lutitas, caliza lacustre y tobas que - - afloran cerca de Ahuichila, Zacatecas. Esta unidad comprende a las rocas más antiguas del Terciario y descansan sobre una superficie erosionada de rocas Cretácicas, Jurásicas y Triásicas, a la vez que está cubierta por rocas volcánicas del Terciario Medio. Por su origen la Formación Ahuichila corresponde a un depósito continental de tipo "melasse", acompañada de algunas tobas híbridas, depositadas durante y después del período de intenso plegamiento y erosión correspondiente a la - - Revolución Laramide. En las capas de esta unidad se observa un grado de deformación sufrida por las unidades más jóvenes del Terciario.

La Formación Ahuichila aparece aflorando en su parte basal al SW y NE del Cerro de Cardene y ésta se encuentra constituida por capas de arenisca y lutitas que presentan un color rojo; además se le observa deformación. En el área de Sauces y Maqistral aflora en forma de conglomerados de fragmentos de calizas, de tamaños grandes, en una matriz arenosa, seguida hacia arriba por un conglomerado de fragmentos volcánicos y tobas, que también aflora hacia el oriente, en el Arroyo de la Jaras. En el Arroyo de Cerralejo se observa un conglomerado calcáreo descansando sobre rocas plegadas del Cretácico In

-ferior y cerca del Aguaje Blanco están descansando sobre este conglomerado de calizas, unas tobas depositadas en agua.

Esta Formación es correlacionable con el conglomerado de la región Mercurial de El Cuarenta, reportada por Pérez y Gallagher (1947).

La edad de esta Formación se sugiere que es Paleoceno- - Eoceno ya que está sobreyacida por andesitas de  $38.7 \pm 0.8$  m.a. (Damon y Clark, 1981; Carrasco, 1980).

TERCIARIO SERIE VOLCANICA INFERIOR.

McDowell y Clalauh (1979), proponen que las rocas volcánicas Terciarias que constituyen la Sierra Madre Occidental - en el área de Durango se pueden dividir en dos vastas secuencias ígneas, ambas son calcaicalinas e incluyen ignimbritas. La secuencia de rocas más antiguas, cuya edad varía entre 45 y por lo menos 100 m. a., se caracteriza por abundantes batolitos y rocas volcánicas de composición predominantemente intermedia. La secuencia más joven, separada de la más antigua por un período de calma, en la que predominan las ignimbritas cuya composición va de riolítica a riolita.

"En Guanaceví (Pineda, 1970), describe una andesita, -- las cuales hacia la cima presentan un notable aumento de material piroclástico, en forma de telas y cenizas volcánicas. -- Una muestra de andesita de Guanaceví dio  $38.7 \pm 0.6$  m.a. Eoceno Tardío, por lo cual se considera que las andesitas de esta -- subprovincia tienen una edad de Eoceno Tardío". Carrasco, -- 1980.

En el área de Durango (Feizer, 1974) estableció la estratigrafía volcánica, en que las edades F/Ar indican tres eventos eruptivos diferentes. Una secuencia basal andesítica que resultó de 46.4 m.a., un segundo evento de vulcanismo ríolítico estuvo activo entre 29 y 31 m. a. Y un tercer evento característico de vulcanismo alcalino, asociado a un fallamiento - simultáneo en bloques, que se produjo hace 12 m. a.



En el área de estudio los afloramientos de andesita basal son muy pocos y se localizan en el Arroyo de Pescaditas, al sur del camino que va a Indé; por cierto que se encuentra subyaciendo a un conglomerao de cantos subredondeados de tamaño grande en una matriz arenosa, los fragmentos son volcánicos - andesíticos. En Magistral arriba de la mina La Recompensa se encuentra cubriendo al granito, formando la cima del cerro de la Mesa. En el cerro de La Cruz, se observa sobre el conglomerao Ahuichila y debajo de las ignimbritas. Abajo del cerro Pando, después de la falla normal, se encontró andesita y dacita, ambas muy oxidadas (40% de óxidos de Fe). Entre Rancho Viejo y Petrerillos, afloran andesitas, tobas andesíticas y tobas dacíticas, que sobreyacen discordantemente a las calizas Guadalupe y Formación Ahuichila. También en el Puerto de Corralejo e Indé aparece la andesita, pero alterada y mineralizada conteniendo Pirita.

La roca andesítica está constituida esencialmente por un agregado de finos microlitos plagioclasa con algunos fenocristales subedrales diseminados también de plagioclasa, sin embargo, estos minerales han sido alterados prácticamente en su totalidad y su textura observada es casi relicta; por esa textura y por la asociación de sus alteraciones, se integran como rocas de composición media (andesina-oligoclasa). Los ferromagnesianos también se encuentran totalmente alterados; ocurren en cristales subedrales (probablemente de los grupos de las anfíbolas y piroxenas), reemplazados por la clorita -- con abundante hematita y limonita.

Arriba de la andesita se encontró una dasita que se presenta formada esencialmente por un agregado de finos microcristales anedrales de feldespatos potásicos (microclina), cuarzo, feldespatos sódicos-cálcicos de composición media -- (andesina-oligoclasa), con disseminaciones de fenocristales subedrales también de plagioclasa de composición sililar. La hornblenda se encuentra en fenocristales subedrales disseminados con alteraciones parciales a albita, con disseminaciones de hematita y limonita.

Esta andesita basal es correlacionable con la Formación Vizcarra, del área de Cuencamá (E. Vega, 1963); la andesita de San Lucas de Ocampo; la andesita de el área de Coneto de Comonfort (mineralizada); con la andesita de la Ciudad de Rango; por lo anterior se puede concluir que los afloramientos andesíticos que se encuentran en el área del presente estudio pertenecen a la Serie Volcánica Inferior de la Sierra Madre Occidental; además se observa que las andesitas se encuentran intensamente erosionadas ya que hubo un período de calma antes del depósito de las ícnirbitas, por lo que sus afloramientos no son continuos.

TERCIARIO SERIE VOLCANICA SUPERIOR.

"La secuencia de las Ignimbritas, ha sido descrita por innumerables investigadores anteriores, incluyendo Buelna (1997), - Davidson (1932), Córdoba (1963) y Wisser (1966). En los últimos años la secuencia Terciaria volcánica en general y la secuencia de Ignimbritas en particular, han sido investigadas - en una serie de tesis escritas en la Universidad de Texas en Austin, Waitt (1970), Wahl (1973), Feizer (1974), y Lyons (1975). La secuencia consiste en capas de flujos de cenizas con varios grados de compresión y vitificada, vidrios intercalados con flujos de riolita, tobas depositadas en aire y basalto ocasionalmente; todo cubriendo con discontinuidad a las rocas volcánicas más antiguas. Las capas de Ignimbrita son subhorizontales, - pero ocasionalmente las fallas normales con rumbo al Norte y los tajones locales de riolita se encuentran en varios horizontes estratigráficos dentro de la secuencia" Carrasco, 1980.

La Ignimbrita se encuentra aflorando casi en toda el área, copeteando muchos de los cerros y formando mesetas.

La parte inferior consiste en tobas de caída libre y tobas líticas. Están forradas esencialmente por un agregado de vidrio con intercalaciones de ceniza volcánica; son algunas deleznales; los fragmentos de rocas se presentan en sus variedades de areniscas (arkosas), bastante escasas, además de sus variedades de textura piroclásticas (tobas riolíticas), con fuertes alteraciones a minerales arcillosos (caolín) y reem--

-plazamiento de hematita y limonita.

Hacia la cima abundan las ignimbritas soldadas, con litofisas rellenas de cuarzo, afectadas por intrusiones de pórfidos riolíticos, tonalíticos y monzoníticos. Aquí se puede observar un agregado de abundante ceniza volcánica con algunas intercalaciones de vidrio de tipo ácido parcialmente desvitrificado; este conjunto contiene parciales alteraciones a minerales arcillosos.

Los feldespatos se presentan en fenocristales subedrales y anedrales tanto de composición potásica (Sanidino) como de composición cálcica (Andesina-Oligoclasa).

De acuerdo con Waitt (1970) y Swanson (1974) existe una diferencia química, entre las rocas volcánicas del oriente y del poniente de la Sierra Madre Occidental a lo largo de la carretera No. 40, al poniente las tobas de flujo de ceniza, tienen poco cristal y más calcio, alúmina y hierro, y menos sílice y potasio que las de oriente.

Han sido propuestas varias edades para este evento McDowell y Clabaugh (1979) le dan una edad de 28 a 31 m. a.

Keizer (1974), con edades K/Ar les asigna de 29 a 31 m. a.

La edad de estas rocas según Clark y otros (1977), varía de 34 a 21 m. a., en los Estados de Durango, Sinaloa y Chihuahua.

### FORMACION SANTA INES.

Esta Formación fue descrita por Pantoja-Aler (1963), para designar una secuencia de clásticos continentales que varían de gravas poco consolidadas a conglomerados cementados por arcilla, limo y caliche, con una edad del Plioceno Tardío y del Pleistoceno Temprano, en el área de San Pedro El Gallo, Dgo.

Se encuentra ampliamente distribuida en la esquina SW de el área de estudio, en el valle del Sextín; presenta una morfología de lomas suaves, disectadas por drenaje NE-SW.

Su litología en la base consiste en: conglomerados de fragmentos de riolita, tufa, caliza y arenisca, que tienen un tamaño de 1 a 15 cm de diámetro, en una matriz arenosa; las areniscas son de grueso, cementadas con sílice, la estratificación es horizontal; peculiaridad de la zona a areniscas de grano fino y medio, cementadas con sílice, interestratificadas con otro conglomerado de fragmentos redondeados, de rocas volcánicas, incluidos en una matriz arenosa de color pardo claro. La parte superior consiste de fragmentos volcánicos y de cuarzo lechoso en una matriz arenosa; se observan también estratos de areniscas de grano grueso muy bien cementados, así como capas conspicuas de caliche, de más de 1 m de espesor.

Esta Formación sobreyace en discordancia angular a unidades más antiguas, del Mesozoico marino, Terciario continental y -- volcánico; a su vez se encuentra sobreyacida por aluviones del Cuaternario.

Por su posición estratigráfica y restos de vertebrados - - (Mamut hallado por Martínez Douglas, 1978) se le puede asignar una edad Terciario Superior.

Es correlacionable con la Formación Llanos de la hoya Cuencamé (E. Vega, 1963); y la Formación San José al Sur de Peñón - Blanco, Dgo. (E. Vega, 1968).

## ROCAS INTRUSIVAS

## INTRUSIVOS JURASICOS

En el área del Distrito de Magistral, a 5 km de Santa María de El Oro, en dirección noroeste aflora un cuerpo intrusivo de grandes dimensiones. Este cuerpo está constituido por un granito calco-alcalino de biotita, de textura holocristalina alotromórfica de grano grueso, con cuarzo, perfitita, oligoclasa, andesina, biotita, magnetita, clorita, sericita, etc. (ver apéndice petrograf. No. 23).

El pueblo de Santa María de El Oro, se encuentra asentado sobre un cuerpo intrusivo, también de grandes dimensiones, compuesto por una diorita de hornblenda y biotita, con gran contenido de oligoclasa-andesina y biotita, hornblenda, magnetita y apatita (ver apéndice petrograf. No. 24).

En el área de El Cuarenta, a determinadas geocronológicas - por el método K-Ar, dan para la cuarzdiorita, una edad de  $154.3 \pm 3.2$  m. a., y para la diorita una edad de  $148.9 \pm 3.3$  m. a. (Jurásico Superior), Carrasco, 1980. Este gran batolito se encuentra como a 20 km al Norte del área de Magistral.

En el rancho La Paz que se encuentra entre el Distrito de Magistral y el Distrito de El Cuarenta, se presenta un cuerpo intrusivo de granito calco-alcalino, que se observa erosionado y cubierto por los depósitos continentales del Terciario Inferior y presenta un fracturamiento similar al granito de El Magistral y todos éstos a su vez, se presentan intrusionados por

diques de dacita.

El cuerpo intrusivo del área de Magistral se encuentra emplazado en rocas de la Formación Gran Tesoro y es contemporáneo al depósito de la Formación Nazas.

Los cuerpos intrusivos de Santa María y Magistral parecen ser cuerpos circunscritos de un gran batolito granítico compuesto que se encuentra en La Parrita, unos 22 km al Norte de Sauces de Cardona.

"Dentro de los grandes batolitos graníticos compuestos, observamos una diferenciación hacia la acidez; las generaciones sucesivas pasan de diorita a granito. Las rocas formadas en los bordes están representadas por una fase más básica, que el todo (eventualmente una fase de grano más fino). Las rocas subsiguientes constituyen una fase más ácida; estas rocas pueden más o menos dislocar y remover parcialmente las partes de los bordes cristalizados. Podemos observar estas particularidades en los bordes de los granitos; no obstante es posible que los efectos de asimilación se superpongan a estos procedimientos en ciertos puntos de los bordes" (RAGUIN E., 1957).

Se observó que cortejos de filones acompañan a estos macizos graníticos en posición tanto interna del granito como en su periferia. Estos filones se encuentran alineados rectilíneamente de acuerdo al patrón de fracturamiento que presentan los granitos. Estos satélites filonianos están constituidos por pórfidos dacíticos (ver apéndice petrograf. No. 27), y por filones hidrotermales metalíferos.



El emplazamiento de este batolito está asociado a un arco magmático que se estableció durante el Jurásico a lo largo del Sur de la Cordillera desde el Norte de Nevada hasta el Sur de Chiapas. Han sido reportadas muchas rocas ígneas Jurásicas al Norte de Sonora y suroeste de los Estados Unidos; muchas de -- los cuales están asociadas con sistemas de pórfidos cupríferos, por ejemplo: Yerinton, Courtlan - Gleason y Bisbee.

"El granito, fue intrusionado a un nivel relativamente alto de la corteza, y arguó la cubierta de interestratos de la Formación Gran Tesoro.

La compresión Noreste-Suroeste y una compresión, ligeramente posterior Norte-Sur, produjeron un patrón conjunto de fracturas, las cuales sirvieron de canales, primero para la intrusión de pórfidos félsicos y diques diabásicos, y posterior mente para el ascenso de las salinas mineralizantes" (DAVIS, 1955).

El fracturamiento principal tiene un rumbo NW-SE  $60^\circ$  y está casi vertical. Un segundo NE-SW  $70^\circ$ ; el tercero NE-SW  $25^\circ$ ; y un cuarto fracturamiento se observa casi horizontal.

Se puede concluir que este fracturamiento es el resultado de distintos eventos, ya que durante una etapa inicial de mineralización, las fisuras fueron rellenadas con abundante cuarzo y pirita, y subsiguiente a una reapertura de las fisuras y la formación de algunas nuevas fracturas se depositaron especularita, pirrotita, clorita y carbonatos, posteriormente se precipitaron sulfuros y sulfosales de cobre, plomo y zinc, y por último el depósito de oro nativo, (Davis, 1955).

Es importante hacer notar que este granito además de las fracturas, presenta grandes fallas inversas que afectan a todo el basamento; en los planos de estas fallas se observan zonas de milonita, que reflejan esfuerzos tectónicos muy intensos, posteriores a su emplazamiento. En ocasiones se observan lentes de granito en la diorita, o viceversa, a lo largo de planos de fallas. Esto anterior se observa claramente en una pared situada a 100 m al Oeste del rancho La Parrita. Estas rocas -- presentan una fuerte alteración supergéica (oxidación) con esfuerzos intensos de tipo tectónico. Por otro lado la diorita de Santa María presenta una exfoliación esférica, muy característica de la liberación de esfuerzos internos.

Con lo señalado en la Formación Gran Tesoro, se puede decir que las rocas sedimentarias iniciales compuestas de minerales arcillosos o las rocas metamórficas graníticas antiguas alcanzan y sobrepasan las facies anfíbolita; cuando las condiciones de presión y temperatura lo permiten, exudan un líquido granítico. Este asciende hacia la corteza engendrando en sus laderas aureolas metamórficas y después de su enfriamiento racizas concunscritos.

"La pirolita del manto oceánico es reabsorbida en las zonas de los arcos oceánicos; pasa a la fase sólida y asciende hacia la corteza. Su cristalización fraccionada implica la génesis de mágmas graníticos (granodiorita por ejemplo), que llegan -- hasta la corteza superficial donde cristalizan y pueden mezclarse con otros líquidos graníticos, procedentes de la fusión de

rocas sedimentarias" (Decort, J., Paquet, J., 1978).

"En cualquier parte que se sigan los esquistos de grano -- fino hacia los plutones de granito, su textura y composición mineral cambian. Primero se desarrollan grandes cristales rellenos de feldespato potásico a expensas de la matriz de esquistos. Estos cristales se hacen más numerosos, sus formas tienden a ser euhedrales y el número de sus inclusiones disminuye. Al mismo tiempo, el material circundante recristaliza en agregados bastos, de tal manera, que la roca deja de ser esquistos y pasan a ser aneicos con ojos (anecic quartzites). Con una recrystalización más avanzada, pasan a granitos perfidicos de textura hipidiomórfica-granular" (Williams, H., 1969).

## INTRUSIVOS CENOZOICOS.

Durante la etapa orogénica Laramídica que representa el avance del arco magmático hacia el interior del continente se presentaron varios intrusivos como son: El Cerro Blanco al -- oriente de Indé, el intrusivo de Peñón Blanco en la sierra de Yerbaniz y el Tronco de Peras en la Sierra de la Zarca, ampliamente observados éstos en la imagen de satélite escala - - - 1:250,000.

Al Este de Indé se encuentra el Cerro Blanco que está constituido por un tronco de granodiorita de biotita de hornblenda. Se le observa, aún de lejos, su buena exfoliación característica. Este cuerpo intrusivo se encuentra acompañado de numerosos diques mineralizantes.

Durante el regreso del arco magmático se presentaron intrusiones subvolcánicas acompañando al vulcanismo de la Serie Sierra Madre Superior como el tronco de La Pufa de Indé que consiste en un pórfido riolítico además de presentar diques de pórfidos riolíticos; en el área de estudio en la esquina SE, al norte del pueblo de Indé se presenta un pórfido riolítico alterado en que la roca está formada esencialmente por un agregado de fenocristales subdrales de plagioclasa y los ferromagnesianos se presentan totalmente alterados. Este cuerpo se encuentra intrusionando rocas del Cretácico Inferior y forma una aureola de metamorfismo de contacto constituido por un hornfels bandeado que se presenta como un agregado de mi--

crocristales muy finos de contornos anedrales. Además la andesita que se halla a unos metros al occidente, se encuentra mineralizada y silicificada; esta roca está fuertemente alterada, los minerales máficos se presentan en fencristales subedrales diseminados con alteraciones parciales a clorita, con diseminaciones de óxidos de fierro.

Además se presentan numerosos diques, que por sus dimensiones no fueron cartografiados, a lo largo de la zona de estudio. Como los observados en el arroyo de El Picacho que corresponde a un pórfito dacítico milonitizado (ver apéndice petrográfico M-20, 21).

## IV.2. TECTONICA

### INTRODUCCION

"La cordillera Sur en la esquina sureste del continente - fue afectada por interacciones de placas a lo largo de ambos - márgenes: la Cordillera y Ouachita. Los terrenos orogénicos -- proterozoicos del arco trascontinental forman una prolongación tipo península, del basamento Precámbrico que se extendía a - través de la región dentro de una faja orogénica circumpacífica.

La tectónica distensiva que delineó durante el Precámbrico Tardío al Paleozóico Temprano las márgenes continentales pasivas en ambos flancos del continente se conectaron a través de una prolongación Precámbrica.

La evolución geológica de la Cordillera Sur ha sido influenciada a todo lo largo del Fanerozóico por interacciones de placas a lo largo de ambos márgenes, Cordillerano y Ouachita, del cratón de Norte América. De tal forma que los elementos tectónicos involucrados han pertenecido parcialmente a la faja orogénica circumpacífica, o a un sistema tectónico paleopacífico precedentes o anteriores, y por otro lado a la región Caribe - de un dominio Atlántico o a la tectónica Herciniana precedente. A este respecto el análisis tectónico de la Cordillera Sur es inherentemente más complejo que un análisis comparable de la - Cordillera Norte o a la región Apalachiana. En esas áreas solo se involucra una margen del continente. La región de influencia binaria en la Cordillera Sur se extiende desde la zona hasta el

centro de México, pero las áreas mayormente afectadas han sido los estados de Arizona, Nuevo México al norte de la frontera y los estados de Sonora, Chihuahua y Durango al sur de la frontera". Dickinson, W. R., 1981.

#### IV.2. TECTONICA.

Tectónica Devónica.- El proto-Atlántico "Iapetus Ocean", que había separado la parte norte de Norte América y Europa, se fue cerrando a partir del Norte en dirección sur durante las Orogénias Caledoniana y Acadiana. La parte sur del oceano no fue cerrada, hasta que la parte Sur-oeste de la placa Europea y la placa de Norte América colisionaron en el Devónico. El choque de ambos continentes que tuvo a partir de Greenlandia y Terranova en dirección sur-oeste dentro de la nueva Inialtterra, contienen roca principalmente de Eugeosinclinal reslevadas a lo largo de la margen del Continente. El oceano Theic separaba las placas de Norte América y Europa, de la placa Africana durante el Devónico.

El Devónico finalizó en un episodio mayor en la historia geológica de Norte América. La orogenia Acadiana a lo largo de la margen Este; la orogenia Antler a lo largo de la faja Cordillerana, como producto de una probable colisión arco-continente y la orogenia Ellesmerian a lo largo del margen Oeste que produjo un borde montañoso que circundó a el continente durante los primeros tiempos en el Paleozoico; el continente estuvo más o menos rodeado por levantamientos y éstas fuentes mayores de sedimentos suministraron detritos que fueron depositadas hacia el centro del continente en lugar de alejarse de él.

