



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA  
ESCUELA DE INGENIERIA  
Depto. de Geología

es. 1.  
x 72

***GEOLOGIA DEL AREA SUR DEL DEPOSITO DE BARITA  
DE COBACHI, SONORA.***

TESIS

Que para obtener el título de

G E O L O G O

Presentan

Héctor Martín Córdova Barrios-Oscar Montijo Contreras

Director de Tesis Dr. Guillermo A. Salas P.

Hermosillo, Sonora.

Marzo 1983



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
BIBLIOTECA DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA  
ESCUELA DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

GEOLOGÍA DEL AREA SUR DEL DEPÓSITO  
DE BARITA DE COBACHI, SONORA

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

GEOLOGO

PRESENTAN

HÉCTOR MARTÍN CÓRDOVA BARRIOS - OSCAR MONTIJO CONTRERAS

1982

# DEDICATORIA

A nuestros padres y hermanos



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
BIBLIOTECA DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

A nuestros maestros y compañeros de estudio

Al Departamento de Geología de la  
Universidad de Sonora



NOMBRE DE TESIS: "GEOLOGIA DEL AREA SUR DEL DEPOSITO  
DE BARITA DE COBACHI, SONORA".

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES:

OSCAR MONTIJO CONTRERAS,  
HECTOR MARTIN CORDOVA BARRIOS.

El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la --  
encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento par--  
cial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sono--  
ra.

DR. LUIS F. VASSALLO MORALES.

El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la --  
encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento par--  
cial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sono--  
ra.

GEOL. MARIANO MORALES M.

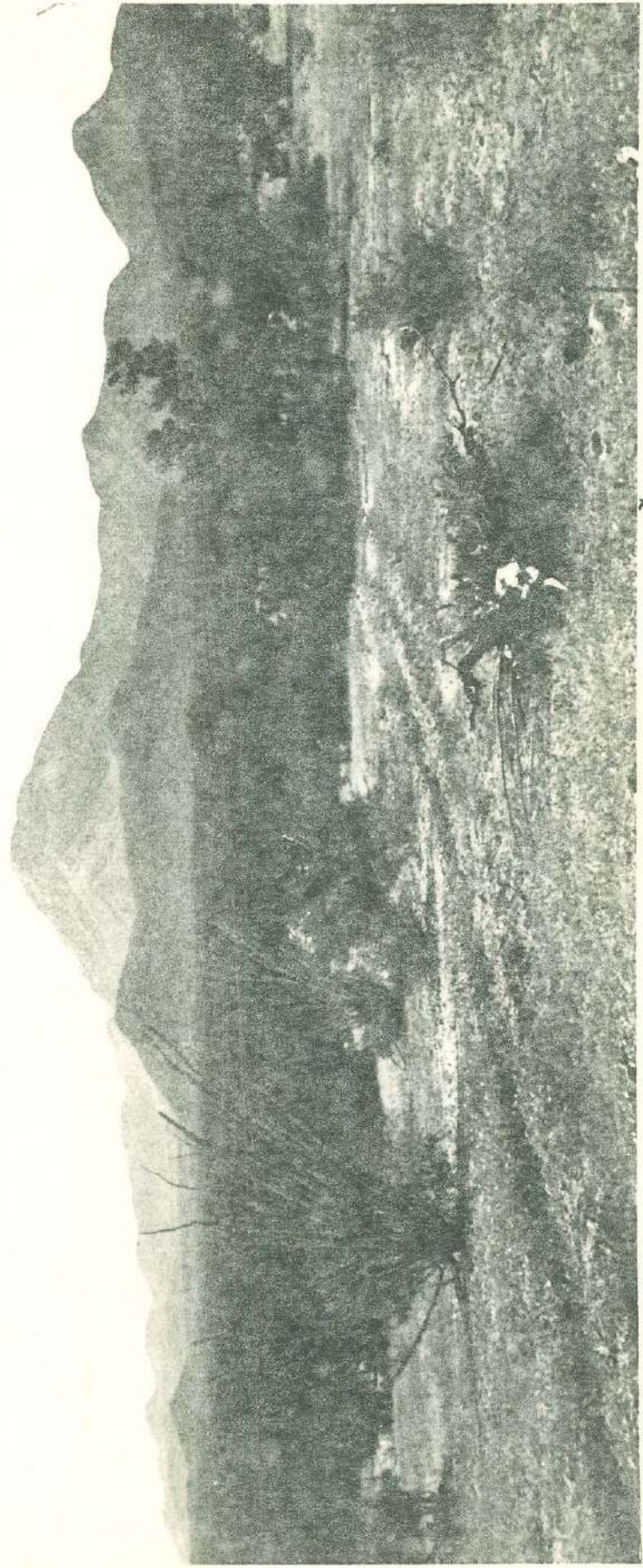
El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la --  
encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento par--  
cial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sono--  
ra.