Tectónica Misisipica.- El patrón de la actividad tectónica durante el período Misisipico en Norte América se caracteriza y con

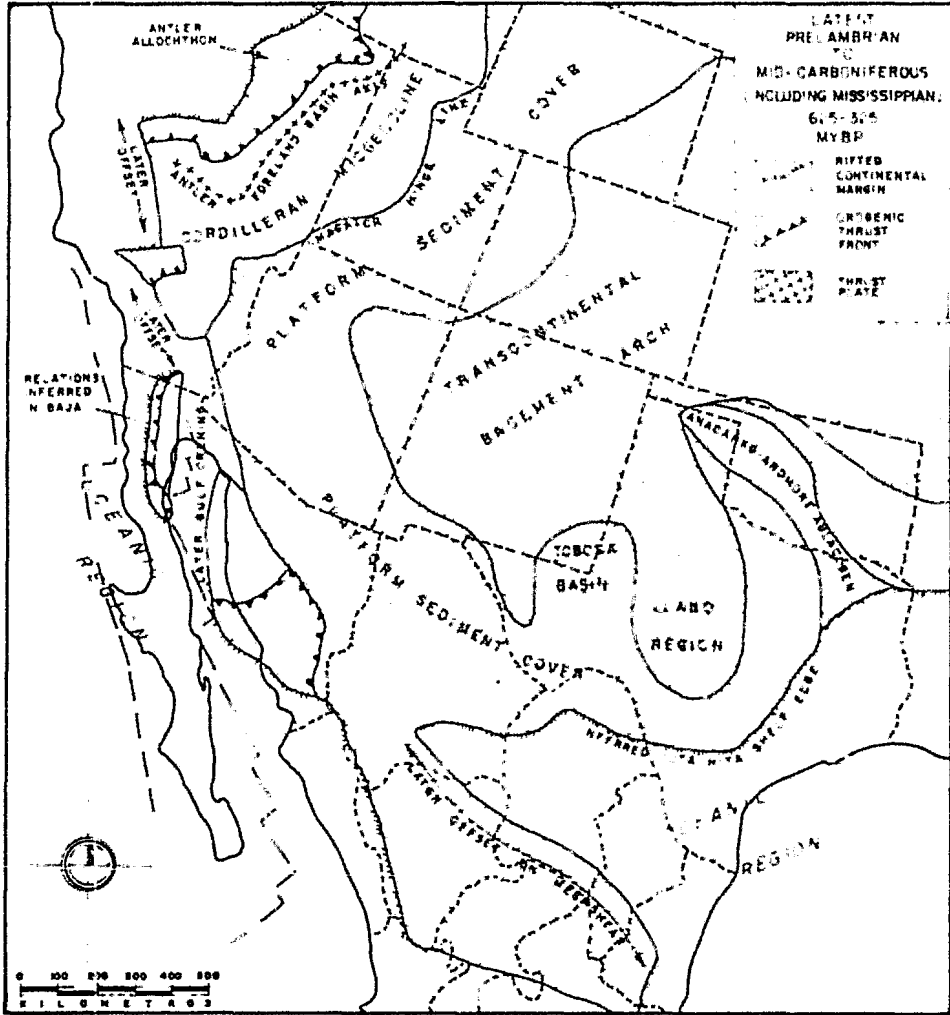


-tinuación directa de patrones establecidos durante el Devónico, excepto por la iniciación del gessinclinal desarrollado de Ouachita que se tiene a lo largo de la margen sur y por la iniciación de cuencas epicuassinclinales en el sureste de Canadá y noreste de Norte América.

El cierre final de el océano Theis en el Misisípico Tardío y Pensilvánico resultó a partir de una continuación del movimiento de convergencia de las placas y el resultado final en construcción de la zona, el supercontinente del Paleozoico Tardío.

El interior del continente muestra que tiene una remarcada estabilidad, en el tanto que se encuentran en partes por orogéncias en todo el interior las margenes periféricas, y a la parte oeste de Canadá, en particular, mostrando una dirección lineal característica.

Tectónica Pensilvánica.- Los rasos del sistema Pensilvánico registran la paradoja, de uno de los climas más uniformes conocidos en el Paleozoico del interior del Continente, no obstante es uno de los períodos más activos estructurales e inestables en el Paleozoico de Norte América. La orogéncia Allegheniana a lo largo de la margen este de el continente refleja el cierre final de la cuenca oceánica Theis y construcción de un supercontinente, Pangea. Los pliegamientos, fallamientos y levantamientos del Este y Sur de Norte América corresponden en tiempo a la Orogenia Herciniana en el Pensilvánico Tardío en el Oeste de Europa y Asia. Las áreas que fueran afectadas por la orogéncia



Mapa Paleotectónico

Figure N° 2

Herciniana incluyen Gales, Francia, Alemania, Bohemia, U.R.S.S. y Asia Central. Los continentes convergentes se comportaron de manera general como lo hicieron los continentes convergentes - de Asia e India cuando formaron los Himalayas durante el Período Terciario Medio, sin embargo cuando la formación del Himalaya, la placa India fue deslizada bajo la placa Asiática, más que una simple colisión y fusión de los continentes, como se observa en el este de Norte América.

La margen sur de Norte América además experimentó un esfuerzo comprensivo. Las relaciones de placas son a veces oscuras debido a que las rocas involucradas, se encuentran profundamente sepultadas bajo las planicies costeras del Golfo.

Sin embargo existen algunos indicios de la colisión de América del Sur ó de un arco de islas independientes en la margen Sur del Continente.

Esta probable colisión de continentes durante la orogénesis Ouachita suturó parte de Gondwana, que incluía los basamentos pre-mesozoicos de Yucatán y el banco de Campeche actuales. La faja orogénica Ouachita fue parte del sistema Hercínico a lo largo del cual Laurasia y Gondwana se juntaron para formar Pangea. Esta faja tectónica fue continua en un tiempo, un espectacular corrimiento del sistema Ouachita desde Chihuahua central hasta las cercanías de Ciudad Victoria, Tama. es uno de los efectos más claros de un desplazamiento Mesozoico (Jurásico inf.) mayor a lo largo de la "Megashear" Mojave para (Anderson and Silver, 1979).

Las cuencas sedimentarias asociadas son un importante tipo de cuencas intrac Continentales cuyo marco tectónico no había sido entendido en el pasado y fueron probablemente una respuesta al ajuste a esfuerzos horizontales generados por una convergencia final de las placas continentales mayores dentro de la Pan-gaea ó una incipiente apertura que fue abortada. Una consistente historia de acumulación volcánica indica una primera subducción continua a lo largo del borde occidental del continente - durante el tiempo del Pensilvánico. Las rocas volcánicas son - particularmente evidentes al este de Canadá.

**Tectónica Pérmica.** - Durante el Pérmico las partes orientales y occidentales de Norte América reflejan dos relaciones de placas muy distintas. En el eugeosinclinal Oeste, las rocas volcánicas Pérmicas ampliamente distribuidas sugieren que los sistemas de arco de isla como aquellos presentes a lo largo de los períodos Paleozóicos tempranos, continuaron por encima de las zonas activas de subducción a lo largo de la costa occidental (Orogenia Sonoma).

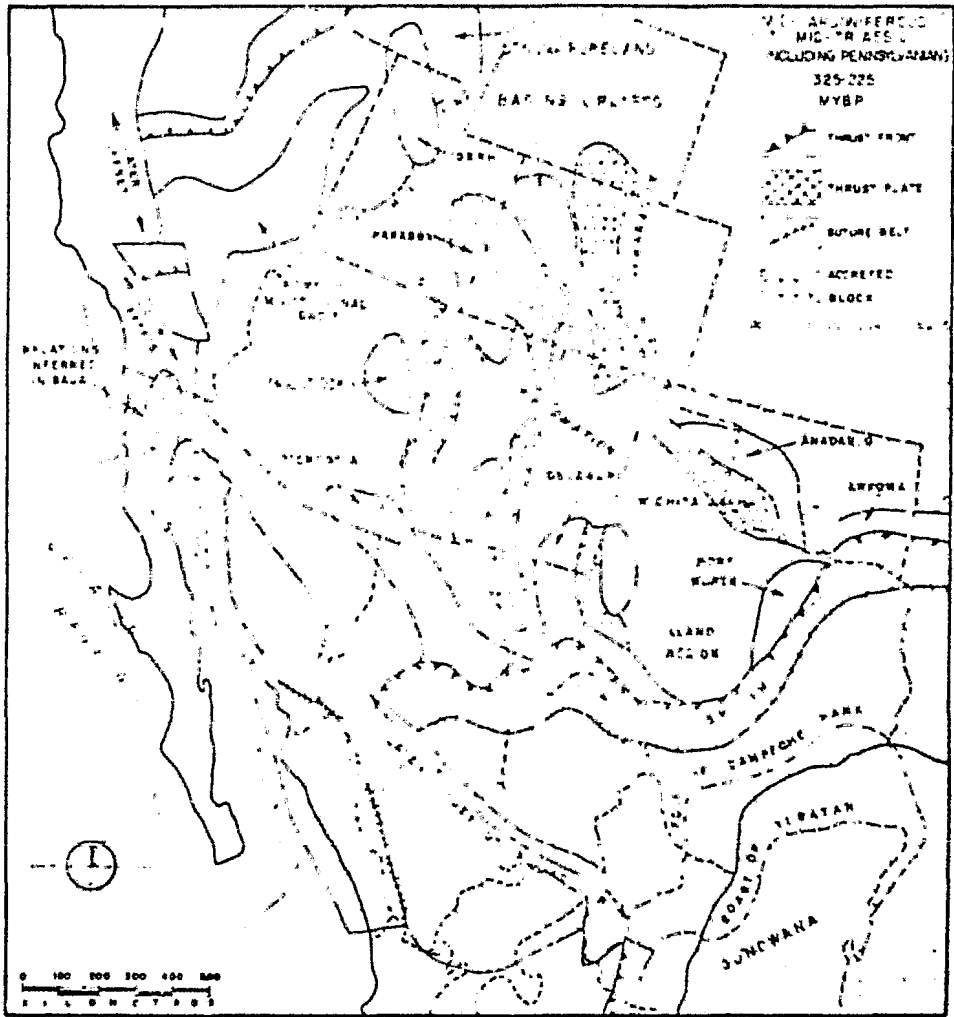
El plegamiento en el área Apalachiana y la ausencia de rocas volcánicas Pérmicas a lo largo de la costa Oriental sugieren una interacción de dos placas continentales.

El plegamiento general de la faja Apalachiana es evidencia de los esfuerzos comprensivos, por los cuales la costa este de Norte América fue deformada cuando se formó la Pan-gaea ó por pliegues de tipo deslizamiento por gravedad, producto a partir de un levantamiento mayor.

El período Pérmico marca el cierre de la Pangaea y posiblemente se encuentre asociado el emplazamiento de intrusivos de dimensiones batolíticas de edad Pérmico Tardío, confirmando por el laboratorio de geocronología del IMP. (Damon, 1981); en el suroeste de Chiapas sus datos indican que este batolito continúa hacia el lado Occidental del Istmo de Tehuantepec, Oax.. Este batolito Pérmico Tardío, evidentemente fue levantado mucho después de su emplazamiento; debido a la presencia de fragmentos de granitos en conglomeraos gruesos del miembro inferior de la Formación Todos Santos de edad Triásico-Jurásico en el flanco Norte de la Sierra Madre del Sur.

También ha sido datado un plutón de edad Pérmico-Tardío al Noroeste de Jalapa, Veracruz.

**Tectónica Triásica.**- Las rocas más antiguas que afloran en los océanos del mundo son de una edad de 180 m. a. ó Jurásico Temprano. Estudios de estructuras y paleomagnetismo indican una incipiente separación de Norte América a partir de África y Sud América en el Triásico Tardío. Muchas rocas Triásicas registran la existencia de la Pangaea (Fig. 4) marcan la separación inicial de Laurasia y Gondwana, y el incipiente desarrollo del océano Atlántico a lo largo de las márgenes de placas divergentes, o de un centro de apertura. El fallamiento y la formación de cuencas en el Triásico marcadas por la presencia de evaporitas en el Triásico Superior y depósitos a lo largo de la margen Este de Norte América, donde atestiguan un abrimiento. A partir de este punto en el Triásico Tardío la mayor evolución física



Mapa Parastektionice

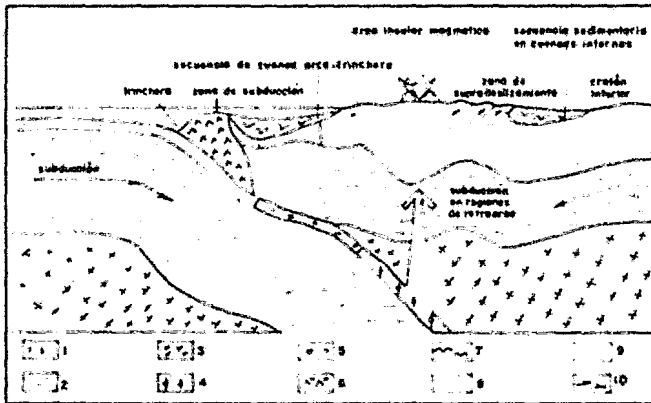
Fig. 4 N° 4

de la distribución de los continentes y cuencas oceánicas vienen a ser continuas con el abrimiento de la Pangaea.

Sobrespuestas a los raras paleozoicas, son los resultados de los eventos del principio del Mesozoico. Entre América del Norte y África-América del Sur se encuentra una zona de "Rift" incipiente por la causa de la utilización de la separación de - África-América del Sur y África del Norte. Debido a un flujo térmico, la superficie se levanta y se forman unos 500 km transversales de "horst y grabens" los que se llenan de agua en este período de extensión intracontinental que pudo durar de 20 a 30 m.a., (Coney, 1982, como "NAM" o a deposición continental (Pm. Huizachal-Newara) en las cuencas locales. Al aumentar la separación entraron aguas saladas desde el Noroeste (Mar de Tetys) con deposición de sal en México.

Por razones que no están claras la extensión por "Rift" se transformó en una falla transformante desde el Sur de México -- hasta el Noroeste de California. Esta falla se llama "Megashear" Mojave-Sonora o sea la discontinuidad Sonora-Nortero. Esta falla tenía un sentido de movimiento "izquierda".

En el lado Pacífico se formaron arcos racmáticos. Los del Norte fueron submarinos con una fosa, interpretada, del lado este; entonces se supone que fueran pasajeros sobre la placa Kula. El arco del Sur fue continuo sobre América del Norte y América del Sur con su fosa en el lado oeste. Un punto triple (AN-AS-E) se formó en el extremo noroeste de la "Megashear". Hoy, el arco continental está representado por depósitos sedimentarios-volcá



- 1 - Cresta oceánica
- 2 - Base de la litósfera
- 3 - Astenósfera
- 4 - Placa de la eclogita
- 5 - Transición de basalto a eclogita
- 6 - Corteza deformada
- 7 - Sedimentos marinos
- 8 - Corteza continental
- 9 - Magma
- 10 - Supradestizamientos



-nicos continentales de edad Jurásico desde Arizona y Sureste de California hasta Colombia y Ecuador. (Fm. Nazas, Todos Santos, Girón, Chapiza).

Una evidencia clara de este arco es la subsecuente acresión, migmatitas y granito de Anatexis en Santa María de El Oro.

Tectónica Jurásica.- Por el Jurásico Temprano un arco magmático parece haberse establecido a lo largo de la margen Sur de la Cordillera desde el Norte de Nevada hasta Chiapas, evidencias de este arco son las intrusiones de dimensiones batolíticas que se encuentran aflorando en Hidalgo de Parral, Chih., El Cuarenta, Maqistral, Santa María del Oro, Dgo., además de rocas volcánicas interestratificadas con depósitos continentales.

El abrimiento del Golfo de México en el Sur y en el Norte; además de la colisión y acresión de los arcos submarinos contra el continente de América del Norte, marcan una nueva etapa tectónica. El abrimiento del golfo se hizo por extensión intracontinental, seguida por un tiempo corto de formación de corteza oceánica en el golfo mismo. La dorsal oceánica que se supone se formó, se juntó con la dorsal del Océano Atlántico. Pero hasta hoy su forma exacta dentro del golfo es desconocida por causas de depósitos sedimentarias más jóvenes que ocultan las anomalías magnéticas originales. En pocas palabras, el resultado principal fue la fuga de la península de Yucatán desde una posición muy adentro de la costa del golfo en México y Sur de Texas. Por efectos de la deformación posterior al arco se había



desarrollado una cuenca sedimentaria marina de extensión regional; fue el canal de Chihuahua que se extendió desde el Jurásico Tardío hasta el Cretácico Medio conectándose con la depresión del golfo.

El proceso de abrimiento en el golfo de México se terminó antes del Jurásico Tardío, o sea un poco antes del depósito de la Fm. Zuloaga. También se terminó el movimiento en la discontinuidad Sonora-Monterrey. Todo esto parece coincidir con la acresión de los arcos submarinos contra América del Norte y Canadá.

Tectónica Cretácida.- Parece que el arco mamético continental de edad Jurásica progresó lentamente poco tiempo después de que se terminó el abrimiento del golfo de México.

Otro hecho importante es que había una tranquilidad notable en la región de México, al mismo tiempo que las cuencas continuaban en subsidencia y los mares avanzaban gradualmente. El grupo Bisbee del sureste de Arizona fue depositado cerca del extremo de esta cuenca elongada, representando los depósitos más alejados del golfo, (Córdoba, et al., 1971). Las condiciones marinas alcanzaron finalmente esta región distante en la última parte del Cretácico Temprano para retirarse de nuevo a la mitad del período.

Hacia el Cretácico superior hubo un cambio en la polaridad de sedimentación en México y América del Sur, muy fuerte, representada por los "Flysch mexicanos".

La interpretación dada aquí es que en México y América del



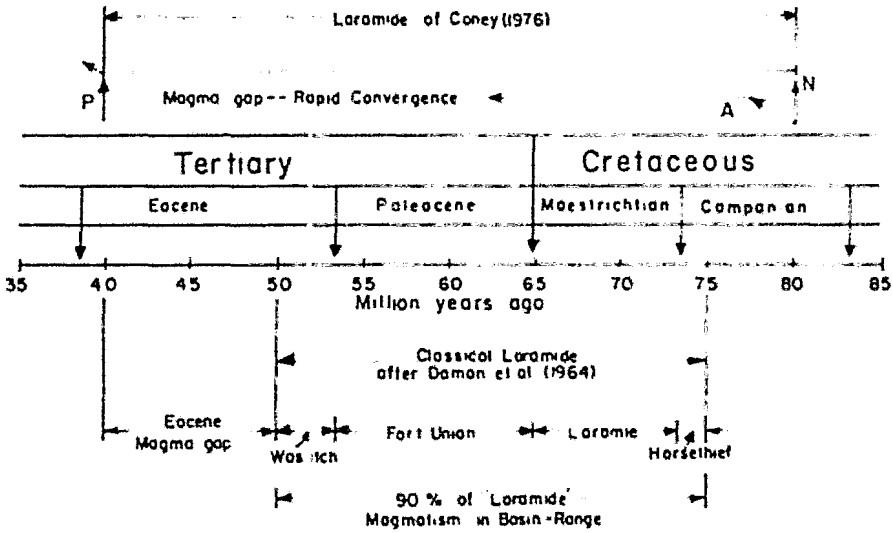
Sur por lo menos esta deformación Larámide empezó con la acreción de los arcos submarinos contra las márgenes continentales positivas.

También, por supuesto, hay evidencias geofísicas muy buenas de los fondos oceánicos, que muestran la aceleración en el movimiento relativo entre América del Norte y la placa Farallón.

Coney (1976) presentó una definición basada en la tectónica de placas para la orogénia Laramide; en tal, la Laramide está definida en el movimiento de las placas. Comenzó con un cambio en el movimiento de oblicuo a frontal y una rápida convergencia de la placa Farallón.

Coney y Reynolds (1977) demostraron que el magmatismo había progresado lentamente hacia el oriente durante el Cretácico Inferior y más rápidamente para el período de convergencia frontal (80 m. a.). También demostraron una explicación para la migración del arco magmático; de acuerdo con su modelo, la convergencia de placas controlaba la posición de la generación de magmas a una profundidad, sobre la placa que estaba en subducción, como una función de la inclinación de la placa en la zona subducente. Durante la organización de las placas que inició la orogénia Larámide, las velocidades de convergencia se incrementaron, también disminuyó la inclinación de la placa oceánica con lo que la zona de producción de magma a profundidad se movió hacia el oriente, tierra adentro alejándose de la trinchera.

Definición de la Laramida



Tectónica Terciaria.- Durante el Terciario Temprano el arco magmático continuó su rápida migración hacia el oriente evidenciado por intrusiones graníticas y vulcanismo de tipo intermedio; la porción occidental del continente se levantó lo que originó un deslizamiento de la cubierta marina Mesozoica, a partir de un nivel de despegue constituido por los yesos de edad Jurásico Superior.

La cubierta de sedimentos marinos Mesozoicos fue deformada por pliegues y estructuras arriñadas, como sobreelevamientos, convergencia hacia el Norte, mientras que el segmento, parte de la Cumbre (actualmente) situada al Basamento (Fm. Nazas, Huachal, Fm. Santa, etc.), casi no sufrió deformación.