  
M.C. EFREN PEREZ SEGURA.

A T E N T A M E N T E

  
ING. ALBERTO LOPEZ SANTOYO  
Jefe del Depto. de Geología.

ALS/pgrl.



Panorámica que muestra al Centro el Cerro Cobachi al Este el Cerro Picacho Colorado y al Oeste el área de estudio, mirando al SW.

# CONTENIDO

|                                                        | Página |
|--------------------------------------------------------|--------|
| 1. RESUMEN . . . . .                                   | 1      |
| 2. INTRODUCCION . . . . .                              | 3      |
| Localización y acceso . . . . .                        | 3      |
| Objetivo del Estudio y método de trabajo . . . . .     | 5      |
| Estudios Previos . . . . .                             | 7      |
| Fisiografía y Geomorfología . . . . .                  | 10     |
| 3. MARCO GEOLOGICO REGIONAL . . . . .                  | 13     |
| 4. GEOLOGIA LOCAL . . . . .                            | 17     |
| Estratigrafía . . . . .                                | 17     |
| Paleozoico . . . . .                                   | 18     |
| Mesozoico . . . . .                                    | 30     |
| Cenozoico . . . . .                                    | 31     |
| Estructuras . . . . .                                  | 32     |
| Fallas . . . . .                                       | 32     |
| Pliegues . . . . .                                     | 33     |
| Fracturamiento . . . . .                               | 35     |
| Petrología . . . . .                                   | 35     |
| 5. GEOLOGIA HISTORICA . . . . .                        | 42     |
| Precámbrico y Paleozoico . . . . .                     | 42     |
| Mesozoico . . . . .                                    | 44     |
| Cenozoico . . . . .                                    | 45     |
| 6. GEOLOGIA ECONOMICA . . . . .                        | 47     |
| I Tipos de Depositos . . . . .                         | 47     |
| II Cuerpo "El Barril" . . . . .                        | 48     |
| III Mina "San Martín" . . . . .                        | 56     |
| 7. DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . . | 62     |
| 8. AGRADECIMIENTOS . . . . .                           | 64     |
| 9. BIBLIOGRAFIA . . . . .                              | 65     |
| 10. PETROGRAFIA . . . . .                              | 67     |
| 11. APENDICE "A" . . . . .                             | 75     |

# LISTA DE FIGURAS

| Figura                                                                                                    | Página         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A.- Panorámica del depósito de barita al Norte del Area de Estudio y Panorámica del Pueblo de Cobachi . . | 4              |
| B.- Panorámica del Cerro Picacho Colorado y el Cerro Guayacán . . . . .                                   | 34             |
| 1.- Localización y vías de acceso . . . . .                                                               | 6              |
| 2.- Provincias fisiográficas en el Estado de Sonora . . . .                                               | 11             |
| 3.- Panorámica del Area de Estudio . . . . .                                                              | 12             |
| 4.- Medida del espesor real de una capa . . . . .                                                         | 8              |
| 5.- Afloramientos paleozoicos en el Estado . . . . .                                                      | 14-15          |
| 6.- Columna estratigráfica del Area . . . . .                                                             | Bolsa de Mapas |
| 7.- Columna estratigráfica (miembro 1). . . . .                                                           | Bolsa de Mapas |
| 8.- Mapa Geológico del Area . . . . .                                                                     | Bolsa de Mapas |
| 9.- Depósito con interdigitaciones . . . . .                                                              | 19             |
| 8a, 8b y 8c.- Secciones del Area de Estudio (A-A' , B-B' y C-C') . . . . .                                | Bolsa de Mapas |
| 10.- Mapa estructural del Area incluyendo Noll (1981) . . . . .                                           | Bolsa de Mapas |
| 11.- Vista general de localidades en el Area . . . . .                                                    | Bolsa de Mapas |
| 12.- Columnas estratigráficas del Paleozoico Tardío . . .                                                 | 29             |
| 12a.- Panorámicas del Cuerpo "El Barril" . . . . .                                                        | 49             |
| 13.- Mapa Geológico del Cuerpo "El Barril" . . . . .                                                      | Bolsa de Mapas |
| 14.- Columna estratigráfica del Cuerpo "El Barril" . . .                                                  | 52             |
| 15.- Sección estructural del Cuerpo "El Barril" . . . . .                                                 | Bolsa de Mapas |

Figura

Página

|       |                                                       |                |
|-------|-------------------------------------------------------|----------------|
| 15a.- | Panorámica de la mina "San Martín" . . . . .          | 57             |
| 16.-  | Mapa Geológico de la mina "San Martín" . . . . .      | Bolsa de Mapas |
| 17.-  | Sección A-A' de San Martín . . . . .                  | Bolsa de Mapas |
| 18.-  | Sección B-B' de San Martín . . . . .                  | Bolsa de Mapas |
| 19.-  | Microfotografías de las láminas M2-1 y 1-1 . . . . .  | 67             |
| 20.-  | Microfotografías de las láminas 6 y 17 . . . . .      | 68             |
| 21.-  | Microfotografías de las láminas 22-1 y 21 . . . . .   | 69             |
| 22.-  | Microfotografías de las láminas 16 y 18 . . . . .     | 70             |
| 23.-  | Microfotografías de las láminas 12-1 y 12-2 . . . . . | 71             |
| 24.-  | Microfotografías de las láminas 2 y 11 . . . . .      | 72             |
| 25.-  | Microfotografías de las láminas 9 y M2-2 . . . . .    | 73             |
| 26.-  | Microfotografías de las láminas 12-3 y 13 . . . . .   | 74             |

## RESUMEN

Los afloramientos del área sur del depósito de barita de Cobachi, Sonora, comprenden rocas del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico; el área escogida abarca las primeras en mayor cantidad. El Paleozoico fué separado en miembro 1, Caliza Picacho Colorado y miembro 3. El miembro 1 que en la parte norte del área incluye cuerpos de barita económicamente explotable; es referido a un eugeosinclinal con rocas que varían en edad desde el Ordovícico al Devónico Tardío; con graptolitos dentro de las argilitas, gasterópodos del tipo Dzieduzyckia en barita (Cuerpo 5), y probablemente radiolarios y espículas de esponjas (?) dentro de un pedernal; estos últimos fósiles se determinaron por láminas delgadas; el espesor es de aproximadamente 300 metros.

La Caliza Picacho Colorado es de un espesor aproximadamente de 1 400 metros con caliza del Mississippico al Pérmico Temprano; se observaron estratos de pedernal claro y negro, así como horizontes de arenisca y calcarenita. Los fósiles son fusulínidos de edad Leonardiana-Wordiana, y corales solitarios rugosos probablemente del

Mississippico. Es posible que estén relacionados a un talud continental, el cual estuvo sujeto a una subsidencia gradual. El miembro 3 está compuesto por rocas sedimentarias silicificadas con un espesor aproximadamente de 1 200 metros con una cuarcita representando la parte superior del Pérmico.

Eventos deformativos durante el Paleozoico y Cenozoico crearon fallamiento, plegamiento y metamorfismo haciendo complicada la geología estructural del área.