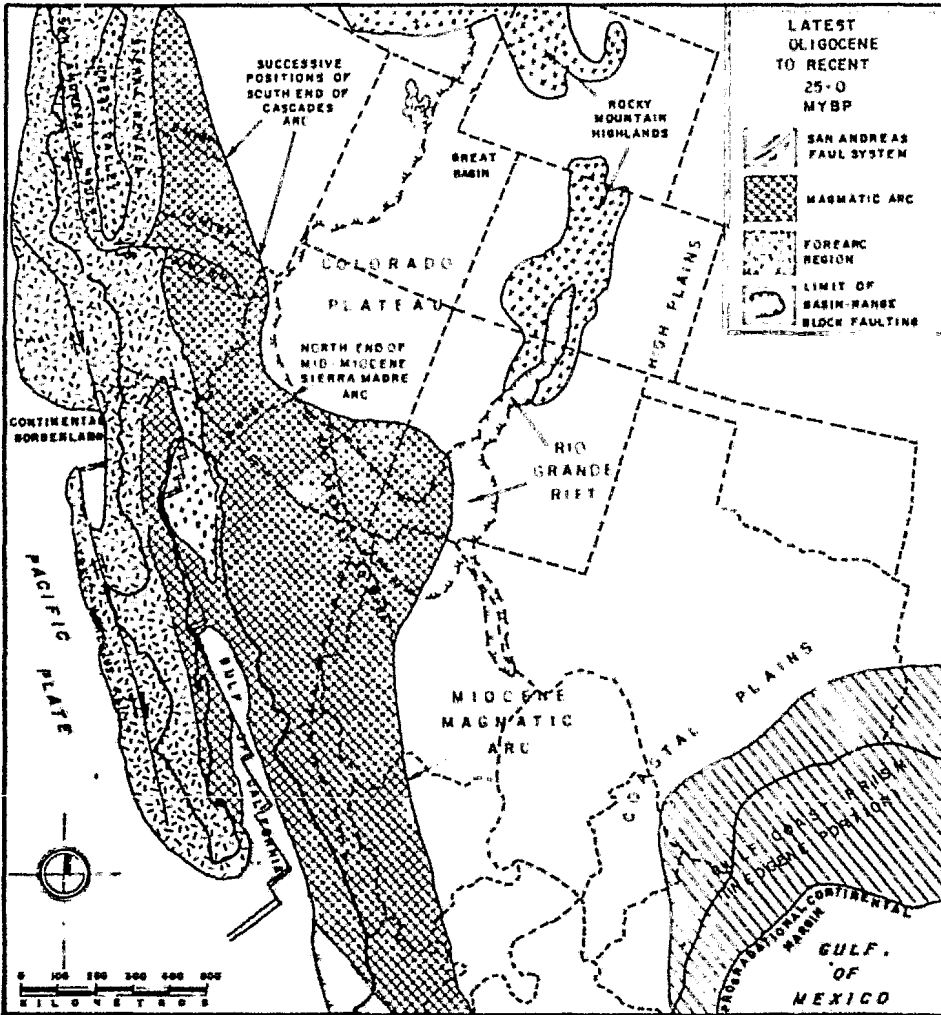
Al retirarse la subducción, continuó una etapa distensiva, y un retroceso del arco magmático marcando una etapa erosiva indicada por la gran erosión de la zona (Fm. Anahuac). La migración del arco magmático hacia el oriente culminó con un nuevo cambio en el movimiento de las placas, marcando el fin de la orogénesis Laramide, una interrupción en la continuidad del magmatismo hace 40 m. a. (Eoceno), y una etapa de fuerte erosión. Durante el Oligoceno el retroceso del arco magmático hacia la trinchera originó el vulcanismo de la Serie Superior -- Sierra Madre Occidental, durante el cual se depositó una secuencia de 800 mts. de lignirritas, eruydas a través de grandes estructuras de calderas, acompañada de domos riolíticos.

En el Cenozoico Tardío tres procesos han dominado la evolución tectónica de la cordillera Sur: 1) la extinción de la sub

ducción a lo largo de la margen continental y el desarrollo del sistema de fallas transformes San Andrés; 2) La terminación del magmatismo relacionado a la subducción y su remplazamiento por centros volcánicos basálticos y andesíticos dispersos; 3) el desarrollo de la Provincia "Basin and Range" de tectónica distensiva dentro de la porción del bloque continental adyacente a la transformante de San Andrés.

La evolución de la transformante San Andrés comenzó durante el Oligoceno Tardío cuando la placa Pacífico-América se movió su encuentro con la transformante San Andrés-Estados Unidos a una latitud cercana de la frontera. El resultado de la transformante Pacífico-Americana se extendió gradualmente con el tiempo ya que en diferentes ocasiones se cerró y abrió nuevamente por fallas que que absorbieron el deslizamiento total. La placa de América del Sur se deslizó hacia el interior de la zona de subducción hasta el Mioceno Tardío, cuando ésta se abrió tierra adentro a varias fallas dentro de la zona de subducción y a lo largo de la plataforma de Baja California. La falla de San Andrés actual, propiamente dicha se convirtió en el principal ramplamiento de la falla transformante hasta principios del Plioceno. Desde entonces la reapertura, ó abrimiento del golfo de Baja California ha separado el área volcánica del Mioceno, presente en el continente, de aquél presente en la península. Así como la falla transforme San Andrés se iba desarrollando a lo largo de la margen continental, el volcanismo de arco se fue extinguiendo tierra adentro, debido a que no había litósfera en subducción a lo largo de la frontera placa-transformante. El análisis --





Mcpa Paleotectónico

Figure N° II

geométrico de los movimientos de placas involucrados, indica la ausencia de un segmento en subducción desarrollado al principio, cuando se inició la transformante, y entonces se expandió en el tiempo como una área aproximadamente triangular yaciendo adyacente al crecimiento de la transformante con su vértice tierras -- muy adentro. La ausencia resultante del fragmento en subducción bajo el segmento de la cordillera adyacente a la transformante, puede ser interpretada como un hueco o ventana del segmento en subducción; que de otra modo, sí se presentó en otros lados de la cordillera, como esta ausencia de segmento se expandió a través del tiempo, eventualmente perfilando el arco magmático, extinguiéndose así el vulcanismo del arco. El patrón de extinción observado fue parecido a los predichos a partir del crecimiento de el movimiento relativo de las placas (Breckenridge, 1981).

En el Mioceno terciario un arco magmático se continuó existiendo a lo largo del flanco de toda la Cordillera Sur. Por el Mioceno Medio las evidencias muestran una regresión hacia el Norte de la punta Sur del arco Cascadiano y una regresión hacia el -- Sur de la punta Norte del arco Mexicano. En el presente no existe el vulcanismo de arco en la región. En su lugar ocurre un -- gran vulcanismo basáltico acompañado por alguna actividad menos máfica en centros diseminados desordenadamente a todo lo largo de la región. Este tipo de vulcanismo está asociado en espacio y tiempo con la tectónica distensiva tipo "Basin and Range". -- Las estructuras características del tectonismo Basin and Range, son horst, grabens y bloques inclinados, limitados por fallas -- normales de gran ángulo, las que se transforman en listricas a

profundidad, involucrando claramente una mayor extensión vertical. El relieve topográfico presente dentro de la Provincia Basin and Range se desarrolló después del Mioceno Medio, durante el período cuando la expansión de un bloque del fragmento hacia el Sur de la Cordillera fue extinguiendo paulatinamente el tectonismo del arco. La mayor parte de la deformación en el Sur de Arizona se completó al fin del Mioceno, mientras tanto, durante la deformación en la "Gran Cuenca" al norte, la actividad siguió de el Mioceno más tardío. Estas relaciones sugieren que el surgimiento de la Astenosfera a través del bloque del segmento pudo haber generado levantamiento y extensión dentro de la Provincia Basin and Range.

La presente elevación de la Cordillera Sur es compatible con la observación de que un fragmento de litósfera en subducción está presente bajo las "Grandes Planicies", pero que disminuye en dirección Oeste, hacia un borde acunado cerca del hundimiento del Río Grande (Damon, 1979).

Más hacia el Oeste, los terrenos elevados de la región intermedia están subyacidos por un manto más cercano a la superficie, por la diferencia en los espesores corticales no es adecuado explicar las diferencias de elevación entre regiones como es la "Meseta de Colorado" y las "Grandes Planicies", los altos nudos montañosos de Colorado Central y Noroeste de Wyoming pueden deber sus extrañas elevaciones a un levantamiento Termotectónico especialmente pronunciado rodeando los ápices de la planicie del Río Snake y el hundimiento del Río Grande.

En cualquier caso, el carácter elevado presente de la Cordillera Sur no puede ser una propiedad heredada o inherente con la configuración de placas tectónicas pasadas. La mayor parte del levantamiento de las "Bajas Planicies" modernas, se presume que es debido a efectos tectotectónicos relacionados con la subducción de un centro de ensanchamiento durante el Cenozoico Tardío.

**Tectónica Cuaternaria.** - Durante el Cuaternario las fallas de los sistemas de San Andrés, Rivera y Uruga siguen activas - reflejándose en la Sierra Main Central por la presencia de relieves característicos, el fallamiento se extiende a las Bajas Cuaternarias y a las cuencas profundas de los ríos que se disectan a los sedimentos Cuaternarios.

#### IV.2.2. ESTRUCTURAS REGIONALES.

El análisis que se efectuó en la imagen de satélite E - 1:250,000, cubre un área equivalente a 4 cartas topográficas E 1:50,000.

Observando cuidadosamente la morfología en general se puede decir, que las fracturas presentes en el área de estudio pertenecen sin temor a equivocarse a un sistema de Sierras y Cuencas (Basin and Range). Debido a que se presentan dentro de nuestros límites tres altos estructurales (horst) y dos bajos (graben); los que conservan un fuerte paralelismo y una dirección NNW.

Los bloques altos presentan un gran relieve topográfico; -- mientras que los bloques bajos se distinguen por tener una topografía característica de una planicie.

En los dos tipos de bloques se pudieron observar grandes lineamientos y curvilineamientos, los que se pudieron agrupar en dos sistemas generales de acuerdo a su dirección predominante: el primer sistema NNW que define a estos bloques y a su vez el más antiguo; un segundo sistema NE que se presenta en todos los bloques y que interrumpe al primer sistema, por lo tanto es el más joven.

El primer sistema de lineamientos NNW consiste de fallas -- normales en su totalidad y a su vez las más prolongadas alcanzando hasta más de 100 km, como la falla de Cieneguillas. Estas fallas están relacionadas con la apertura del golfo de California, en un régimen completamente distensivo, hace 12.5 m. a. --

Cuando un levantamiento tectónico se produjo cuando se extinguió la placa Farallón debajo de la placa Americana.

El segundo sistema se puede considerar originado por esfuerzos transpresivos, ya que son casi perpendiculares a una dirección de movimiento y éste puede ser el resultado de la falla de San Andrés.

El primer alto considerado para esta descripción es el del lado Este, en la que se encuentra la Sierra San Juan de las Minas; está limitada al Este por la falla que se denomina San Bernardo y sus prolongaciones de buzamiento orientado al NE; este alto que se caracteriza por presentar una morfología de grandes mesetas inclinadas, llegando a alcanzar una altura de más de 2,600 ms. y se encuentra limitada por arroyos que siguen un lineamiento estructural es el segundo sistema. En el límite Este, de este bloque se ponen en contacto arroyos la cubierta volcánica de la Sierra Sierra Madre Occidental con la Formación Santa Inés del Terciario Superior.

El primer bajo que se describe recibe el nombre del Valle del Río Sextin, por el que corre el río del mismo nombre. Este bloque hundido está limitado al Oeste por el alto de la Sierra de San Juan de las Minas y al Este por el alto de Santa María. Este bajo en su margen Este se encuentra limitado por la falla Cieneguillas, que parece nacer en la Providencia cerca y al Oeste de Hidalgo del Parral, Chih., y termina en la Presa Gral. Lázaro Cárdenas (El Palmito). Su plano de falla presenta una dirección de buzamiento hacia el SW en la que se ponen en con-

-tacto rocas de la Serie volcánica Sierra Madre Occidental o -  
 más antiguas con la Formación Santa Inés.

La tercera descripción corresponde al alto de Santa María, que se distingue del primer alto por presentar pocas mesetas de ignimbritas, debido a que el espesor de la cubierta volcánica - evidentemente disminuye al oriente; además, la erosión la pudo haber atacado más activamente. En este alto se observan a nivel de campo ventanas de basamento Paleozoico, también una secuen--  
 cia Mesozoica; además de diversos intrusivos, que sí se obser--  
 van en la imagen de satélite, como son la Bufa de Indé, el in--  
 trusivo de El Cuarenta y el de la Parrita entre otros. Una causa fundamental de el porqué estos bloques no se encuentran hundidos como otros, se puede atribuir a la fuerza de isostacia ya que -  
 presentan raíces profundas que los sostienen, como pueden ser -  
 los intrusivos. Este alto al este se encuentra limitado morfoló--  
 gicamente por la planicie que forma el valle del Tizonazo, que  
 también tiene una dirección de prolongación NNW como los demás  
 bloques. La falla del Tizonazo es la margen Este del alto de --  
 Santa María que tiene un plano de falla con un buzamiento hacia  
 el NE.

La cuarta descripción pertenece a la planicie del valle del  
 Tizonazo, que presenta un relieve muy suave en su interior pero  
 que en promedio de relieve casi está a la altura de la Sierra -  
 de El Oro. Este bajo está limitado al Oeste por la falla del Ti--  
 zonazo y al Este por la falla de Potrero del Llano, que resulta  
 ser una falla normal con plano de buzamiento con dirección SW;

esta falla pone en contacto a las gravas de la Formación Santa Inés con una secuencia sedimentaria Mesozoica placada con una delgada cubierta de areniscas y limosilísticas y terrazas que pertenece al alto de la Sierra de los Chaleotes. Este último alto se encuentra afectado también por todos los otros bloques descritos anteriormente por un sistema de fracturas NE, que además presenta un síndrome de fallas normales en su interior consideradas como híbridas que producen un escalonamiento en bloques, afectando a la secuencia Mesozoica. En este punto desaparece la cubierta volcánica, hasta por un momento en el depósito y a la erosión. El punto de ruptura de la transición de la provincia fisiográfica de la Sierra de Chaleotes con la Provincia de la Meseta Central de Norte.

La edad del fallamiento en el punto es de 10.1 m. a. (Mc Dowell y Buror, 1977) y la zona de fracturamiento NE parece corresponder a una tectónica Cuaternaria, relacionada con la falla de San Andrés.



#### IV.2.3. ESTRUCTURAS LOCALES.

El área de Santa María de El Oro se encuentra en un denominado alto de Santa María, constituido por rocas metamórficas del Paleozoico Superior que presentan una marcada foliación con tendencia al norte, observada por ondulaciones ("Kink bands").

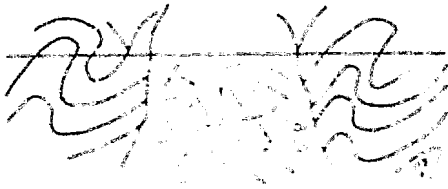
La presencia de micrititas y tectonitas puede indicar una zona de supradeslizamiento ("relaxite"), consecuencia ésta, a la migración de un arco magmático continental representada por los intrusivos de edad Jurásico Superior, acompañada por la erosión y depósitos tipos molasa continental.

Las rocas depositadas durante la transgresión del Jurásico Superior y Cretácico Inferior presentan una deformación de pliegue y fallamiento correspondiente a la fase tectónica Laramidica. Todas estas rocas de Mesozoico muestran una inclinación al noreste; en tanto que las rocas del basamento metamórfico y las rocas intrusivas sugieren al desarrollo de una cúpula igneo gáñisica como se explica en la figura N° 5.

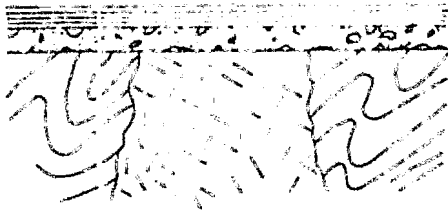
Las rocas del miembro inferior de la Formación Ahuichila se encuentran plegadas lo cual indica la continuidad de esfuerzos compresivos durante su depósito.

La cubierta volcánica se encuentra basculada y fallada en escalonamiento del tipo de fallas lístricas, asociadas a la tectónica distensiva tipo "Basin and Range" y la apertura del Golfo de California.

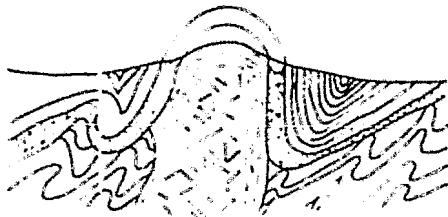
GRANITO SINCENEMÁTICO POSTERIORMENTE DENUDADO



SEDIMENTACION SUBSECUENTE



SEGUNDA OROGENIA REACTIVACION DEL BASAMENTO



Formacion de una Cupula Ignea - Granítica

Figura N° 5

Por último a las rocas de la Formación Santa Inés se les observa un fracturamiento con tendencia al NE que refleja una neotectónica asociada al fallamiento del tipo San Andrés.

#### IV.3. HISTORIA GEOLOGICA.

La historia geológica en el área de estudio se forma a partir de evidencias de campo observadas y se puede decir que está íntimamente ligada a la evolución geológica de Norte América.

La primera prueba consiste en una secuencia de rocas sedimentarias de plataforma con fósiles de Crinoides del Pensilvanico medio, y rocas metamorizadas (311. m. a. Damon, 1982 comunicación personal). Esta secuencia por lo tanto, se depositó anterior a su metamorfismo y puede ser que los depósitos sean Pensilvánico inf. ó anteriores. Un horizonte de pizarras carbonosas intercaladas con grafito que se encuentra dentro de la secuencia, se supone que corresponde a depósitos de cuencas -- carboníferas similares a las del área Apalachiana de Norte América que se desarrollaron durante el Pensilvánico en un ambiente de aguas estancadas en forma de pantanos.

Una primera deformación de esta secuencia metamórfica se encuentra relacionada con la deformación que se originó con el acercamiento de la Gondwana con el Continente de Laurasia, como se explica en seguida.

Durante el Devónico la orogénia Acadiana dejó a la Apalacha como una tierra alta y montañosa, de la que se derivaron lodos y arenas transportadas hacia el Occidente, cruzando el geosinclinal, el cual está limitado hacia el Occidente por el basamento transcontinental de edad Precámbrico formado entre 600-650 m.a. antes del presente, del cual se desprende el le--

-vantamiento del Llano en forma de península. Todo este levantamiento se encuentra bordeado por cuencas externas de geosinclinal la que durante el Mioceno tuvo subsidencia continua, a través de todo este período la secuencia está constituida de areniscas y lutitas que indican que Analcha se elevó continuamente.

La región del Llano participó en esta orogénesis vertical pues el geosinclinal de Caachita fue deprimido profundamente, llenándose con sedimentos detríticos continentales.

En el Mioceno las fallas en el interior de Norte América se tornaron en intermitentes de areniscas, lutitas y calizas. Estas se depositaron en un momento retrocedido de la línea de costa debido a la expansión del agua del mar sobre el cratón y a partir del cratón, en respuesta a los esfuerzos tectónicos de la margen Este y Oeste y la margen Norte, del continente. La arena y lutita depositada en la parte superior del sistema fue derivada a partir del Este y Norte, esta sedimentación en el interior del continente fue reflejo de la inflexión del levantamiento tectónico de arrastrado durante este período. Los recursos levantados por las arcillas antiguas a la deformación tectónica que se dio a desarrollar.

Los depósitos Miocenos representan el récord de una regresión de la línea marina a partir del cratón que terminó en la margen del geosinclinal. Esta regresión a la noche, el ciclo completo a partir de la mayor transgresión del levante temprano seguida por una regresión durante el Mioceno medio y tardío.

Hacia el final del período Misisípico, Norte América fue el escenario de la perturbación cortical más amplia. Fue aquí donde la Apalacha y Elanoria surgieron como montañas. Estos movimientos fueron intermitentes durante el resto del Paleozoico y que culminaron con la fase tectónica Apalachiana acaecida al final del Pérmico.

Durante el Pensilvánico Temprano y Medio, parte del cratón especialmente en el centro, rocas pensilvánicas, tienen un patrón rítmico. En una secuencia regular aproximada se tiene distintos tipos de sedimentación que incluye cuencas marinas y facies marinas que son repetidas en el depósito. Estos ciclos sedimentarios, llamados ciclo-temas, reflejan el avance y retroceso de la migración de la línea de costa a lo largo del interior de la plataforma continental. Durante el depósito, la línea de costa viene a migrar hacia el frente y atrás sobre distancias de miles de kilómetros. Esta secuencia rítmica cambiante ha sido explicada recientemente, a una respuesta del errático movimiento del bloque continental durante el movimiento de la placa y la asociada transgresión de el mar sobre el interior del continente, refleja la convergencia de Norte América con África y Europa, y el cierre del "Ocean Theic", formado por la regresión durante un período de actividad tectónica. Aunque muchos son a pequeñas escalas, éstos son ejemplos de mecanismos de que mayores transgresiones son conducidas por la actividad orogénica en las márgenes continentales, y las regresiones del agua de mar durante los períodos neotectónicos a través del Paleozoico. Los ciclo-temas también vienen a ser explicados como

respuestas a los cambios del nivel del mar asociadas a las glaciaciones del hemisferio Sur. Antes del hielo en el Pensilvánico la vegetación quedó representada en el Este por los enormes campos de carbón.