Se tiene la formación de un eugeosinclinal durante el Paleozoico, con levantamiento, plegamiento y fallamiento actuando sobre él; así como intrusión ácida creando durante el Cenozoico un metamorfismo intenso finalmente el fallamiento característico de las sierras y valles paralelos se presenta cortando las fallas creadas por el intrusivo y los eventos Paleozoicos.

El Cuerpo "El Barril" representa la presencia de barita al norte del área y su relación estratigráfica con el Grupo Guayacán expuesto por Noll (1981). Este cuerpo es un pequeño bloque alóctono sobre el pedernal negro de la parte baja del Paleozoico.

En la mina "San Martín" hay un ejemplo clásico de la intrusión ácida en el área, creando metamorfismo principalmente en las calizas, con zonas y minerales de alteración típicos para metamorfismo de contacto, actualmente se extrae material.

No se encuentra barita al sur fuera del depósito, así como rocas del Mesozoico Temprano y Medio.

## INTRODUCCION

### Localización y acceso

El área de estudio, se localiza en la parte central del estado de Sonora, 12 Kilómetros al sur-este del poblado de Cobachi, Municipio de La Colorada, Sonora, dentro de las coordenadas  $28^{\circ} - 49' - 11''$ ,  $28^{\circ} - 45' - 51''$  de latitud norte y  $110^{\circ} - 12' - 50''$ ,  $110^{\circ} - 08' - 10''$  de longitud oeste. Se puede llegar por medio de dos vías de acceso: por el poblado de Mazatán donde a la altura del Kilómetro 83 de la carretera Hermosillo-Sahuaripa existe un entronque con un camino de terracería cuya distancia de 23 Kilómetros conduce al área, o a través de La Colorada por carretera Hermosillo-Tecoripa en la que en el Kilómetro 67 existe un camino de terracería que



Figura A.- Panorámicas que muestran el Depósito de Barita al Norte del Area de Estudio (arriba) y el Pueblo de Cobachi (abajo).

conduce a Cobachi por 32 kilómetros (Figura 1). Durante épocas de lluvia los tramos de terracería hacen el acceso difícil.

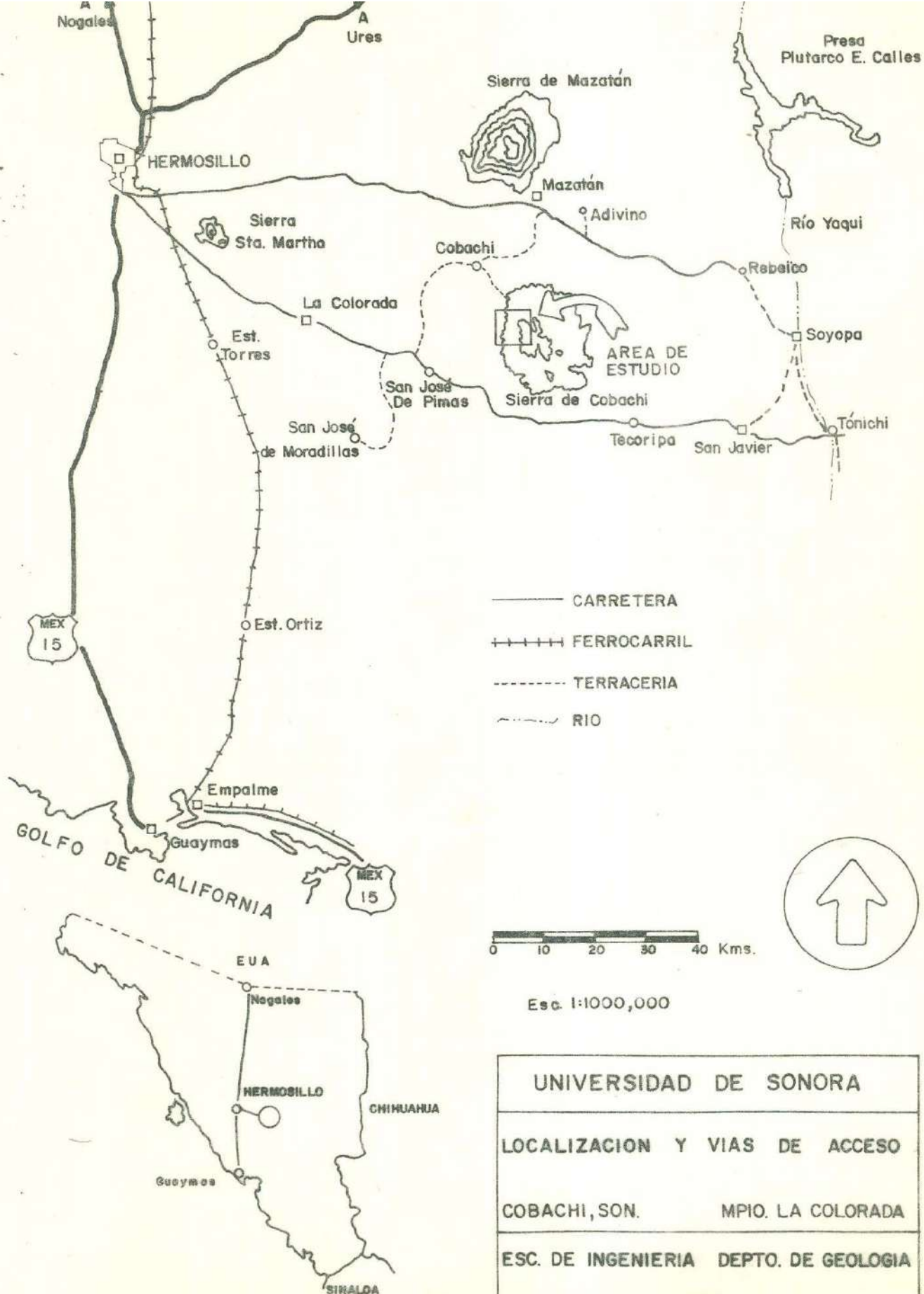
También es posible llegar al área por aeroplano ya que en Cobachi y en el Rancho La Vuelta Colorada se encuentran pistas de 1 000 y 700 metros respectivamente. La primera está acondicionada a mantenimiento y la segunda actualmente fuera de servicio.

#### Objetivo del estudio y método de trabajo

Los objetivos del presente trabajo son:

- 1) Exploración de barita del sur del depósito actual
- 2) Ubicación posible del Grupo Barranca mencionado por King (1939) y Domínguez (1979) al sur del denuncia de Minera Báucarit, S.A. de C.V. y su relación con el Paleozoico.

Para el reconocimiento inicial del área se utilizaron fotografías aéreas a escala 1:10 000 así como mapas fotogeológicos a escala 1:1 000, 1:10 000 y 1:20 000 a partir de los cuales se elaboró un plano geológico estructural base (escala 1:10 000). Se realizó un mapeo general como resultado de caminamientos en 85% del área y el resto por extrapolación de datos en fotografías aéreas. Se



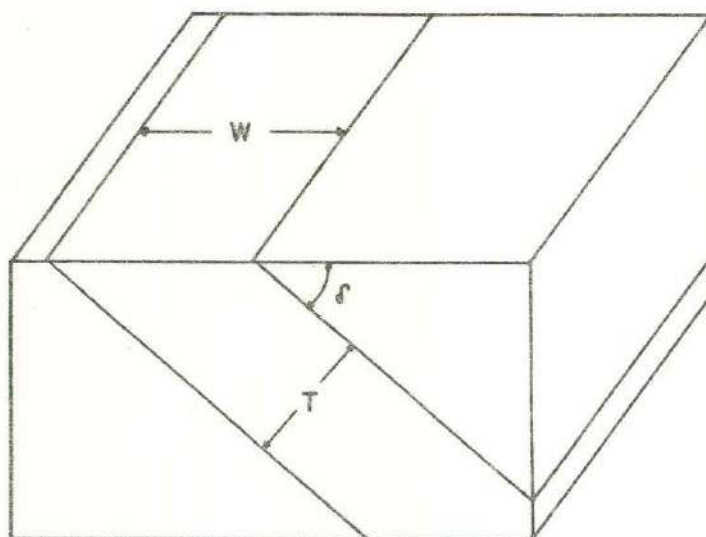
colectaron 60 muestras de mano para interpretación petrológica y petrográfica y se dataron fósiles.