Levantamientos en el Oeste y Suroeste de Norte América.

Un levantamiento final tuvo el cinturón orogénico Antler durante el Pensilvánico, en donde la actividad comenzó durante el Devónico y continuó a través del Misisípico. Sedimentos de cuarzo son erosionados a partir de las montañas Antler en el Pensilvánico Temprano, antes del levantamiento Pensilvánico calizas - cubren distintamente los restos erosionados del cinturón orogénico.

Durante el Pensilvánico medio, fueron formadas las Montañas Jolofide. Las profundas cuencas entre los severos levantamientos, fueron usualmente llenadas por gruesas secuencias del Pensilvánico y algunos depósitos elásticos Pérmicos. Condicionados continentales, areniscas y lutitas rojas ocupan las márgenes de estos levantamientos, y calizas el centro de las depresiones. - Estas cuencas y estos levantamientos que tienen un trend noroeste son posibles indicaciones de un temprano rompimiento abortado de la Pangaea.

#### PLEGAMIENTO PERMICO EN LAS MONTAÑAS APALACHIANAS.

Se puede situar en definitiva el límite superior para la edad del plegamiento Allegheniano, debido a que capas de lechos rojos del Triásico Superior fueron depositadas discordantemente sobre rocas erosionadas Apalachianas plegadas. El límite inferior para el plegamiento, es más difícil datar con precisión. Rocas del Pérmico Inferior en la cuenca Allegheniana están plegadas concordantemente con los estratos Pensilvánicos; de ahí cuando menos parte del plegamiento debe ser de edad post-Pensilvánico, estos pliegues yacen al oeste de los principales pliegues Apalachianos. En la franja plegada los estratos Pensilvánicos son las rocas más jóvenes involucradas en el plegamiento.

El plegamiento Allegheniano se desarrolló en episodios durante el Misisípico Tardío, Pensilvánico y Pérmico Temprano; un lento crecimiento de los pliegues se ha sugerido por la observación, de que los estratos Paleozoicos Tardío son más gruesos en área plegadas hacia abajo y más delgadas en áreas plegadas hacia arriba como resultado de la erosión y depositación que actuaban al mismo tiempo que el plegamiento.

En el presente estudio se observó que la zona de Santa María del Oro, Dgo. estuvo emergida desde el Pensilvánico, pues no se depositaron rocas pérmicas.

Durante el Pérmico la región de Misisipi se encontraba emergida, sujeta a erosión y cubriéndose por lechos rojos con-



-tinental, las que a su vez fueron cubiertas por depósitos Triásicos no plegados; mientras tanto, en el Occidente de Texas y Sur de Nuevo México estaban las cuencas de Midland y Delaware; alrededor de estas cuencas, en ambientes lacustres, -- existían depósitos evaporíticos y en el margen de la cuenca se desarrollaron arrecifes por consecuencia de la subsidencia de las cuencas y el crecimiento vertical de los gruesos paquetes de calizas no estratificadas. En el área de placer de Guadalupe, Chih. se reportan más de 1,000 mts. de espesor en calizas; en el área de Delicias, Chih. se reportan más de 3,000 mts. de condonencias, lutitas, areniscas y calizas.

Estas cuencas calizas tienen una similitud tanto en dirección Norte hacia el Estado de Nevada como en dirección Sur de acuerdo con los argumentos ícticos reportados en Oaxaca y Chiapas.

La ruptura de Pangaea comenzó por completo antes del Triásico. Trazado del límite de las estratificación plegadas del Triásico Superior descansan con discontinuidad angular sobre estratos Paleozoicos plegados. La evidencia ha recibido varias explicaciones: que ha sido producida por esfuerzos comprensivos "tipo -- pistón" resultantes de una colisión continental, o bien que es el resultado del casi hundimiento de placas que se deslizaron a partir de un gran avanceamiento hacia arriba que anunciaba el desarrollo de un nuevo centro de expansión y la ruptura del -- continente Pangaea.

## MESOZOICO.

Después de la Revolución Apalachiana, la mitad oriental de Norte América, incluyendo la actual Plataforma Continental, estuvo emergida durante largos períodos geológicos. Durante el Triásico Inferior los agentes erosivos afectaron a toda la región. De la primera mitad del período no quedan huellas sino de destrucción. Entonces, a medida que los esfuerzos de compresión se iban relajando, el eje de la cadena Apalachiana comenzó a fracturarse por grandes fallas normales que produjeron una angosta cadena de montañas falladas (horst y graben). Después la erosión atacó a los pilares y sus sedimentos fueron rellenando las fosas.

En el área de estudio, esta Formación Nazas Triásica-Jurásica Inferior contiene fragmentos de la Formación Gran Tesoro, como también de rocas volcánicas e intrusivas, lo que nos indica que en ese período de sedimentación tipo molassa continental estuvo acompañada de una acresión subsecuente al emplazamiento de intrusivos (Hidalgo de Parral, cuarzomonzonita de 198±7 m. a. datada K/Ar, Damon et al., 1981), así como derrames volcánicos, este arco magmático parece estar relacionado con la abertura del proto-atlántico; en el sureste de México, ya que la Formación Todos Santos de edad Triásico-Jurásico presenta series volcánicas de edad Caloviano a Oxfordiano Temprano interestratificadas con depósitos evaporíticos; de acuerdo con Vinga 0. (1971), la sal más antigua fue depositada antes del Kimmeridgiano, pero poco después del Oxfordiano Temprano. Es

de suponer que estas cuencas marinas evaporíticas estuvieron relacionadas con la apertura del golfo.

Durante el Jurásico Tardío -Cretácico Temprano, es cuando se desarrolla, el proto-atlántico y se forma el "mesashear" -- Mojave-Sonora, que está relacionado a la apertura del Golfo de México. La subducción de la placa Farallón bajo la placa Norte América, continuó el arco magmático y el emplazamiento de intrusivos en toda la margen occidental de América, los intrusivos de esta edad cerca del área de estudio son: La Parrita, en el área del Cuarenta, es una cuarcodirita de  $154,9 \pm 3.3$  m.a.

Una vez que empezó a abrirse el Golfo de México, una gran transgresión marina se presenta invadiendo la plataforma de Coahuila continuándose al Noroeste para formar el canal de Chihuahua; la sedimentación fue al principio evaporitas y terrígenos. Ejemplo de esta gran transgresión la constituyen en el área de estudio las formaciones la Gloria y el Grupo la Casita.

Al fin de este tiempo se efectúa la separación en el Atlántico Sur entre América del Sur y África.

El Cretácico Inferior, marca la máxima invasión marina que ha experimentado México, las condiciones paleogeográficas se muestran en extensas plataformas y arrecifes típicos (Fm. Guadalupe, Aurora, El Doctor, etc.): La Formación Guadalupe en el área de estudio parches arrecifales de Rudistas y facies peri-arrecifales; en las cuencas están presentes calizas gris oscuras a negras con bandas de pedernal y estratificación ondulada, provenientes del depósito de lodos calcáreos posiblemente a --

profundidades mayores que la franja nerítica (Fr. Cuesta del cura en San Pedro del Gallo).

En los albores del Cretácico Superior, los movimientos Larámides se manifiestan levantando el área y el cruce de la Sierra Madre Occidental comienza a emerger rápidamente. Se depositan en el área importantes espesores de silíceos. Es el tiempo de depósitos de las Formaciones Indidura y Caracul, las que constituye sedimentos tipo "Hijón" debido a las primeras pulsaciones que anuncian el tectonismo y vulcanismo en el occidente. Este "Hijón" se alarga en el tiempo y espacio, del occidente al norte y del norte al sur.

Durante el Cretácico Superior se desarrolla un orogénico curso de la zona. Después de una orogénica que se prolonga hacia el oriente hasta el tiempo de la orogénica Larámide, cuando el eje de emergencia se inclina grandemente. Para la terminación de la orogénica el eje orogénico había recorrido una distancia de 1,000 km a partir de la paleotrazadura hacia el interior del continente.

A fines del Cretácico, comienzan a ser pluviales los sedimentos y la que era cuenca de plataforma marina se convierte en una zona continental y costera. Posteriormente, en el Terciario Temprano, en las zonas orogénicas se depositan los sedimentos de la Formación Amochila, la que se describe como facies molassa y que corresponde a las últimas manifestaciones de la orogénica Larámide al Norte de México.

Un evento de actividad ígnea tuvo lugar durante la época -

de la orogénia Larámide, como son los intrusivos de el Cerro - Blanco (hoja Inde, Detenal), Peñón Blanco, Tronco de Peras (Enciso de la Vega, S.) de composición granodiorítica y vulcanismo de tipo andesítico en el área de la Sierra Madre Occidental.

A fines del Eoceno y principios del Oligoceno, el área, que posiblemente fue peneplaneada, estuvo sujeta a intensa erosión. La erosión fue de tal intensidad, que aun las rocas del Jurásico y las rocas intrusivas quedaron expuestas a los agentes atmosféricos.

Sobre esta superficie denudada se verifica la actividad volcánica del Eoceno-Oligoceno. Los derrames lávicos intermedios - (andesíticos) cubren discordantemente a las rocas paleozoicas, mesozoicas y de principio del Cenozoico. Algunas tobas se depositaron probablemente en agua, junto con areniscas volcanoclásticas.

En el Oligoceno y Mioceno Temprano, se presenta la erupción de piroclásticos de composición ácida (riolitas e ignimbritas); Serie Volcánica Superior; estos derrames cubren grandes extensiones y alcanzan espesores de más de 1,000 mts.

En el Plioceno Temprano, se manifiesta una tectónica de fallamiento en bloques, lo que dio lugar a grandes cuencas locales y a grandes corredores (correspondían a los grabens), en uno de los cuales se depositó la Formación Santa Inés. Posiblemente en el Pleistoceno es cuando se presentan los grandes mamíferos; reportados por Martínez Douglas (1976), en el área de -- Magistral.

Es con este fallamiento en bloques cuando se presentan los primeros indicios de distensión y apertura del actual golfo de California, esta tectónica distensiva penetra en el Continente hasta cerca de la Cd. de Durango, y es a partir de fracturas - producidas donde salen derrames de composición alcalinas y que forman grandes mesetas. La actividad volcánica alcalina continúa hasta el presente, en el sur del Estado de Durango.

El Cuaternario ha iniciado una época de rejuvenecimiento de la zona, que de cuenca de depósito (Fm. Los Llanos; Enciso de la Vega, 1967), ha pasado a zona de erosión rompiendo las condi ciones del Bolsón (cuencas endorreicas), que parecen manif estar se sobre todo en el área centro oriental del Estado de Durango.

La estratigrafía Cuaternaria del Valle de Guadiana, Dgo. - fue establecida por Allbriton (1958) y consiste la unidad más antigua en gravas, remanentes del pedimento de las Sierras, sobreyacidas por un campo de basalto de olivino (Basalto antiguo) seguidamente se tiene el depósito de la Fm. Guadiana que corres ponde a depósitos de aluvión Pleistoceno que pueden diferenciar se de depósitos aluviales más jóvenes por su textura granosa - arenosa y su color café claro y por contener cantidades conspicuas de caliche; por sus fósiles se le atribuye una edad anterior a la Glaciación Wisconsin ( 30,000 m. a. +35). Esta acumula ción fue erosionada y fuertemente intemperizada. En seguida - - existió una nueva etapa volcánica basáltica (Basalto Joven) y - el depósito de aluvión cenegoso húmico de la Formación Pueblito, ambos de edad reciente; por último, se encuentran los depósitos superficiales.

En el Reciente tanto los basaltos alcalinos como los depósitos Cuaternarios están afectados por una neotectónica; en el área del estudio se refleja en la orientación de los Arroyos - que se encuentran en depósitos Cuaternarios, parece que esta neotectónica está relacionada con la falla de San Andrés.

## V. YACIMIENTOS MINERALES.

### V. 1. LAS PROVINCIAS METALOGENÉTICAS DE MÉXICO COMO UNA CONSECUENCIA DE LA MIGRACION DEL ARCO COPDILLEPANO.

En este subcapítulo se intentará explicar un modelo que documenta y muestra una relación sistemática entre las magmas y los depósitos minerales en el Norte de México, que ha sido propuesto por Damon, Shafiqullah y Clark (1980-1981), basado en la distribución de las edades determinadas isotópicamente de rocas ígneas.

En la actualidad, la mayoría de los geólogos parece aceptar un modelo de tectónica de placas en que se forman yacimientos de pórfidos-cupríferos, en fronteras convergentes como resultado de magmatismo relacionado con subducción (Sillitoe, 1962).

Sillitoe (op. cit.) también revisó evidencias en la literatura, de un zoneamiento de Oeste a Este para las provincias metalogénicas al Oeste de Norte y Sud América; relacionando este zoneamiento con la fusión parcial a diferentes profundidades a lo largo de las zonas de subducción.

Subsecuentemente, Sillitoe relacionó el origen de los yacimientos de pórfidos cupríferos con la génesis dentro de un ambiente subvolcánico, a profundidades de entre 2 a 8 km bajo estratovolcanes. La profundidad de erosión es, por supuesto, el factor fundamental que expuso diferentes niveles del ambiente -



subvolcánico. El vulcanismo subsecuente, así como el tectonismo y la sedimentación jugaron un papel dominante preservando - los yacimientos minerales bajo una cubierta protectora hasta - antes de su explotación.

Burnham (1959), notó que las provincias metalogenéticas de México y el Sureste de Estados Unidos forman franjas de vasta extensión, con una orientación NNW coincidente en tendencia - con los principales rasgos tectónicos. También notó que no están únicamente asociados con un tipo particular de intrusivos o de roca encadenante, ya que los mismos tipos de roca ocurren tanto dentro como afuera de las franjas. Concluyendo que: "los hechos eran compatibles con un origen situado a profundidad para las provincias metalogenéticas". El estado de Chihuahua y, claro está, todo el Noroeste de México, proporcionan un notable ejemplo del zomeamiento NNW (Clark y De la Fuente, 1978).

La figura 12 (Damen, 1981), muestra la última versión de las provincias metalogenéticas de México. En alusión a esa figura, puede observarse que existe una provincia ferrífera costera en el Sur de México (por ejemplo: Las Truchas, Michoacán. Por reemplazamiento en calizas del Cretácico Inferior por un intrusivo asociado al arco) y una provincia cupro-ferrífera costera en Baja California.

Comenzando del flanco Oeste de la Sierra Madre Occidental en Sonora-Sinaloa y procediendo en dirección ENE, perpendicular al rumbo de las provincias, ocurre el siguiente zomeamiento.

- Cu (W, Mo) en pórfidos y metamorfismo de contacto (por ejemplo: Cananea, La Caridad Cu, San Alberto W, la Sorpresa Mo, en el Estado de Sonora). Estos depósitos, en general, están -- asociados comúnmente con troncos y chimeneas de brecha que varían en composición de granodiorita a cuarzomonzonita, que ocurren predominantemente dentro del cinturón plutónico de Sinaloa, Sonora y Estados adyacentes, siendo emplazados del tipo -- dentro del arco andesítico de la Sierra Madre Oriental. Los depósitos porfíricos de Cu-Mo fueron formados a 180-575 km de la paleotrinchera, entre 10-40 m. a. durante un avance hacia el -- Este de magmatismo. Finalmente, el depósito Bisbee, localizada cerca de la línea Arizona-Sonora, cuya enigmática edad de casi 163 m. a., parece caer dentro del arco Jurásico, introduciendo posibilidades de exploración minera a lo largo de este arco -- más antiguo.

-Au, Ag, depósitos en vetas de fisura, ejemplos: Tayoltita, San Dimas y Topia en el Estado de Durango, donde un batolito -- que predominantemente es granodiorita corta sedimentos mesozoicos y andesitas de la Serie Volcánica Inferior, pero están cubiertos por las secuencias ignimbríticas. Wiser (1966), la -- describió como "la más importante provincia coalteral en el -- mundo. Además consideró, que los depósitos de esta estrati-- gráficamente arriba del basamento y abajo de la Serie Volcánica Inferior son relativamente ricos en oro (Au: Au, 1:350 o mayor contenido) con abundante cuarzo y pocos sulfuros de metal básico, las vetas son generalmente anchas; los depósitos más --

cercanos al basamento son relativamente ricos en plata con -- abundancia de sulfuros y metal básico, el cuarzo es escaso y las vetas son estrechas" Carrasco, 1980.

- Sn en depósitos y brechas riolíticas; el área principal de producción de Sn está localizada en una región de Durango y Zacatecas localizada entre 300-450 km de la paleotrinchera, - ejemplo América, Sapieris, Durango. La única edad disponible - hasta la fecha es de una unidad que está localizada en el margen noroeste de la caldera Chupaderos en Durango y en el Cerro de los Remedios, donde el estado acompañado de hematita está localizada en una unidad de 20 m. a. (Lomas, 1976).

- Hg Sn depósitos en vetas, por ejemplo: la región Mercurial de El Cuarente, Dur., donde los yacimientos de cinabrio - consisten en pepas blancas de miraval rico, asociado con sílice en forma de calciclina - con óxidos de hierro (Pérez S. y Gallagher, 1947).

- Pb, Zn, Ag, en chimeneas vetas y brechas, por ejemplo: - el Distrito minero de Indé, Dgo., el cual se tratará con detalle más adelante.

- Mn en depósitos de vetas, ejemplo: Talamantes, Chih., -- donde las vetas de fisura que contienen manganeso cortan una - ignimbrita fechada con  $42.5 \pm 0.9$  m. a. este depósito forma parte del cinturón de rumbo Norte-Noroeste a través de Chihuahua Central.

- Pb, Zn, Ag, en depósitos en mantos, ejemplo: Santa Eula-

-lia y Naica, Chihuahua. De acuerdo a Kirschner (1963), la mineralización de reemplazamiento en calizas cretácicas está estrechamente ligada a la intrusión de un placolito de diabasa ( $37.0 \pm 0.8$  m. a.) y finalizó después de la intrusión de una riolita porfídica ( $26.7 \pm 0.6$  m. a.).

- U en depósitos derivados de la alteración hidrotermal de ignimbritas, ejemplo: Sierra de Peña Blanca Chihuahua, Calas, (1977). Las edades de rocas volcánicas que contienen yacimientos uraníferos que ocurren en la Sierra Peña Blanca fueron estudiados por Alba y Chávez, 1974. Estos depósitos, que están controlados por fracturas, brechas y contactos (Rodríguez, 1976) están localizados en roca huésped de composición riolítica (algunas menos comunes traquíticas), todas localizadas a más de 750 km de la paleotrinchera. La principal roca huésped, la Formación Nopal, tienen una edad de 44 m. a., pero las unidades sobre y subyacentes comprenden el intervalo de edad de 54-37 m. a.

- Cu, Ba en depósitos estratiformes, ampliamente distribuidos en los Estados de Coahuila y Chihuahua.

- Fe en depósitos metamórficos de contacto y vulcanogénicos, ejemplo: del primer tipo es el yacimiento de la Perla, Chih. El cual cae en un cinturón rico en hierro en el Este de Chihuahua (a 812 km de la paleotrinchera), está localizado en un vitrófido riódacítico que ha sido fechado entre 31.8 y 31.5 m. a.. Amplio brechamiento y reemplazamiento es característico de la roca huésped en la Perla, Van Allen, (1978).

En el depósito vulcanogénico de Cerro de Mercado, el origen de la concentración de hierro y su emplazamiento ha sido asignado a procesos vulcanogénicos (Lyons, 1975; Swanson et al. 1978). Mientras que los detalles del modo de emplazamiento de este depósito y otros menores que lo rodean han sido descritos por Félix (1978), la edad del depósito de Cerro de Mercado ha sido sugerida entre 30.8 y 29.3 m. a.

-  $\text{CaF}_2$  depósitos de mantos y vetas y apariciones de Molibdeno a lo largo de una continuación de la franja de pórfidos molibdénicos del Suroeste de los Estados Unidos que incluyen los yacimientos minerales de Cave Creek, Noga Peak, Questa, Urad, Henderson y Climax (Clark, 1972).

Clark et al. 1979 han examinado con detenimiento y relacionado este zoneamiento con la migración del arco magmático.

Sillitoe, 1972, generalizó el zonamiento para la Cordillera de Norte y Sud América, en la siguiente secuencia de Oeste a Este:

Fe, Cu (Mo, Au), Pb-Zn-Ag, Sb-Mo. Esta secuencia es similar a la de México aunque no tan detallada. Sillitoe atribuye la génesis de estos depósitos a la liberación de metales de la corteza oceánica basáltica y los sedimentos pelágicos en el curso de una fusión parcial a profundidades cada vez mayores en zonas de subducción que se hunden hacia el Este.

La figura relaciona el zoneamiento de los yacimientos minerales con la progresión hacia el Este y la regresión hacia el

Sucesión de los depósitos minerales durante la migración del  
 (Modificada de Clark y otros, 1981)

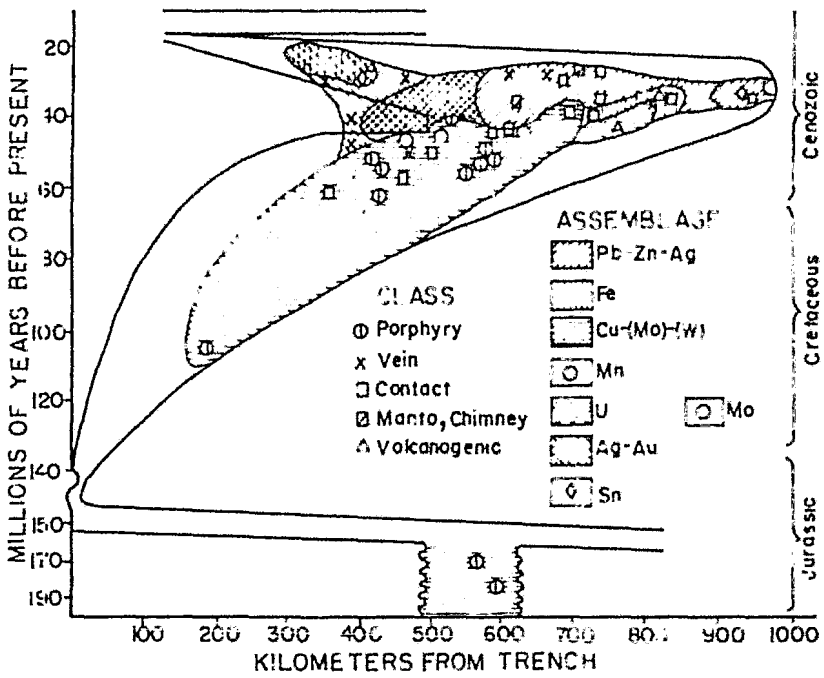


Figure N° 3

Oeste del arco magmático cordillerano.

El arco Jurásico temprano en México ocurrió a una distancia de entre 280-625 km de la posición postulada para la paleotrinchera Cretácico-Cenozoico.

Es posible que buena parte del terreno sobresaliente del arco se haya acrecentado al arco original más antiguo (Coney, 1981).

Sin embargo, en las mismas zonas aparecen tanto depósitos antiguos de pórfidos cupríferos del Jurásico temprano como depósitos cupríferos más recientes.

La mayoría de los depósitos cupríferos recientes aparecen en una amplia zona situada entre 180 y 700 km de la paleotrinchera y se formaron durante la regresión hacia el Este del arco magmático hace entre 80 y 40 m. a., es decir durante la tectónica de placas Laramide definida por Coney. La única excepción es el arco en Baja California que ha sido fechado hace 105 m. a. En la vertiente occidental de la Sierra Madre Occidental la provincia de pórfidos cupríferos tiene depósitos de fierro sobre impresos e intrusiones de depósitos de vetas de fisura de Ag y Au que se formaron durante la regresión del arco. A lado Este está cubierta por la riolitas estaníferas y tiene intrusiones de depósitos de vetas de fisura de Pb-Zn-Ag ocasionadas por el arco en regresión. Al avanzar más hacia el Este el arco produjo depósitos vulcanogénicos y de contacto de U y Fe y finalmente se formaron las provincias de fluorita y pórfidos molibdénicos en los extremos más lejanos del arco con

-dillerano, a distancias de entre 900 y 1100 km de la paleotrinchera. Como ya se ha señalado, el levantamiento continental se inició en el Cretácico Tardío y continúa hasta el presente. El levantamiento progresó hacia el Este, siguiendo el arco magmático y formó una superficie de erosión inclinada hacia el Este.

El levantamiento y la erosión desnudaron buena parte de -- las antiguas rocas volcánicas, dejando al descubierto depósitos minerales que sólo se preservaron porque los tapó la gran cantidad de derrames piroclásticos que erupcionaron a fines del Oligoceno -- y comienzos del Mioceno. Esta misma relación aparece en el suroeste de los Estados Unidos (Livingston y otros, 1978). La escasez de depósitos de pórfidos cupríferos antiguos (más de 35 m. a.), posiblemente corresponde más a las exigencias de la erosión que a la producción de menos depósitos minerales.

La composición del magma que es una función de la distancia de la paleotrinchera (fig. 8 ) puede correlacionarse con -- el zoneamiento de los depósitos minerales. Por ejemplo, las zonas de depósito de U, Mo y  $\text{CaF}_2$  están asociadas con magma alcalinos ( $\text{K}_2\text{O}$  mayor que 2.5% a 57.5% de  $\text{SiO}_2$ , véase figura 8 ); los depósitos de pórfidos cupríferos-molibdénicos están asociados con rocas ígneas calcoalcalinas y alcalino cálcicas; los depósitos de vetas de fisura de Au y Ag están asociados con rocas volcánicas calcoalcalinas (con  $\text{K}_2\text{O}$  menor que 2.3% a 56.5% de  $\text{SiO}_2$ , (véase figura 8 ). No es sorprendente que en el extremo



Este del arco magmático cordillerano (fig. 8) exista una zona de depósitos minerales de fluorita considerando que las rocas ígneas alcalinas tienen mayor cantidad de fluor (media  $\approx 1000$  ppm) que otra clase de rocas ígneas (Allmann and Koritnik, -- 1972). México es el principal productor de fluorita y en 1976 aportó alrededor del 24% de la producción mundial (ibid.).

Como lo ha señalado Burnham (1959), la variación sistemática de la composición química de las rocas ígneas y el zoneamiento de los depósitos de los yacimientos minerales, con la distancia a partir de la margen convergente, no puede tener un origen superficial. El zoneamiento es similar en toda la Cordillera Americana y en una extensión tal, que no puede tener una relación directa con la roca encajonante. En los depósitos de fluorita de la provincia de  $\text{CaF}_2$  de México y suroeste de los Estados Unidos intrusionan rocas de diversas edades y carácter.

Por otra parte, hay una cantidad de depósito de pórfidos cupríferos y molibdénicos intrusionando rocas precámbricas con tendencia NE de edad y composición similares y, sin embargo, las franjas están igualmente separadas por varios cientos de kilómetros. La falta de correlación con la roca encajonante, parece demasiado evidente para insistir en detalles. Los factores que controlan la sucesión de la composición de las rocas calcoalcalinas, alcalinocálcicas, a alcalinas parecen controlar también, directa o indirectamente, la sucesión de las zonas de minerales. Quizá el factor determinante sea la profundidad al lugar de fusión sobre la litósfera subyacente como lo sugie-

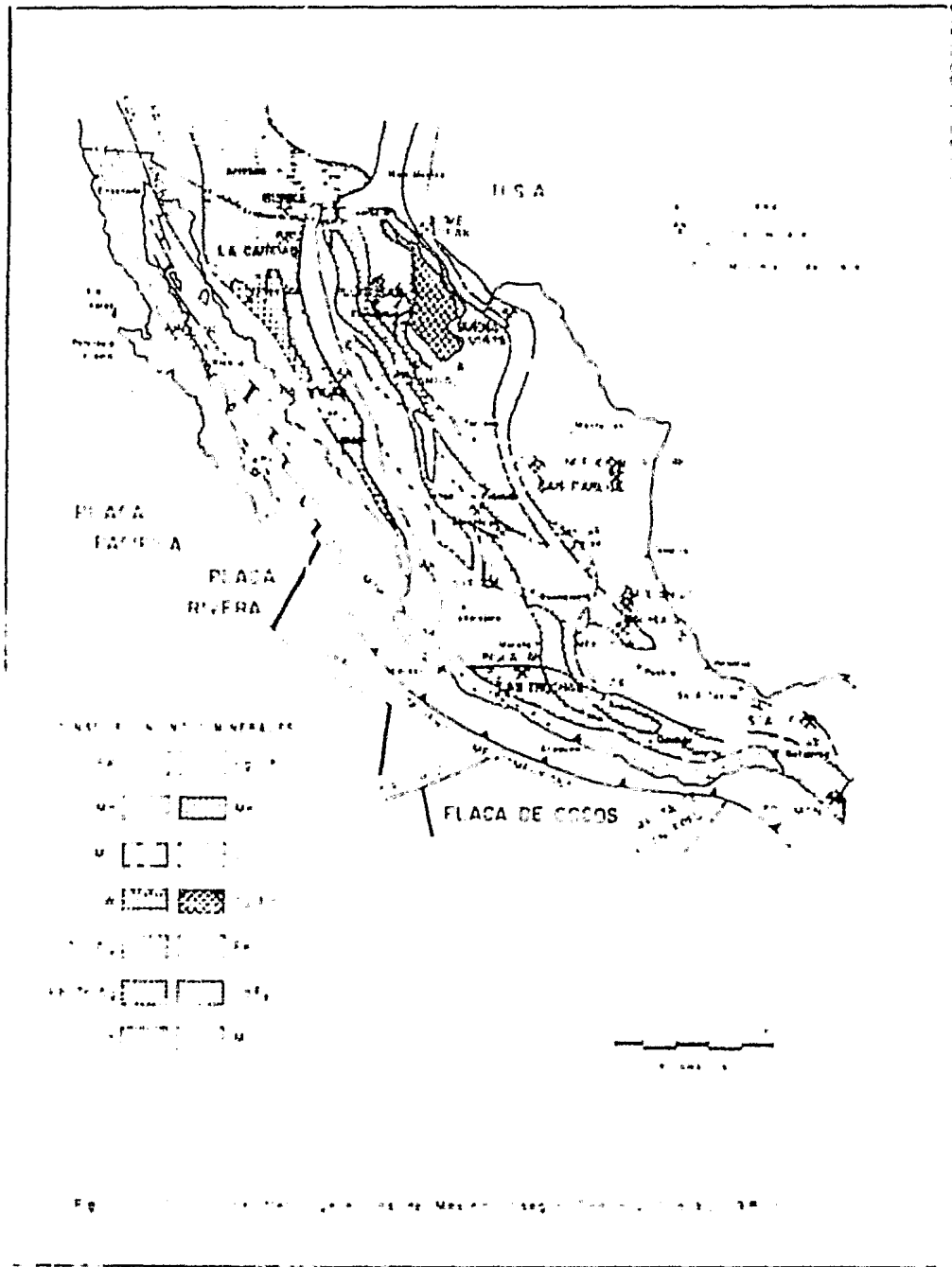


Fig. 1. Geological map of the La Cumbre area, Mexico. (Scale: 1:100,000)

ren diversos autores (Sillitoe, 1972; Keeth, 1978; Clark, 1981) puesto que Dickinson y Hatherton (1976) demostraron la relación de la proporción de  $K_2O$  y  $SiO_2$  contra la profundidad en la zona de Benioff. Cualquiera que sea la causa, la distancia de la margen convergente parece ser un factor dominante en la ubicación de los depósitos minerales de México, produciendo franjas más o menos paralelas a la margen convergente. En relación con esto, es interesante observar que las vetas de fisura de Au y Ag fueron emplazadas, durante la progresión como la regresión, aproximadamente la misma distancia de la paleo--trinchera (véase fig. 8).

V.2. DESCRIPCION DE MODELOS DE YACIMIENTOS EN SANTA MARIA DE  
EL ORO, DGO.

INTRODUCCION.

Para el estudio de los yacimientos minerales en el área de trabajo, se procedió en dividir en tres modelos los yacimientos, de acuerdo a las características que se presentan en cada tipo de depósito en su ambiente geológico definido. Estos tres modelos corresponden a las tres zonas geológicas descritas por L. Villar en 1911.

Los distintos modelos se describieron de occidente a oriente. El primer modelo de yacimiento se encuentra asociado al granito; el segundo modelo es asociado a las rocas metamórficas y se localiza en la zona central, y a la vez dislocado en sus filones por la zona occidental; el tercer modelo corresponde a yacimientos emplazados en rocas volcánicas y sedimentarias.

Los minerales son auríferos y cupríferos con escasa ley de plata en las zonas occidental y oriental, y argentíferos y cupríferos con poca o ninguna ley de oro en la zona central.

LA SUCESION MINERALOGICA PROPUESTA PARA LOS TRES MODELOS  
EN CONJUNTO ES LA DEL SIGUIENTE DIAGRAMA:

MENA

BARITA —————

PIRITA —————

CALCOPIRITA —————

GALENA ARGENTIFERA —————

CALCOCITA —————

COVELITA —————

HEMATITA —————

LIMONITA —————

GANGA

CUARZO —————

CALCITA —————

"RELACION DE MINERALES OBSERVADOS AL MICROSCOPIO  
MINERAGRAFICO".

Con respecto a la sucesión propuesta en el diagrama de barras, los minerales de mena se presentan de la siguiente manera:

**Pirita:** Su color es blanco con fuertes tintes amarillos verdosos característicos, normalmente presenta secciones que tienden a formas cuadradas o a veces poligonales. Su pulimento es difícil y variable con frecuente aspecto cacarizo.

En cuanto a Nícoles Cruzados se puede decir que es de Isotrópico a sub-Isotrópico por el hecho de que como su pulido es malo, presenta ciertas anomalías que a veces lo hacen ver anisotrópico.

**Calcopirita:** Su color es de un amarillo brillante con ciertos tintes verdosos, presentando un pleocroísmo apenas visible. En estas superficies se presenta a veces en forma compacta o de tipo xenomórfico. Su pulimento: muy bueno y muy fácil.

Por lo que se refiere a Nícoles Cruzados, su anisotropía es débil con tonos que van al color gris pardo y en ciertas secciones se ve que es amarillo verdoso.

En ciertas secciones pulidas se ve que este mineral es reemplazado por Calcocita el cual es un mineral de enriquecimiento.

Galena Argentífera: Se presenta con un color blanco a veces con ciertos tintes rosados y en cierta forma los hay con tintes color verde olivo, el cual es común en las galenas argentíferas. Presenta así mismo arreglos triangulares o en escaleras características en este mineral.

Normalmente en Nícoles Cruzados es isotrópica pero en este caso presenta una débil anisotropía por la presencia de plata como oligoelemento.

Principalmente se presenta en cristales que van de la forma subedral y anedral y es común asociarse con la pirita y la calcopirita en estas superficies.

En seguida de esta mineralización posiblemente haya una zona de enriquecimiento porque se encuentran minerales del tipo de la calcoocita y covelita los cuales se presentan en pequeños cristales subedrales reemplazando a un mineral -- primario (calcopirita).

Hay que hacer mención aparte que también se encuentra - dentro de los minerales ya citados, otro que es de suma importancia y que es primero en la sucesión ya que sobre este mineral empieza a haber vetillas del siguiente mineral que es la pirita. El mineral al que se hace referencia es la barita, la cual es un poco difícil identificarla al microscopio, así que se tuvo que hacer una lámina delgada para verle todas las características petrográficas tanto con el polarizador solo como con los nícoles cruzados.

## V.2.1. MODELOS DE YACIMIENTO ASOCIADOS AL GRANITO.

### V.2.1.1. Paragénesis y Alteración.

Los minerales primarios son: Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), Piritita ( $\text{FeS}_2$ ), Marcasita ( $\text{FeS}_2$ ) y Cinabrio ( $\text{HgS}$ ).

Los de origen secundario: Óxidos de fierro, provenientes de la descomposición de los sulfuros de fierro; alcanzan una profundidad de 70 m., éstos son: Calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), Piro-lusita ( $\text{MnO}_2$ ), Cobre Nativo, Cuprita ( $\text{Cu}_2$ ) y más escasa la Malaquita ( $\text{CuCO}_3 + \text{CuH}_2\text{O}_2$ ) y la Azurita ( $2\text{CuCO}_3 + \text{CuH}_2\text{O}_2$ ).

El Oro libre se encuentra en cristales muy finos en la zona de óxidos e íntimamente asociado a las Piritas en las zonas de Sulfuros.

La ganga es el cuarzo compacto y poroso más o menos teñido de óxido de fierro en las vetas auríferas y cupríferas.

Las rocas de las paredes fueron reemplazadas por un intercrecimiento cristalino de cuarzo y sericita; también se encontró caolín como una importante alteración hidrotermal de los feldespatos del granito.



### V.2.1.2. IMPORTANCIA ECONOMICA.

Según cálculos hechos por el año de 1912 en la mina Gran Lucero se contaba con unas 66,400 ton. de mineral y en la Blanca (veta de la Gran Lucero) con 15,000 ton. con valor de 6.55 Dls./ton. y 5.22 Dls./ton. respectivamente (12.95 gr. de plata y 9.08 gr. de oro por tonelada, para Gran Lucero y 16 gr. de plata y 9 gr. de oro por tonelada para la Blanca).

Por esa misma época se construyó una planta de beneficio -- compuesta de 15 moliendas, 2 lavadoras, 2 muellos, 2 repletorias para -- destilación, etc., que por culpa de los disturbios sólo unos cuantos -- meses quedando paralizadas por los disturbios revolucionarios que vinieron después.

Actualmente sólo podría reanudar esta instalación.

En la veta Calzón Colorado (que se encuentra al W de la -- Gran Lucero), si se toma en cuenta la profundidad a que aparecen los sulfuros en Gran Lucero (60 m), es de presumir que en Calzón Colorado hay una cantidad regular de óxidos costeables que podrían extraerse con nuevas catas o cruceros forrales dados en las partes bajas del cerro para que, al mismo tiempo, -- sirvieran para explorar los hundidos actuales.

Las muestras tomadas en la mina Santa Anita (por Juárez y Arreola, 1933), dieron únicamente indicios de oro, por lo que se cree que toda la parte aprovechable fue extraída, habiéndose abandonado la propiedad por agotamiento del clavo encontrado.

En la mina La Recompensa, de una manera muy extensa, a juzgar por los grandes comidos que existen, sólo se ha trabajado la zona de los óxidos; pues aunque se ha llegado a los sulfuros, en éstos no se empezó ninguna explotación. Por diversos ensayos que se han hecho, la ley de los minerales es de por lo menos de 12 gr. de oro por tonelada.

### V.2.1.3. ESTRUCTURAS Y ROCA ENCAJONANTE.

Los cuerpos mineralizados del Distrito auro-cuprífero de Santa María del Oro, ocurren a lo largo de una serie de vetas de fisura, orientadas predominantemente al noroeste, las cuales cortan un tranco granítico de grano fino. Las vetas mayores - del distrito han sido desarrolladas sobre una línea recta por cerca de 3 km. y a una profundidad alrededor de 250 m.

Casi todas las vetas que se encuentran emplazadas en el granito se presentan paralelas, algunas distantes unos 50 m. de otra, con un rumbo aproximado de NW 40 a 70° y con un echado al NE de 30 a 45°. Siguiendo su dirección NW llegan hasta la mina Huachi.

Estas vetas están bien definidas y se pueden seguir a -- gran distancia, donde no están cubiertas por aluvión o tierra vegetal.

La mina Gran Lucero se encuentra emplazado su yacimiento en el contacto de la Diorita con las pizarras de la Fm Gran Tesoro, su veta presenta un espesor de 1 m y se observa un rumbo NW 2°, siguiendo el contacto, y un echado de 78° al NE.

La mina Santa Anita sigue una dirección paralela a la veta Santa Ana (N60°W). Con un hilo rico, y con un espesor que varía de 0.30 a 0.60 m. Esta mina sigue un contacto de la diorita con las pizarras metamórficas (Fm Gran Tesoro).

Davis (1957) reporta que las vetas que se encuentran em--plazadas en el granito no cortan el conglomerado Ahuichila ni la serie Volcánica Terciaria.

## V.2.1.4. HIPOTESIS GENETICA.

La compresión noreste-suroeste y una compresión ligeramente posterior, Norte-Sur, produjeron cinco conjunto de - - fracturas, las cuales sirvieron de canales, primero para la intrusión de pórfidos félsicos y diques dacíticos, y poste--riormente para el ascenso de las soluciones mineralizantes.

Se reconocen dos etapas distintas de mineralización hipogénica, en base al estudio del patrón de vetas y a examen microscópico (Davis, 1954) de la roca alterada de la pared - y de los minerales de las vetas. Durante la etapa inicial, - las fisuras fueron rellenas por abundante cuarzo y pirita, con menores cantidades de serícita y arsenopirita; las rocas de las paredes fueron transformadas a un intercrecimiento --criptocristalino de cuarzo y serícita. Subsiguiente a una --reapertura de las fisuras de las vetas y la formación de algunas nuevas fracturas, se depositaron primero, tanto en las vetas, como en la roca de la pared, marcasita, pirita, calcosita y calcopirita; después fueron precipitados como minerales de veta, sulfuros y sulfosales de cobre, plomo y zinc, y - - abundante carbonato. Uno de los últimos minerales depositado fue el oro nativo.

#### V.2.2.1. MODELOS ASOCIADOS A ROCAS METAMORFICAS.

##### V.2.2.1. Paragénesis y Alteración.

A diferencia del modelo de yacimiento asociado a rocas graníticas, en donde se convirtieron los sulfuros en óxidos, carbonatos y sulfatos, formando la zona oxidada de las vetas, que varía en 60 y 150 m la profundidad; en el modelo de yacimiento emplazado en rocas metamórficas, en que desde la superficie aparecen los sulfuros de depósitos primarios; ya sea que no se formó la zona de oxidación o ésta ya fue erosionada.

Los minerales más comunes son: Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), -- Pirita ( $\text{FeS}_2$ ), la Estibinita ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) y la Galena ( $\text{PbS}$ ), éstos como minerales primarios.

Los minerales secundarios son: Calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), Marcasita ( $\text{FeS}_2$ ) la Pirargirita ( $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ ).

En estas vetas hay poco oro o nada, plata hay mucha.

La ganga en las vetas argentíferas y cupríferas, la -- constituyen la calcita y barita.

La alteración de la roca encajonante es principalmente silicificación.

#### V.2.2.2. IMPORTANCIA ECONOMICA.

En el cateo Las Animas se encontró un túnel de 15 a 20 m que sigue el contacto de la roca metamórfica (Formación - Gran Tesoro), con un dique de cuarzo lechoso, en el que se ven bastantes cristales de pirita; no se aprecia el oro a simple vista. No se pudo tomar rumbo a este cuerpo cuarzo. En la falda de los cerros vecinos, esporádicamente existen trozos rodados de este mismo cuerpo cuarzo, que da la impresión de crestones, pero que en realidad no son sino restos de una intrusión que ha sido erosionada por completo, quedando solo unos cuantos pedazos diseminados sobre la Formación inferior.