Mapeo local a detalle se realizó en dos áreas: "El Barril" y la mina "San Martín" y para la interpretación general se utilizaron planos e información de subsuelo obtenida por Minera Báucarit. S.A. de C.V.

Se midieron secciones estratigráficas y se elaboraron modelos isométricos para explicar la geología del área.

#### Estudios previos

Estudios relacionados con este trabajo han sido llevados a cabo por King (1939), Domínguez E. (1979), Bolich y otros (1980), Noll (1981), Saucedo (Comunicación personal, 1981). King aporta datos como la localización del Paleozoico y la formación Barranca, donde los límites de ésta última aparecen en nuestra área. Servicios Industriales Peñoles, S.C. en el trabajo "Estudio geológico-económico de los depósitos de barita al SE de Cobachi, Sonora" menciona estratos de arenisca, lutita, lodolita, caliza, barita y pedernal asignados al Ordovícico, y



$$T = W \text{ Sen } \sigma$$

Figura 4.- Medida del espesor real de una capa

hace referencia a pizarra, cuarcita, caliza y tactitas, posiblemente pertenecientes al Grupo Barranca del Triásico-Jurásico, y a lineamientos casi E-W con posibles desplazamientos verticales de bloques que afectaron a las rocas del Paleozoico.

El personal técnico de Minera Báucarit, S.A. DE C.V. (1980 - 1981) hizo un estudio preliminar sobre el depósito de barita mencionando las capas que contienen, sus relaciones estratigráficas con rocas adyacentes del Paleozoico, y produciendo mapas selectivos de cada uno de los cuerpos mineralizados.

Noll (1981) muestra un sistema complejo de fallas y pliegues del Ordovícico Tardío a Pérmico en rocas sedimentarias, que en parte fueron metamorfoseadas por una granodiorita de biotita hornblenda ( $65.9-66.7 \pm 1.4$  m.a.) y diferencia informalmente tres unidades estratigráficas: Grupo Guayacán, Caliza Picacho Colorado y Formación La Vuelta Colorada. El Grupo Guayacán corresponde a un paquete de rocas compuesto por argilita, lutita, lutita silícea, pedernal, arenisca, barita, limolita y caliza de edad Ordovícico Tardío a Devónico Tardío. La Caliza Picacho Colorado contiene lentes de pedernal

20° 50' 20" N  
110° 11' 05" W

y horizontes de arenisca. Se le asigna una edad de Mississippico a Pérmico Temprano (?). La formación La Vuelta Colorada está compuesta por limolita, arenisca y caliza interestratificadas de posibilidad Pérmico Medio-Tardío (?).

#### Fisiografía y geomorfología

El área de estudio se encuentra en la subprovincia de sierras y valles paralelos que corresponden a la porción oeste de la Provincia de la Sierra Madre Occidental (Raisz, 1959). Esta subprovincia limita al oeste con la Provincia Fisiográfica del Desierto de Sonora (Figura 2), y corresponde a sierras y valles alargados con orientación preferente NW-SE con elevaciones mayores a 1 100 metros separados por lomeríos suaves. Las pendientes de las sierras y cerros altos son en su mayoría muy accidentadas y pronunciadas, separadas por amplios valles. Destaca al norte el cerro Cobachi el cual alcanza una altura aproximada de 1 200 metros. El drenaje es de tipo dendrítico regido por afluentes del Río Mátape (Arroyo Clemente y San Pedro).