Este cuerpo tiene bastante importancia pues aunque se trata solo de masas de cuarzo esporádico sin ninguna continuación, pueden provenir de crestones mineralizados que se encuentre más arriba.

La mina La Tiburcera o Nuevo Rey, está situada en la zona argentífera sobre la margen del arroyo de Pescaditos, entre los Cerros de El Aguila y el faldeo NE de el Cerro -- del Rey. Como obras, tiene un tiro inmediato al arroyo, que está inundado. Hay un terrero aparentemente sin valor, a pesar de que alguna que otra roca está mineralizada (pirita - principalmente). Una muestra tomada por Juárez y Arreola -- (1933) dio 706 gr de plata por tonelada; no se presenta la

zona de oxidación.

En la mina el Rey se dice que con un tiro fue cortado un hilo de unos 15 cms. con leyes buenas de plata. Los minerales extraídos durante el desarrollo de esta mina eran llevados a la fundición de Magistral, para su beneficio. Como instalaciones únicamente quedan en la superficie restos de un malacate y, además algunas construcciones.

En los terrenos de la mina El Rey quedan todavía algunos lotes de mineral de los que se tomó la muestra 35 por Juárez y Arreola (1933) que dio un ensaye de 1.862 kg. de plata por tonelada.

### V.2.2.3. ESTRUCTURAS Y ROCAS ENCAJONANTES.

En la mina La Tiburcera o Nuevo Rey, se encontró para la veta un rumbo de  $N18^{\circ}W$  que corresponde a la foliación de las rocas metamórficas de la Fm Gran Tesoro que se encuentra como la roca encajonante.

Esta veta tiene un echado hacia el NE y un espesor de 1.5 m.

La mina el Rey se presenta en una de las principales -- fracturas como relleno argentífero, sobre el cerro del mismo nombre. La veta tiene un rumbo de  $N17^{\circ}W$  y un echado de  $17^{\circ}$  -- al Sur. Las rocas encajonantes son pizarras negras de la Fm Gran Tesoro.

La Formación Gran Tesoro sufrió un metamorfismo moderado que dio lugar a una foliación perfecta y a una segregación de cuarzo abundante en algunos de sus miembros. El rumbo de la foliación varía entre  $N17^{\circ}W$  y  $N17^{\circ}E$ . Es esta foliación la que da el rumbo de los yacimientos argentíferos-cu--príferos. Se señala que los esfuerzos que desarrollaron estas estructuras actuaron durante el Paleozoico en la dirección -- Sureste-Noroeste.



#### V.2.2.4. HIPOTESIS GENETICA.

Los modelos de depósitos minerales que se encuentran en esta zona central se pueden dividir en dos: filones de fisura y vetas de reemplazamiento, estando los dos íntimamente - relacionados.

Desde el punto de vista económico, los filones de fisura son los depósitos más importantes; tanto por sus tonelajes como por sus leyes.

Este modelo se puede considerar, más que como una zona distintiva, más bien intermedia, ya que tiene las características de yacimiento mesotermal y epitermal, de acuerdo a su paragénesis presente y también al gradiente geoquímico de FERSMAN en que los minerales observados tienen rangos de temperatura que va de 400° a 200° (galena), así como la argentita y la plata nativa tiene un rango de 210° a 90°, la estibinita se presenta por los 150°C.

### V.2.3. MODELOS ASOCIADOS A ROCAS VOLCANICAS Y SEDIMENTARIAS

Las minas que se describirán en conjunto, a continuación reciben el nombre de La Esmeralda, San Ignacio, El Dorado y La Mexicana. Se encuentran localizadas en la zona norte oriental. Todos estos yacimientos se presentan en zonas de - fracturas y chimeneas, y se localizan en el contacto con la roca sedimentaria y volcánica.

En estas minas la zona de óxidos ya fue completamente explotada y queda únicamente la zona de sulfuros.

#### V.2.3.1. PARAGENESIS Y ALTERACION.

En todos estos depósitos se presentan mineralogías similares, siendo los minerales de mena: Galena (PbS), Esfalerita (ZnS), Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), Bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), Electrum, Oro nativo, sulfoantimoniuros de Ag y Teluros de Plata y Oro.

La ganda está constituida por cuarzo amatista y lechoso, calcedonia, pirita, barita, fluorita y calcita principalmente.

La alteración que sirve como guía para la exploración de estos yacimientos son: silificación, cloritización y argilización principalmente.

#### V.2.3.2. IMPORTANCIA ECONOMICA.

Como se dijo antes, los óxidos ya fueron completamente explotados y quedan solamente los sulfuros. Las minas tienen pocos metros de profundidad.

Las condiciones de abandono de estas minas, no permiten el fácil acceso a sus niveles, donde se encuentran las mayores concentraciones de los sulfuros.

#### V.2.3.3. ESTRUCTURAS Y ROCA ENCAJONANTE.

Los cuerpos mineralizados presentan formas de chimeneas que se sitúan en las interacciones de vetas con horizontes re cristalizados de la caliza encajonante, y en zonas reemplazadas por contacto con el intrusivo.

Existen dos sistemas de vetas preferentes. El primero - E-W con echados variables entre 60 y 75° al Sur; y un segundo NW-SE y echados entre 70 al NE y 60 al SW.

El segundo sistema de vetas concuerda en su dirección - con respecto al Norte a las vetas que se encuentran emplazadas en el granito del área de Magistral.

El espesor de las vetas, en su mayoría es angosto.

#### V.2.3.4. HIPOTESIS GENETICA.

Este modelo de yacimiento está relacionado genéticamente a rocas subvolcánicas y volcánicas, principalmente calcoalcalinas post-orogénicas de Períodos terciarios. Que dan un tipo filoniano dentro de derrames, troncos y cuellos (andesitas, dacitas, latitas, riolitas), en Formaciones sedimentarias encajonantes.

Los productos más comunes de estos emplazamientos son - cuarzo auríferos y sulfosales de plata (Routhier, 1963).

## CONCLUSIONES

10.- Por primera vez se encontraron fósiles de edad -- Pensilvánico, en las rocas más antiguas del Estado de Durango.

20.- Las migmatitas y tectonitas de la Formación Gran Tesoro demuestran por lo menos dos eventos metamórficos; el primero basado en la edad radiométrica de Damon (a partir de un esquistó de moscovita), y que puede corresponder a un suceso tectónico de la fase orogénica Apalacha-Ouachita; y el segundo evento pudiera estar asociado a la migración de un arco magmático Jurásico.

30.- Se establece correlación en base a los fósiles hallados (amonitas), para las rocas del Cretácico Inferior con unidades del oriente de México formalmente definidas de la -- misma edad.

40.- Los depósitos tipo flysch se establecieron a partir del Cretácico Inferior, con una migración en tiempo y espacio; anunciando un evento orogénico, como lo indica la ausencia de rocas del Cretácico Superior en la parte centro y occidente del Estado de Durango.

50.- El "basamento" aflorante en el área, confirma un - alto estructural (horst) en Santa María del Oro.

60.- Se proponen tres etapas de mineralización, que corresponden a las tres zonas geológicas descritas por Villar - en 1911.

La primera etapa parece estar asociada a un arco magmático Jurásico. La segunda asociada al avance del arco magmático durante el Terciario Medio. La tercera asociada al regreso del arco del interior del continente hacia la paleo--trinchera.

7o.- Esta área puede ser un punto de partida para una reconstrucción del Paleozoico del oriente de México; merece más estudios de geocronología utilizando el criterio de Garrison, Ramírez-Pamírez y Long (1980).

8o.- Como último se debe insistir en la importancia económica de los yacimientos minerales abandonados y los que se encuentran aún sin explotar, sobre todo el oro en la zona de óxidos y la plata en la zona de los sulfuros, los cuales alcanzan un alto valor en la actualidad.

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

- Aguirre, S. F., 1980, Estudio geológico del área "Reservas Mineras Nacionales Indé I", Durango, Tesis: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S. L. P. p. 68.
- Alba, F. J. A., 1965, Estudio geológico preliminar del -- Distrito Minero de Indé, Estado de Durango, Tesis: F.S.I.A., I.P.N., - México, D. F., p. 72.
- Alba, L.A. and Chavez, B., 1974, K-Ar ages of volcanic rock from the central Sierra Peña Blanca, -- Chihuahua, México: Isochron/West; - No. 10, p. 21-23.
- Milbritten, C.L., 1968, Quaternary stratigraphy of the Guadiana Valley, Durango, México: Geol. Soc. America Bull., V. 69, p. 1197-1216.
- Allman, R. and Forstner, S. 1972, Fluorine, in Wedekohl, H.K., Ed., Handbook of Geochemistry; New York, Springer-Verlag, p. 981.
- Anderson, T.H., y Silver, L.T., 1974, Late Cretaceous plutonism in Sonora, Mexico and its relation ship to circum-pacific magmatism: Geol. - Soc. America Abs. W. Programs V. 6, No. 5, p. 484.
- Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 1979, Consejo de Recursos Minerales, p. 418.
- Bard, J. P., 1980, Microtexture des roches magmatiques et metamorphiques. Ed. Masson, Paris.

- Buelna, R. F., 1897, Itinerarios geológicos: Estados de - Durango, Chihuahua, Sonora, Sinaloa; Inst. Geol. México, Bol. 4-6, p.19-29.
- Burnham, C. W., 1959, Metallogenic provinces of the Southwestern United State Bureau of Mines and Mineral Resources, Socorro, New México, p. 76.
- Calas, G., 1977, Les phenomenes d'alteration hidrothermale et leur relation avec mineralisation uraniferes en milieu volcanique: Le cas des ignimbrites tertiaires de la Sierra Peña Blanca, Chihuahua, Mexico: Sci. Geol. Bull., V. 30, p.3-18.
- Campa, M.F., and Coney, P.J., 1981, Tectonostratigraphic terranes - and related metallogeny of Mexico, - (abs): Geological Association of Canada. Annual meeting abstracts with programs, p. 4-8.
- Carrasco, C.M.L., 1980, Carta y Provincias metalogénicas del Estado de Durango: Inf. Cons. Rec. - Min., Pub. 22-E, 63 p.
- Clark, K.F. y otros, 1972, Stock Work molybdenum deposits in the Western Cordillera of North America - Geology, V. 67p. 731-758.
- Clark, K.F. y otros, 1977, Posición Estratigráfica y distribución en el tiempo y espacio de mineralización en la provincia de la Sierra Madre Occidental, en Durango, México: A.I.M.M.G.M., Mem. Tec. II, p.197-244.
- Clark, K.F. y de la Fuente L., 1978, Distribution of mineralization in time and space in Chihuahua, Mexi-



co: Mineral Deposits, v. 13, p. 27-49.

- Clark, K.F., Damon, P.E., Schutter, S.R. y Shaffiqullah, M., 1979  
Magnetismo en el Norte de México en relación a los yacimientos metalíferos: A.I.M.M.G.M. Tec. XIII, p. 8-57.
- Coney, P.J., 1976, Plate tectonics and the Laramide Orogeny; New Mexico Geol. Soc. Spec. Pub., No. 6, p. 5-10.
- Coney, P.J., and Reynolds, S.J., 1977, Cordilleran Benioff Zones: Nature, v. 270. p. 403-406.
- Coney, P.J., 1982, Apuntes del curso de Geotectónica - en la Div. de Estudios Superiores - de la Facultad de Ingeniería, C.U.
- Córdoba, D.A., 1963, Geología de la región entre Río Chiso y el Llano Grande, Municipio de Durango: Univ. Nac. Autón. Méx., - Inst. de Geol., Vol. 71, Pte. 1, p. 21.
- Córdoba, et al, 1971, Mesozoic Stratigraphy of the Northern Portion of the Chihuahua Trough, in Seewald k., and Sundeen, D., eds, - The Geologic Framework of the Chihuahua tectonic belt: West Tex. Geol. Soc. Pub. 71-79. p. 83-97.
- Damon, P.E., 1979, Continental Uplift at Convergent - Margins: Tectonophysics, v. 61, p.-307-319.
- Damon, P.J., y Clark, K.F., 1981, Ages trends of igneous activity in relation to metallogenesis in -

- the Southern Cordillera: Arizona -  
Geol. Soc. Digest. Vol. XIV, Tucson,  
Arizona, p. 137-154.
- Davis, R.I., 1955, Depósitos Aureo-Cuabíferos cercanos  
a Santa María del Oro, Dgo., México:  
Informe inédito, Cía Minera de Peño-  
les, S.A., México.
- Dercourt, J., Paquet, J., Geología, Objetivos y Métodos, edi-  
torial reverté, S.A., 1978.
- Dickinson, W.R., 1975, Potash-dept (K-h) in Continental --  
Margin and Intra-Oceanic Magmatic -  
Arcs; Geology, v. 3, p. 53 - 56.
- Dickinson, W.R., 1981, Relations of Tectonics to Ore Depo-  
sits in the Southern Cordillera: -  
Arizona Geol. Soc. Dig., v. 14, p.  
113-135.
- Dickinson, W.R., 1981, Plate Tectonic Evolution of the -  
Southern Cordillera. Univ. of Ari--  
zona Tucson, Arizona 85721, USA.
- Dumbar, C.O., 1975, Geología Histórica, Compañía edito-  
rial Continental, S.A., C.N.C.S.A.
- Enciso de la Vega, S., 1963, Hoja Nazas, 13 R-K (6) con resúmen  
de la Geología de la Hoja Nazas, Edo.  
de Durango. U.N.A.M., Inst. de Geo-  
logía, Carta Geológica de México, -  
Serie 1:100,000.
- Enciso de la Vega, S., 1968, Hoja Cuencamé, 13 R-1 (7) con resú-  
men de la Geología de la Hoja Cuen-  
camé, Edo. de Durango. U.N.A.M., -  
Inst. de Geología, Carta Geológica  
de México, Serie 1:100,000.

- García, E., 1973, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. U.N.A.M. Inst. de Geografía.
- Garrinson, J.R., et al 1980, Rb-Sr Isotopic Study of the Ages and Provenance of Precambrian Granulite - and Paleozoic Greenschist near Ciudad Victoria, Mex. University of Texas, - Austin.
- Félix-Sicaires, J.M., 1978, Estudio Geológico Económico de los depósitos ferríferos aledaños a la ciudad de Durango: Tesis E.S.I.A., I.P.N. México, D.F., p. 132.
- Humphrey, W.E., 1949, Geology of the Sierra de los Muertos area, México: Geol. Soc. America. - Bull., v. 60, p. 80-176.
- Humphrey, W.E. y Díaz, G.L., 1956, Tabla de Correlación de las Formaciones Mesozoicas del Norte y Noroeste de México: Cong. Geol. Internat., 26, México, Libreto Guía Excursión, - C-5.
- Inlay, R.W., 1936, Geology of the Western Part of the - Sierra de Parras: Geol. Soc. America, Bull., v. 47, p. 1091-1152.
- IMP, 1982, Proyecto C-1124, Subdirección Tecnología de Exploración.
- Juárez, V., y Arreola, V., 1933, Estudio de la zona minera de Indé y Santa María del Oro, Edo. de Durango: Rev. Industrial, v. 1.1, 55 p.
- Keizer, R.P., 1974, Volcanic Stratigraphy, Structural Geology, and K-Ar Geochronology of the - Durango, area Mexico: (M.A. Thesis): Austin, Univ. Texas at Austin, p. 91.

- Kirschner, R., 1973, Mina Potosí: Libreto Guía, Asoc. Ing. Min. Met. Geol. Mex., Conv. Nac. X. - p. 65-80.
- Livingstone et al, 1968, Geochronology of the Emplacement, Enrichment and Preservation of Arizona Porphyry Copper Deposits: Economic - Geology, v. 63, p. 30-36.
- Lobeck, A.K., 1939, Geomorphology. An Introduction to the Study of Landscapes. McGraw-Hill Book Company Inc., New York. 731 pp., p. - 630-631.
- López-R.E., 1979, Geología de México. Tomo III, Edición en la Secretaría de Educación, Publicación No. 91407, México D.F., 446 p.
- Lyons, J.I., 1965, Volcanogenic Iron ore of the Cerro de Mercado and its setting within the Chupaderos Caldera, Durango, México. (M. A. Thesis): Austin University, Texas - at Austin, p. 119.
- Main, F.H., 1955, Structure and Stratigraphy of the Indé-Cieneguillas District, Durango, México: Geol. Soc. Amer. Bull., v. 61, No. 12, pt. 2, p. 1947-1948.
- Martínez Douglas, R., 1978, Estudio Geológico Radiométrico del Area de Indé, Durango. Tesis: Univ. Autón. - San Luis Potosí, S.L.P., 54 p.
- Martínez Galván, J.R., 1981, Estudio Geológico-Geoquímico del área de Indé, Durango. Tesis: Univ. Autón. San Luis Potosí, S.L.P., 54 p.
- McDowell, F.W., Clabaugh, S.E., 1979, Edades K-Ar de rocas volcánicas en la Sierra Madre Occidental, al

noreste de Mazatlán: Soc. Geol. Mex., -  
Mem. II. Conv. Nal., p. 182-186.

- McDowell, F.W., y Keizer, R.P., 1977, Timing of mid Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental -- between Durango city and Mazatlán, México, Geol. Soc. America Bull., v. 88, p. 1479-1489.
- Pantoja-Alor, J., 1963, Hoja San Pedro del Gallo 13R-K(3), con resumen de la Geología de la Hoja San Pedro del Gallo, Estado de Durango: - Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Carta Geológica de México, Serie 1:100,000.
- Park-Ch.F., 1964, Ore Deposits. Ed. W.H. Freeman and - company, San Francisco and Londres.
- Pérez, S.P., y Gallagher, D., 1947, La geología de la región mercu-- rial de "El Cuarenta", Municipio de - San Bernardo, Edo. de Durango: Com.Dir. Inv. Rec. Miner., Bol. No. 13, 21 p.
- Petersen, M.S. et al, 1978, Historical geology of North America. Wm. C. Brown Company publishers Dubuque, Iowa.
- Pineda, R.A., Altamirano, R.F., Torrecillas, S.G., 1970, Evolución del Distrito minero de Guanaceví. Durango: Cons. Rec. Nat. No Renov., 40 p.
- Raisz, Erwin, 1959, Land forms of Mexico (1a. Ed.) Geography Branch, Office of Naval Research, Cambridge, Mass.
- Raguin, E., 1957. Géologie du Gránite. ed. Masson et Cie.
- Rodríguez-Torres, R., 1976, Rocas volcánicas ácidas y su potencia como objetivos para prospectos uranio

- in Exploration Uranium Ore Deposits:  
Int'l Atomic Energy Agency. n. 601-623.
- Royer et al, 1961, Reconocimiento Geológico y Depósitos de Fosfatos del norte de Zacatecas y áreas adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí: Conc. Rec. Nat. No Renovables, Bol. 56, 322 p.
- Routhier, P., 1963, Les Gisements métallifères. Geologie, Ed. Masson et Cie, Editeurs.
- Russell, R.W., 1924, Preliminary Report on the Indó Mining District: Revista Industrial, v. 1, - No. 1.
- Santillán, M., 1936, Carta Geológica-minera del Estado de Durango: Inst. Geol. México, Cartas - Geol. y Min. de la Repúb. Mexicana. N. 2., 147 p.
- Sillitoe, R.H., 1972, A Plate Tectonic model for the origin of porphyry copper deposits: Econ. Geology, v. 67, p. 185-197.
- Sillitoe, R.H., 1972, Relation of metal provinces in western America to subduction of oceanic lithosphere: Geol. Soc. Amer. Bull. v. 83, p. 813-818.
- Swanson, E.R., 1974, Petrology and volcanic stratigraphy of the Durango Area, Durango, México (M.A. thesis): Austin, Univ. Texas at Austin, p. 141.
- Torrecillas-N., 1967, Introducción al Estudio Geológico del Distrito Minero de Guanaceví, Estado de Durango. Tesis: E.S.I.A., I.P.N., México, D.F., 34 p.

- Van Allen, B.R., 1978, Hydrothermal Iron Ore and related alterations in volcanic rocks of La Perla, Chihuahua, Mexico (M.A.Thesis): Austin, Univ, Texas at Austin, 131 p.
- Vargas-Lázaro, M., 1981, Estudio Geológico Minero del Distrito Minero de Indé, Ego. Tesis: UNAM, Fac. de Ingeniería, México, D.F., 69 p.
- Villar Roldan, L., 1911, Estudio Geológico y minero de la Sierra de El Oro, Durango: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo VII. p. 125 - 133.
- Williams, H. et al, 1968, Petrografía, editorial C.E.C.S.A.
- Winkler, H.G.F., 1978, Petrogénesis de las rocas metamórficas. Ed. Blume.
- Wisser, E.H., 1966, The geothermal precious metal province of northwest Mexico: Nevada Bur. - Mines Rept. 13, pt. c.p. 63-92.

AFENDICES PETROGRAFICOS



CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFÍA Y METALOGENIA  
INFORME

Remitente: INVS. PUEN PAVON Y RAFAEL SEPUMEN

Fecha

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.	Fecha de entrada	Memorándum No.
Muestra marcada	Muestra 101 1-80-1992	
Procedencia	Sta. María del Oro, Bol.	
Estudio requerido	Petrográfico	
Descripción afloramiento	Grutas	

ASPECTO MICROSCÓPICO

Color	Azules verdosos oscuros
Estructura y textura	Clasificadas, laminares
Minerales	Caolín, feldspatos
Alteración	

ESTUDIO MICROSCÓPICO

Textura	Granulada, masiva
Mineralogía	Caolín, feldspatos, hematita, analcita, clorita, hematita, cristalita, microscopos, etc.

CLASIFICACION: Tectonita

ORIGEN: Metamorfismo diagenético

OBSERVACIONES: Es un metamorfismo a partir de rocas del tipo de un areniss  
cuatro-feldspático o sea que sufrió por medio de movimientos tectónicos otro  
metamorfismo

ING. GERMAN ARRIAGA CASITA

ING. HECTOR RODRIGUEZ M.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RUBEN PAVON Y RAFAEL BERMEN

Fecha ..... Reporte No. ....

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.                      Fecha de entrada                      Memorandum No.  
Muestra marcada              MUESTRA NO. 1              L-82-1993  
Procedencia              Sta. María del Oro, Dae.  
Estudio requerido                      Petrográfico  
Descripción afloramiento              Gneiss?

ASPECTO MEGASCOPICO

Color              Negro con manchas grisáceas  
Estructura y textura              Compacta, bandeada  
Minerales              Feldespatos  
Alteración

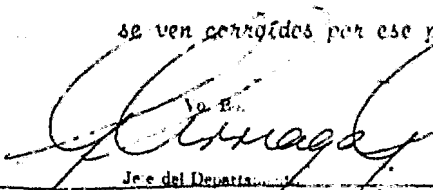
ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura                      Granular, gneissica  
Minerología              Cuarzo, feldespatos, muscovita, biotita, clorita, arcillas,  
   hematita, minerales arcillosos, sericita

CLASIFICACION              Tectónica

ORIGEN              Metamorfismo dinámico

OBSERVACIONES              Probable gneiss Qt-feldespático que tuvo otro metamorfismo  
   que es de tipo dinámico, el cual deformó a los cristales, los cuales  
   se ven corruidos por ese proceso de tipo tectónico.

  
Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

PAS. FLOTO A. RODRIGUEZ "

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RUBEN PAVON Y PAFARI PERUEN

Fecha .

Reporte No.

NOTAS DEL CAMPO

Muestra No. Fecha de entrada Memorándum No.  
Muestra mareada Muestra No. 3 1-80-1394  
Procedencia Sta. María del Oro, Pac.  
Estudio requerido Petrografía  
Descripción afloramiento Esquistos con micas

ASPECTO MEGASCOPICO

Color gris oscuro con tintes rosados  
Estructura y textura Compacta, hojosa  
Minerales Micas  
Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

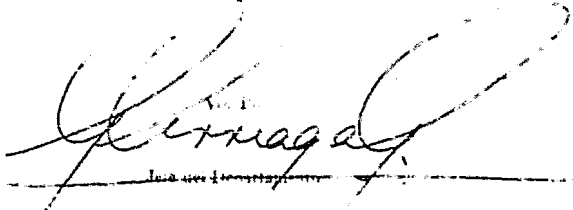
Textura Esquistosa  
Minerología Cuarzo, feldespatos, micas muscovita, biotita, clorita,  
sericita, minerales accesorios, hematita, anabita

CLASIFICACION Esquistos de biotita y muscovita

ORIGEN Metamorfismo regional

OBSERVACIONES

Esta muestra pertenece a la serie de tópicos  
esquistos verdes de la zona química marro-gelisyfina



ING. GERMAIN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ H.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RUBEN PAVON Y RAFAEL BOPUMEN

Fecha.....

Reporte No. ....

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. Fecha de entrada Memorandum No.

Muestra marcada Maestra No. 4 L-82-1995

Procedencia Sta. Marta del Oro, Pae.

Estudio requerido Petrográfico

Descripción alojamiento Esquisto con muscovita

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Gris oscuro con bandas blancas

Estructura y textura Compacta, laminada,

Minerales Micas, posibles ferromagnesianas

Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Esquistosa

Minerología Cuarzo, feldspatos, micas (biotita, muscovita) sericita,  
clorita, hematita, minerales arcillosos, limonita

CLASIFICACION Esquisto de biotita y muscovita

ORIGEN Metamorfismo regional

OBSERVACIONES La clase química es del tipo cuarzo-feldespática tomando  
como facies las del tipo esquistos verdes

Ing. B.S.

Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GAPCIA

PAS. HECTOR RODRIGUEZ MADRIGAL

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente IACS. RUBEN PAUCO Y RAFAEL BERUMEN

Fecha

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.	Fecha de entrada	Memorandum No.
Muestra marcada	Muestras No. 5	L-82-1976
Procedencia	Sta. Anita del Oro, Cuzco.	
Estudio requerido	Petrografía	
Descripción aforamiento	Esquisto con muscos	

ASPECTO MICROSCOPICO

Color Gris oscuro a negro por los carbonos

Estructura y textura Compacta, fina grano

Minerales Cuarzo, Anfibolitos

Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Heterotaxada, tipo de núcleo anfibolítico

Minerología Cuarzo, Anfibolitos, sericita, clorita, hematita, minerales accesorios, cemento, mica carbonífera

CLASIFICACION Sericita

ORIGEN Metamorfismo dinámico

OBSERVACIONES La zona que sufrió metamorfismo dinámico, posiblemente sea a partir de un tipo ignea intrusiva del tipo de la tonalita

ING. GERMAN APPIA A. VARGAS

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ M.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RUBEN PAVON Y RAFAEL RERUMEN

Fecha \_\_\_\_\_

Reporte No. \_\_\_\_\_

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. \_\_\_\_\_ Fecha de entrada \_\_\_\_\_ Memorandum No. \_\_\_\_\_  
Muestra marcada Muestra No. 6 L-82-1997  
Procedencia Sta. María del Oro, Edo.  
Estudio requerido Petrográfica  
Descripción afloramiento Esquisto de mica

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Pardo amarillento  
Estructura y textura Deleznable, esquistosa  
Minerales Micas  
Alteración \_\_\_\_\_

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Esquistosa  
Minerología Cuarzo, feldespatos, micas (biotita, muscovita), sericita,  
clorita, magnetita, minerales arcillosos, hematita

CLASIFICACION Esquisto de biotita u muscovita

ORIGEN Metamorfismo regional

OBSERVACIONES La clase química es principalmente de tipo cuarzo-  
feldespática y la facies es del tipo esquistos verdes

No. Bo. \_\_\_\_\_

Jefe del Departamento \_\_\_\_\_

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

Preso \_\_\_\_\_

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ M.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RAFAEL BERUMEN Y RUBEN FAUCON

Fecha

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.	Fecha de entrada	Memorándum No.
Muestra marcada	Muestra No. 8	L-82-1-98
Procedencia	Sta. María del Oro, Tam.	
Estudio requerido	Petrográfico	
Descripción afloramiento	Metasomatizado	

ASPECTO MICROSCOPICO

Color *Grises verdosos con manchas pardas*  
Estructura y textura *Compacta, lobulada*  
Minerales *Cuarzo, feldespatos*  
Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura *Idiomórfica, glandular*  
Minerología *Cuarzo, feldespatos, hematita, epidota, minerales arcillosos  
clorita, sericita*

CLASIFICACION *Tectonita (1)*

ORIGEN *Metamorfismo diátrico*

OBSERVACIONES *Formoseo principalmente a rocas que han sido traamen-  
tadas por la tectónica regional y por tanto han sido distorsionados y  
recristalizados algunos minerales.*

  
Ing. CERHAN ARRIAGA GARCÍA

  
PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ M.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
INFORME

Remitente ING. RAFAEL BERUMEN Y RUBEN PAVON

Fecha

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. Fecha de entrada Memorandum No.  
Muestra marcada Muestra No. 11 1-82-1999  
Procedencia Sta. Maria del Oro, Pae.  
Estudio requerido Petrográfico  
Descripción afloramiento Leche rojo metasse Continental

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Gris verdoso con tinte pardo  
Estructura y textura Constante, conglomérica  
Minerales  
Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Epiclástica pséptica-psammítica  
Minerología Cuarzo, feldespatos (plagioclasas de tipo albita-ortoclasa y poca microclina), fragmentos de roca, hematita, limonita, sericita, esfeldita, limonita, minerales arcillosos

CLASIFICACION Conglomerado petromictico

ORIGEN Sedimentario de tipo elástico

OBSERVACIONES

En esta roca se ve claramente que los fragmentos de roca son de varios tipos de roca tanto de las como intermedias de tipo tanto afanítica hasta laventítica u nos da una evidencia que su fuente de aporte es de tipo continental.

Yo, R.

Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ H.



CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RAFAEL BERUMEN Y RUBEN PAUVEN

Fecha ... Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. Fecha de entrada Memorandum No.

Muestra marcada Muestra No. 14 L-82-2000

Procedencia Sta. María del Oro, Gu.

Estudio requerido Petrográfico

Descripción afloramiento Cáliza, pedernal

ASPECTO MICROSCÓPICO

Color Gris claro con tintes blancos y pardos

Estructura y textura Compacta, cristalina

Minerales Calcita

Alteración

ESTUDIO MICROSCÓPICO

Textura Cristalina

Mineralogía Calcita en sus variedades espatita o micrita predominando la primera. Además tiene diferentes tipos de aloquímicos predominando los colitas aunque también hay intracristas, pallas. Hay también hematita, limonita u minerales oxidados, pedernal.

CLASIFICACION Cáliza colítica (espatita)

ORIGEN Sedimentario (marino).

OBSERVACIONES La muestra consta principalmente de calcita a veces recristalizada (espatita) y se puede decir que es de un ambiente de plataforma con cierta profundidad pues presenta un pequeño porcentaje de pedernal (producto del gel silíceo).

Ver Bo

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ "

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RAFAEL BERUMEN Y RUBEN PAUCO

Fecha .....

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. Fecha de entrada Memorandum No.

Muestra marcada Muestra No. 15 L-82-2013

Procedencia Petrográfico

Estudio requerido Formación la Casita

Descripción afloramiento

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Pardo con tintes y manchas grises

Estructura y textura Compacta, cristalina

Minerales Calcita

Alteración Oxidos

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Cristalina, psamítica

Minerología Calcita en su variedad espatita con algo de micrita, hematita (bastante), cuarzo, feldspatos, limonita y minerales arcillosos

CLASIFICACION Caliza espática de tipo ferruginosa (hematita ferruginosa)

ORIGEN Sedimentario, marino

OBSERVACIONES

Esta muestra es de tipo sedimentario marino pero es de aguas de tipo someras pues presentan bastantes óxidos de hierro (hematita) y se le puede dar el caracter de ambientes de oxidación.

Vc. Bz

Jefe del Departamento

Petro.

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR RODRIGUEZ M.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RAFAEL BERUEN Y RUBEN PAUCV

Fecha

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. Fecha de entrada Memorandum No. 82-  
Muestra marrana Muestra No. 16 L-82-0001  
Procedencia Sta. María del Oro, Son.  
Estudio requerido Petrográfico  
Descripción atómicamente Análisis química-La Casita

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Verde con tonos amarillos intermedios  
Estructura y textura Granítica, gneissica  
Minerales  
Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Epicristalica granitico-gneissica  
Mineralogía Fósiles secundarios por cuarzo y calciospatas, calciano,  
sericita, actinita, titanita, minerales arcillosos, anatita, hematita

CLASIFICACION Tipo 455 (Granítica Gneissica)

ORIGEN Sedimentario metamórfico

OBSERVACIONES La muestra de esta muestra por la gran presencia de  
fósiles los cuales están preservados por brida de siliceo

ING. GERARDO APPIANA GARCIA

DAS. FECTOR A. RODRIGUEZ M.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RUBEN PAUCO Y RAFAEL TERUEN

Fecha . . . . .

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.	Lugar de entrada	Memorándum No.
Muestra marcada	Muestra No. 17 L-82-2002	
Procedencia	Sta. María del Oro, Sp.	
Estudio requerido	Petrográfico	
Descripción afloramiento	Infiltr. la Casita	

ASPECTO MICROSCOPICO

Color Verde con tintes azules y pardos  
Estructura y textura Compacta, masiva  
Minerales  
Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

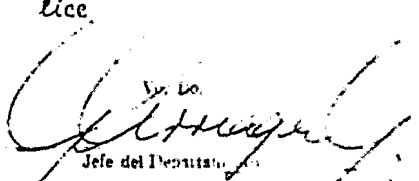
Textura Eoclástica psamítica-política  
Minerología Fósiles reemplazados por cuarzo u. arcillas, calcita, sericita, clorita, limonita, minerales arcillosos, hematita, epidota, pedernal

CLASIFICACION *Litolita Arcillosa (psamítica)*

ORIGEN *Sedimentario marino*

OBSERVACIONES

*Ejemplar de tipo sedimentario marino de aguas someras por la presencia de fósiles algunos epiaerizados por sílice.*

Yr. Do.  
  
Jefe del Departamento

ING. GERHAN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ H.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INES. RUBEN PAUCO Y RAFAEL BERUEN

Fecha Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. Fecha de entrada Memorandum No.

Muestra marcadas Muestra No. 18 1-82-2312

Procedencia Sta. Maria de Chu, Puc.

Estado mineral Petrográfico

Destino del mineral Orquídea (Mantecado)

ASPECTO MICROSCOPICO

Color Verde claro

Estructura y textura Compacta, cristalina

Minerales Cristales

Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Cristalina

Mineralogía Constituida por minerales de granate y crisotilo con impurezas de talco de las folias. Presenta granitos y con inclusiones de cuarzo y clorita cristalinidad.

CLASIFICACION Granito de folias (granite) con talco y crisotilo.

ORIGEN Sedimentario

OBSERVACIONES La muestra de talco muestra un tipo de cristales de talco que se encuentran en los sedimentos de granito.

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ MADRIGAL

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
INFORME

Remitente INGS. RAFAEL BERUEN Y RUBEN PAVON

Fecha ..... Reporte No. .

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. Fecha de entrada Memorandum No.

Muestra marcada Muestra No. 20-21 L-82-2004

Procedencia Sta. Maria del Oro, Dgo.

Estudio requerido Petrográfico

Descripción afloramiento Foca granítica

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Verde con manchas blancas

Estructura y textura Compacta, porfídica

Minerales Plagioclasas

Alteración Oxidos

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Microclítica porfídica-cataclástica

Minerología Esenciales: cuarzo, feldespatos alterados

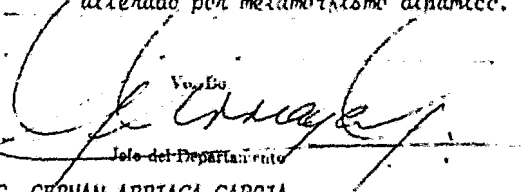
Accesorios: magnetita, ferromagnesianos alterados

Secundarios: hematita, sericita, minerales arcillosos

CLASIFICACION Porfido dacítico (?) micolitizado

ORIGEN Hipabisal con dinamometamorfismo

OBSERVACIONES Ejemplar estudiado en lámina delgada. Tal vez sea una posible muestra de apófisis o dique, el cual por procesos tectónicos fue alterado por metamorfismo dinámico.

  
V. Arriaga  
Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ H.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RAFAEL BERUMEN Y RUBEN PAVON

Fecha ..... Reporte No. ....

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.                      Fecha de entrada                      Memorandum No.  
Muestra marcada Muestra No. 23-26      L-82-2006  
Procedencia                      Sta. Marta del Oro, Que.  
Estudio requerido                      Petrográfico  
Descripción al ambiente                      Granito "maafistal"

ASPECTO MECASCOPICO

Color                      Rosado con partes blancas y verdosas  
Estructura y textura                      Compacta, laminar  
Minerales                      Cuarzo, feldespatos, mica  
Alteración

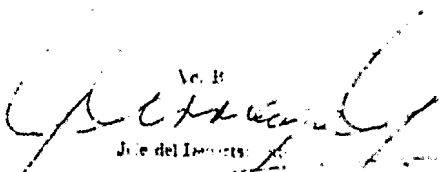
ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura                      Holocristalina albitocristalina de grano grueso  
Mineralogía                      Esenciales: cuarzo, feldita, plioclasa-andesina  
Accesorios: biotita, magnetita  
Secundarios: hematita, clorito, sericita, calcita, minerales arcillosos

CLASIFICACION                      Granito calcocalcico de biotita

ORIGEN                      Igneo intrusivo

OBSERVACIONES                      Esta muestra tal vez está relacionada con las intrusiones  
post-tectónicas del territorio.

Yo, B.  
  
Jefe del Instituto

ING. GERWAN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ M.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RAFAEL BERUMEN Y RUBEN PAVON

Fecha

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. Fecha de entrada Memorándum No.

Muestra n.º arada Muestra No. 24 L-82-2005

Procedencia Sta. María del Oro, Dgo.

Estudio requerido Petrografía

Descripción afloramiento Tipo de muestra

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Gris con tonos pardos

Estructura y textura Compacta, afanítica

Minerales

Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Microclítica porfídica

Minerología Esenciales: oligoclasa-andesina, cuarzo

Accesorias: ferromagnesianos alterados, magnetita

Secundarias: calcita, sericita, hematita, limonita, clorita, rón tales acor-

dosos

CLASIFICACION Sacita porfídica alterada

ORIGEN Tipo extusivo

OBSERVACIONES La muestra que es de tipo calc-alcalina pertenece tal vez a los procesos peteotónicos del terciario

Vo. Bo

Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR RODRIGUEZ MADRIGAL



CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RUBEN FAUCON V. RAFAEL BERUEN

Fecha ...

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No. Fecha de entrega Memorandum No.  
Muestra mateada Huastla No. 25 L-82-2009  
Procedencia Sta. María del Oro, Gu.  
Estudio requerido Petrografía  
Descripción del yacimiento Databa "Sta. María"

ASPECTO MEGASCOPICO

Color gris verdoso, mateo  
Estructura y textura Compacta, masiva  
Minerales Epitaxiales, secundarios  
Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Heterotaxial, fragmentación de grano grueso  
Micrología Esencial: epidotitas-actinolita  
Accesorios: clorita, hornblenda, magnetita, apatita  
Secundarios: Fe-silicatos, hematita, hematita, minerales arcillosos

CLASIFICACION Silicita de hornblenda y clorita

ORIGEN Tipo diátraseo

OBSERVACIONES Probablemente se debe esta roca a las intrusiones postorogénicas del Terciario.

ING. GERMAN ARIANA GARCIA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ M.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. PAFANEL BERUMEN Y RUBEN PAVON

Fecha .....

Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.	Fecha de entrada	Memorandum No.
Muestra marcada	Muestra No. 27	L-82-2011
Procedencia	Sta. María del Oro, Que.	
Estudio requerido	Petrográfico	
Descripción afloramiento	Dique mineralizante	

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Verde amarillento con tintes verdes  
Estructura y textura Compacta, aluvial  
Minerales  
Alteración

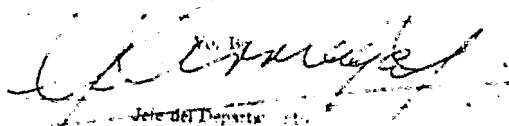
ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Microclítica, porfídica  
Minerología Esenciales: oligoclasa-andesina, cuarzo  
Accesorios: ferromagnesianos alterados, magnetita  
Secundarios: sericita, minerales arcillosos, hematita, limonita  
clorita

CLASIFICACION Facita porfídica alterada

ORIGEN Igneo intrusivo

OBSERVACIONES Esta roca pertenece a los lavaderos que tuvieron efecto en el terciario el cual por esfuerzos de tensión dieron lugar a los diques de tipo mineralizante.



Jefe del Departamento

ING. GERIÁN ARRIAGA GARCÍA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RUBEN PAVON Y RAFAEL EFRUEN

Fecha Reporte No.

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.	Fecha de entrada	Memorandum No.
Muestra marcada	Muestra No. 28	L-82-2307
Procedencia	Sta. María del Oro, Dur.	
Estudio requerido	Petrográfica	
Descripción afloramiento	Ahorres por erosión	

ASPECTO MEGASCOPICO

Color *gris amarillento con tintes rojizos*  
Estructura y textura *masiva, compacta*  
Minerales *Caolín*  
Alteración

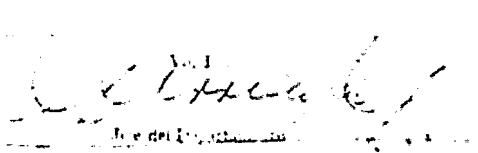
ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura *catástroica irregular*  
Minerología *Caolín, andalúscita, aragonita, sericita, muscovita, celadón  
minerales accesorios, hematita, limonita*

CLASIFICACION *Talco*

ORIGEN *metamórfico diagenético*

OBSERVACIONES *El material es de tipo primario y secundario (vetillas) y posiblemente sea este metamorfismo a partir de una arenisca tal vez.*

  
ING. GERÓN ARIAGA GARCÍA

  
PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ H.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RUBEN PAVON Y RAFAEL BERUMEN

Fecha .....

Reporte No. .

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.	Fecha de entrada	Memorándum No.
Muestra marcada	Muestra No. 30	1-52-2008
Procedencia	Santa María del Oro, Dao.	
Estudio requerido	Petrográfico	
Descripción afloramiento	Caliza Espáptica 300'	

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Gris claro con tintes pardos  
Estructura y textura Compacta, cristalina  
Minerales Calcita  
Alteración

ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Cristalina  
Minerología Calcita principalmente en sus variedades de espatita y micrita predominando la primera, también contiene hematita, cuarzo, yeso, mica, minerales arcillosos, pedernal, sericita, dolomita

CLASIFICACION Caliza espática (calcarenita)

ORIGEN Sedimentario o marino

OBSERVACIONES Esta roca es de tipo marino, aunque del tipo de los sedimentos de plataforma con una cierta profundidad porque empieza a tener un cierto contenido de pedernal producto de precipitación de un gel silíceo.

V. B.

Jefe del Departamento

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA

PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ MADRICAL

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES  
PETROGRAFIA Y METALOGENIA  
I N F O R M E

Remitente INGS. RAFAEL BERRUMEN Y RUBEN DAVON

Fecha ..... Reporte No. ....

NOTAS DE CAMPO

Muestra No.	Fecha de entrada	Memorándum No.
Muestra mareada	Muestra No. 31 L-82-2010	
Procedencia	Sta. María del Oro, Tol.	
Estudio requerido	Petrográfico	
Descripción afloramiento	lutita calcárea	

ASPECTO MEGASCOPICO

Color Gris verdoso  
Estructura y textura Somolínica, foliada  
Minerales  
Alteración

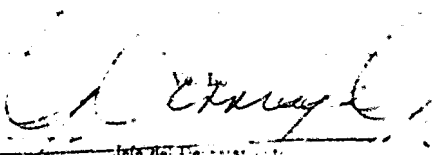
ESTUDIO MICROSCOPICO

Textura Esquistosa  
Minerología Cuarzo, feldespatos, sericita, epidota, minerales accesorios,  
grafita, hematita

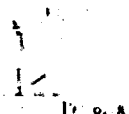
CLASIFICACION Esquisto de sericita (lutita)

ORIGEN Petrogenésico regional

OBSERVACIONES Esta zona se encuentra ubicada en la facies de esquistos  
verdes u en la clase química cuarzo-feldespática



ING. GERIVAN ARRIAGA GARCIA



PAS. HECTOR A. RODRIGUEZ



SUBGERENCIA DE INGENIERIA PRELIMINAR, CIVIL Y GEOTECNIA.  
SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS TECNICOS.  
LABORATORIO DE GEOQUIMICA Y PETROGRAFIA.

**ESTUDIO PETROGRAFICO No.**

**I.- DATOS DE CAMPO**

Muestra No: 117-10-10-10-10

Colector: ING. RUBEN PAVON  
ING. RAFAEL REBOLEN

Localidad:

Descripción del afloramiento:

**II.- DESCRIPCION MACROSCOPICA**

Color: gris oscuro con tonos amarillentos.

Estructura Y Textura: masiva, compacta.

Minerales observables: cuarzo, feldespatos, sillimanita.

**III.- DESCRIPCION MICROSCOPICA**

Textura: masiva, con bordes rectos y sin pliegues.

Mineralogía:

**a) Minerales esenciales:**

- Cuarzo
- Interferencias micropermatíticas de feldespatos.
- Sillimanita

**c) Minerales secundarios:**

- Clorita
- Calcita

**b) Minerales accesorios:**

- Biotita
- Rutile
- Magnetita
- Apatita

**d) Matriz o cementante:**

**e) Caracteres especiales:**

La roca consiste en bandas casi feldespáticas alternando con bandas sillimaníticas. La abundancia de interferencias micropermatíticas señala un desequilibrio debido tal vez a fusión.

**IV.- ORIGEN DE LA ROCA:** Metamórfica de alta intensidad, parte superior de la facies anfilita o interior de la granulita, clase cuarzo-feldespática.

**V.- CLASIFICACION**

Amfilita.

Fecha: 23 de noviembre de 1982.

ING. RUBEN PAVON  
ING. RAFAEL REBOLEN  
Petrografo



SUBGERENCIA DE INGENIERIA PRELIMINAR, CIVIL Y GEOTECNIA  
SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS TECNICOS.  
LABORATORIO DE GEOQUIMICA Y PETROGRAFIA.

### ESTUDIO PETROGRAFICO No.

#### I.- DATOS DE CAMPO

Muestra No: 211-20-2

Colector: M. G. BARRERA  
M. G. BARRERA

Localidad:

Descripción del afloramiento:

#### II.- DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: café amarillado, verde, semiblanco.

Estructura Y Textura: compacta, masiva.

Minerales observables: cuarzo, feldspatos, mica.

#### III.- DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: granitica.

Mineralogía:

##### a) Minerales esenciales:

quartz  
feldsp.  
mica.

##### c) Minerales secundarios:

epidoto, hornblenda, clorita, sericita,  
actinolita, calcita, magnetita,  
ilmenita, zirconio, apatita.

##### b) Minerales accesorios

##### d) Matriz o cementante:

##### e) Caracteres especiales:

IV.- ORIGEN DE LA ROCA: Roca formada por metamorfismo de alta intensidad de  
calentamiento, afectada posteriormente por un metamorfismo de grado inferior,  
con cristales ordenados, fase polifásica cuarzo-feldspatos.

#### V.- CLASIFICACION

Granito de cuarzo-albita-clorita-sericita.

Fecha: 23 de noviembre de 1981.

  
Petrográfico

APENDICES PALEONTOLOGICOS





INSTITUTO DE GEOLOGIA  
ANEXO INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS

DEPARTAMENTO DE PALEONTOLOGIA

4 de Octubre de 1982.

Pas. de Ings. Geol. Rafael Berumen Esparza y  
Rubén Pavón Leal  
Facultad de Ingeniería, UNAM.  
P r e s e n t e :

Me permito informar a Ustedes, el resultado del estudio paleontológico efectuado en dos muestras, procedentes del Arroyo Las Cuevas-Agua Mala, en Santa María del Oro, Estado de Durango. Este Informe se hizo a petición del Ing. Mariano Ruiz-Vázquez, Jefe de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, con la finalidad de proporcionar información paleontológica a los pasantes Rafael Berumen Esparza y Rubén Pavón Leal para la elaboración de su Tesis Profesional.

Muestra 1

Unidad litoestratigráfica: No descrita  
Litología: Caliza arrecifal  
Determinación Paleontológica:

Bryozoa - Cryptostomata

Se observaron numerosas colonias de bryozoarios-Fenestélidos. Estos organismos presentan un alcance estratigráfico del Ordovícico al Pérmico (Bassler, R.S., 1953, Bryozoa, Part. 5. Treatise on Invertebrate Paleontology, in Moore Editor, Geol. Soc. America y Univ. Kansas Pres.).

Edad: Ordovícico - Pérmico

Muestra 2

Unidad litoestratigráfica: No descrita  
Litología: Caliza arrecifal.  
Determinación Paleontológica:

Echinodermata-Crinoides

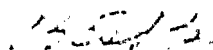
Baryschyr anosus Moore y Jeffords

Edad: Pensilvánico Medio

. . .

Especies del género Baryschr Moore y Jeffords han sido reportadas del Pensilvánico Medio de la Formación Dornick Hills, al Sur de Oklahoma (Moore y Jeffords, 1968, p. 64, lám. 16, figs. 1-11, classification and Nomenclature of Fossil Crinoids based on studies of Dissociated parts of their columnals, Univ. Kansas Paleont. Contributions, Art. 9, No. 46).

A t e n t a m e n t e



Dra. Blanca Estela Buitrón S.  
Jefe del Depto. de Paleontología.

c.c.p.- Dr. José C. Guerrero García  
Director del Instituto de Geología, UNAM.

BEB/mc\*




INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

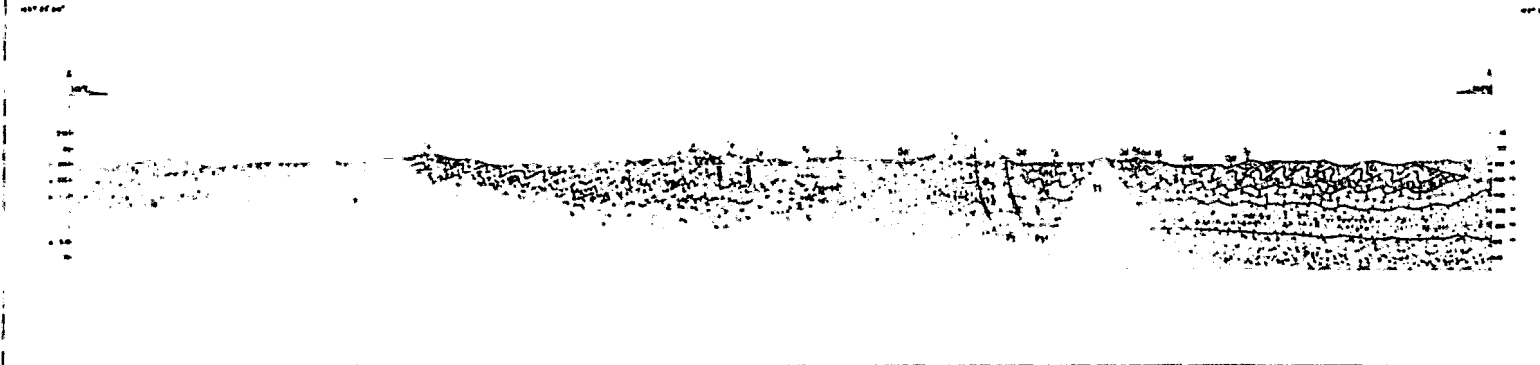
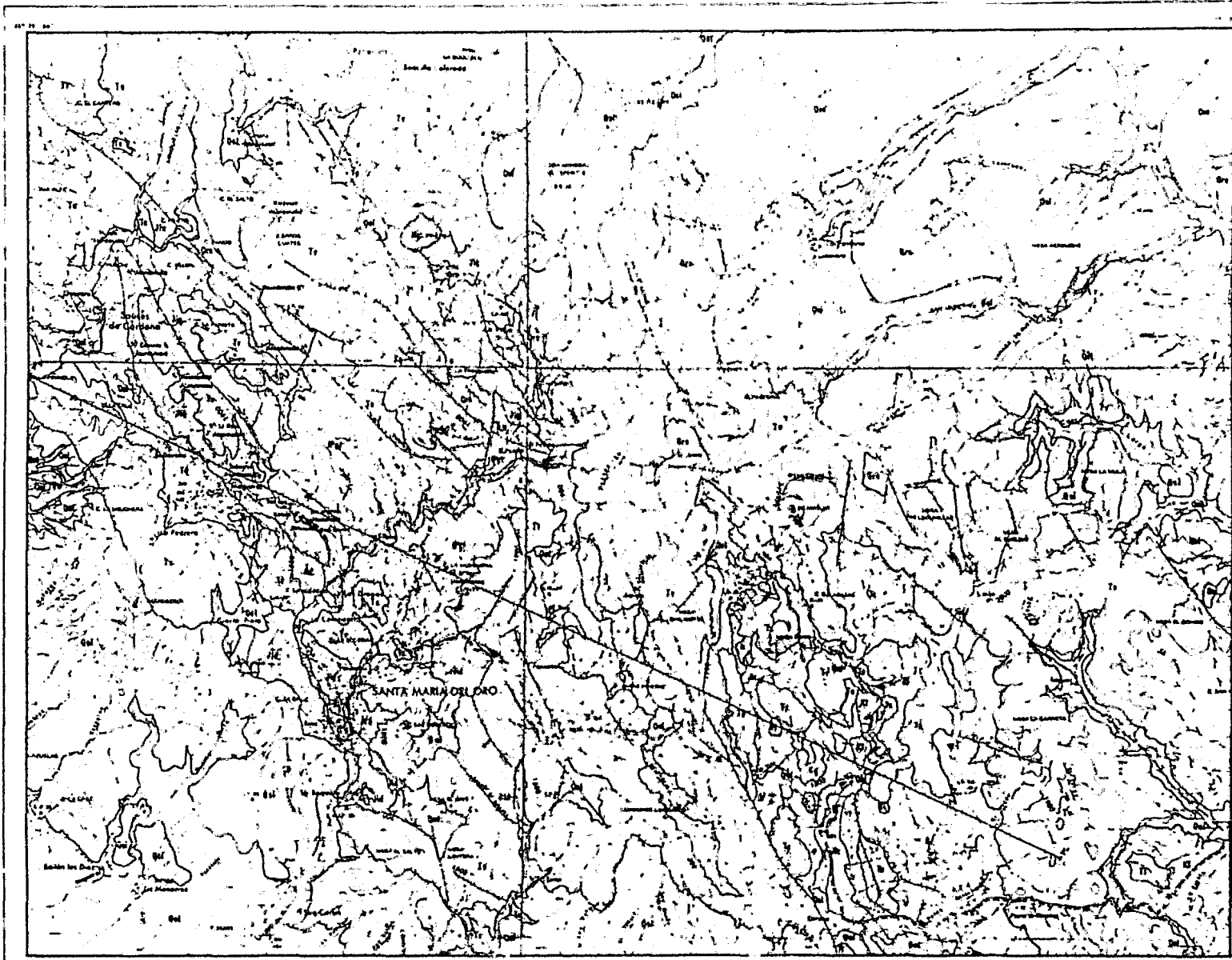
12 de febrero de 1971

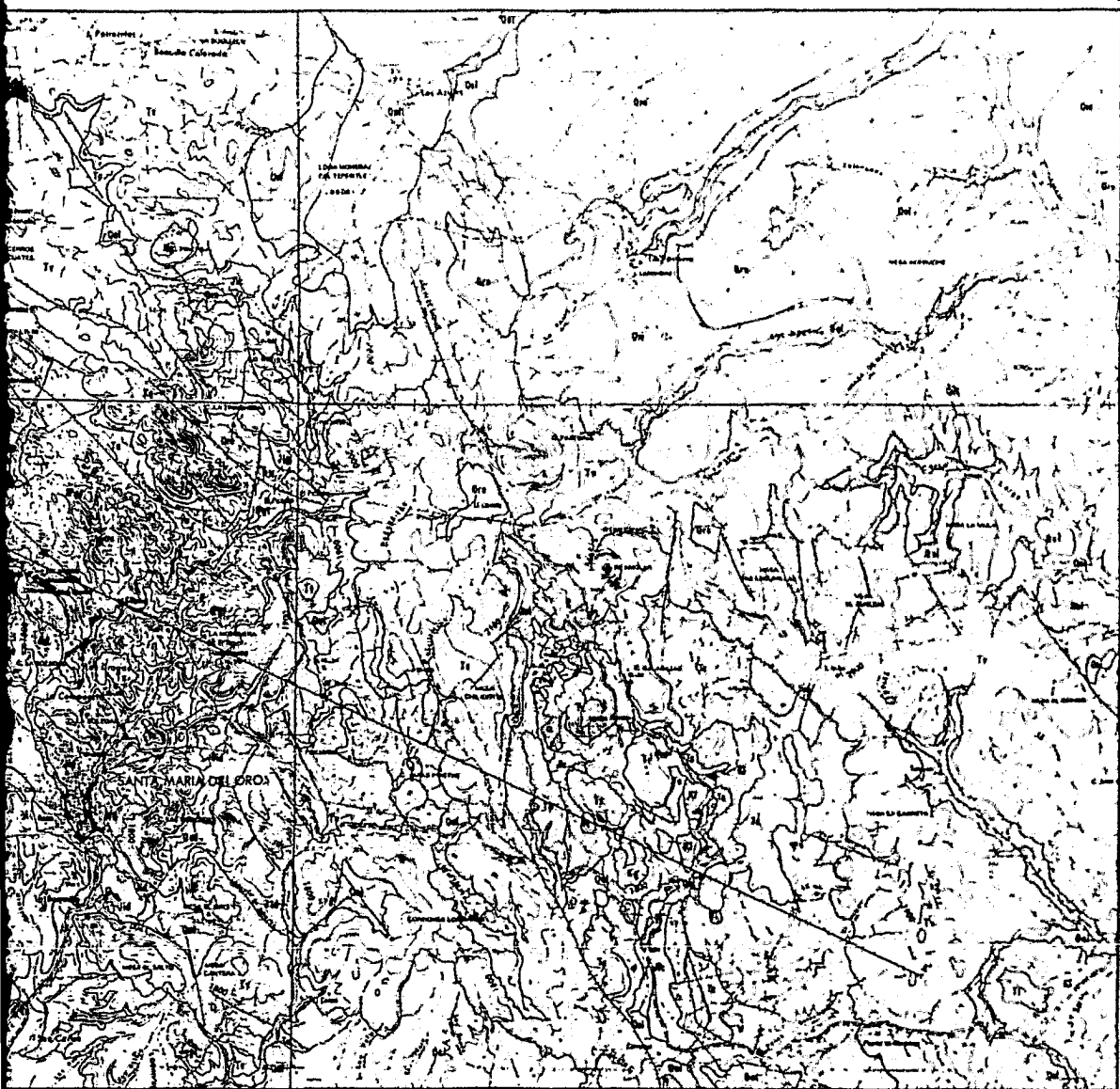
Ings. Jesús Ramón Piñero León,  
Rafael Bardenheuer  
Presidentes

Me permito informarle a ustedes, el resultado del estudio paleontológico, prehistórico y arqueológico efectuado, representantes del Grupo de la Tercera Edad, del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, en el sitio arqueológico, ubicado en el sector de la Tercera, Facultad de Ingeniería, U.C.V.

- 1.- Museo de Historia Natural
- 2.- Museo de Arte
- 3.- Museo de Ciencias Exactas
- 4.- Museo de Ciencias Físicas
- 5.- Museo de Ciencias Químicas
- 6.- Museo de Ciencias Biológicas
- 7.- Museo de Ciencias de la Tierra

Atentamente,  
  
Rafael Bardenheuer  
Presidente del Grupo de la Tercera Edad





PLANO GEOLOGICO

1. TIPO DE TIERRAS	10
2. TIPO DE PIEDRA	15
3. TIPO DE VEGETACION	20
4. TIPO DE CLIMA	25
5. TIPO DE SOLO	30
6. TIPO DE VEGETACION	35
7. TIPO DE CLIMA	40
8. TIPO DE SOLO	45
9. TIPO DE VEGETACION	50
10. TIPO DE CLIMA	55
11. TIPO DE SOLO	60
12. TIPO DE VEGETACION	65
13. TIPO DE CLIMA	70
14. TIPO DE SOLO	75
15. TIPO DE VEGETACION	80
16. TIPO DE CLIMA	85
17. TIPO DE SOLO	90
18. TIPO DE VEGETACION	95
19. TIPO DE CLIMA	100
20. TIPO DE SOLO	105
21. TIPO DE VEGETACION	110
22. TIPO DE CLIMA	115
23. TIPO DE SOLO	120
24. TIPO DE VEGETACION	125
25. TIPO DE CLIMA	130
26. TIPO DE SOLO	135
27. TIPO DE VEGETACION	140
28. TIPO DE CLIMA	145
29. TIPO DE SOLO	150
30. TIPO DE VEGETACION	155
31. TIPO DE CLIMA	160
32. TIPO DE SOLO	165
33. TIPO DE VEGETACION	170
34. TIPO DE CLIMA	175
35. TIPO DE SOLO	180
36. TIPO DE VEGETACION	185
37. TIPO DE CLIMA	190
38. TIPO DE SOLO	195
39. TIPO DE VEGETACION	200
40. TIPO DE CLIMA	205
41. TIPO DE SOLO	210
42. TIPO DE VEGETACION	215
43. TIPO DE CLIMA	220
44. TIPO DE SOLO	225
45. TIPO DE VEGETACION	230
46. TIPO DE CLIMA	235
47. TIPO DE SOLO	240
48. TIPO DE VEGETACION	245
49. TIPO DE CLIMA	250
50. TIPO DE SOLO	255
51. TIPO DE VEGETACION	260
52. TIPO DE CLIMA	265
53. TIPO DE SOLO	270
54. TIPO DE VEGETACION	275
55. TIPO DE CLIMA	280
56. TIPO DE SOLO	285
57. TIPO DE VEGETACION	290
58. TIPO DE CLIMA	295
59. TIPO DE SOLO	300
60. TIPO DE VEGETACION	305
61. TIPO DE CLIMA	310
62. TIPO DE SOLO	315
63. TIPO DE VEGETACION	320
64. TIPO DE CLIMA	325
65. TIPO DE SOLO	330
66. TIPO DE VEGETACION	335
67. TIPO DE CLIMA	340
68. TIPO DE SOLO	345
69. TIPO DE VEGETACION	350
70. TIPO DE CLIMA	355
71. TIPO DE SOLO	360
72. TIPO DE VEGETACION	365
73. TIPO DE CLIMA	370
74. TIPO DE SOLO	375
75. TIPO DE VEGETACION	380
76. TIPO DE CLIMA	385
77. TIPO DE SOLO	390
78. TIPO DE VEGETACION	395
79. TIPO DE CLIMA	400
80. TIPO DE SOLO	405
81. TIPO DE VEGETACION	410
82. TIPO DE CLIMA	415
83. TIPO DE SOLO	420
84. TIPO DE VEGETACION	425
85. TIPO DE CLIMA	430
86. TIPO DE SOLO	435
87. TIPO DE VEGETACION	440
88. TIPO DE CLIMA	445
89. TIPO DE SOLO	450
90. TIPO DE VEGETACION	455
91. TIPO DE CLIMA	460
92. TIPO DE SOLO	465
93. TIPO DE VEGETACION	470
94. TIPO DE CLIMA	475
95. TIPO DE SOLO	480
96. TIPO DE VEGETACION	485
97. TIPO DE CLIMA	490
98. TIPO DE SOLO	495
99. TIPO DE VEGETACION	500
100. TIPO DE CLIMA	505



ESCALA GRAFICA

1:10000

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA

PLANO GEOLOGICO DE LA ZONA DE SANTA MARIA DEL ORO

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA

PLANO GEOLOGICO DE LA ZONA DE SANTA MARIA DEL ORO