Según la clasificación de K'o'ppen (1936) la región correspon

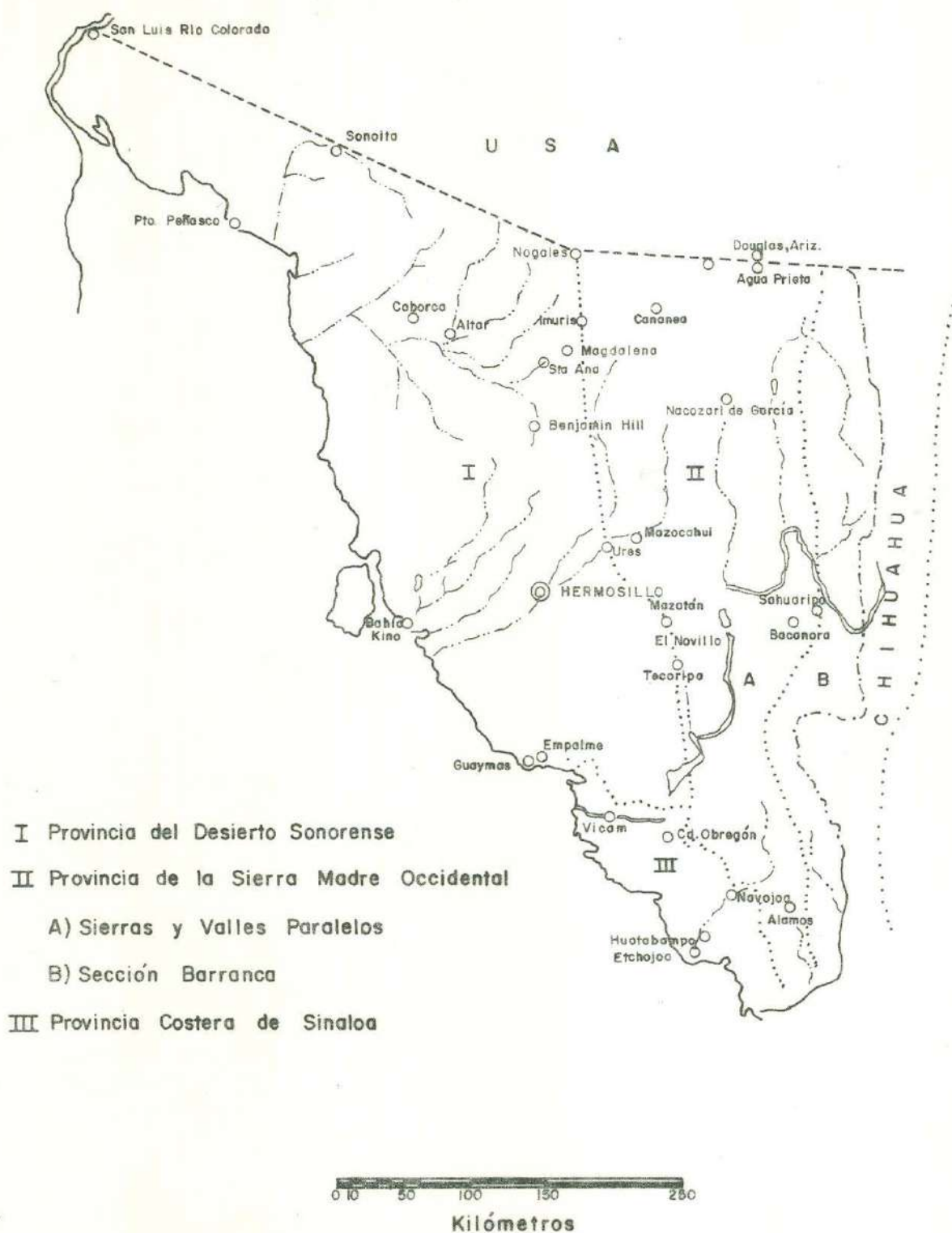


Figura 2.- Provincias Fisiográficas en el Estado de Sonora (Según Bolich y otros, 1980)

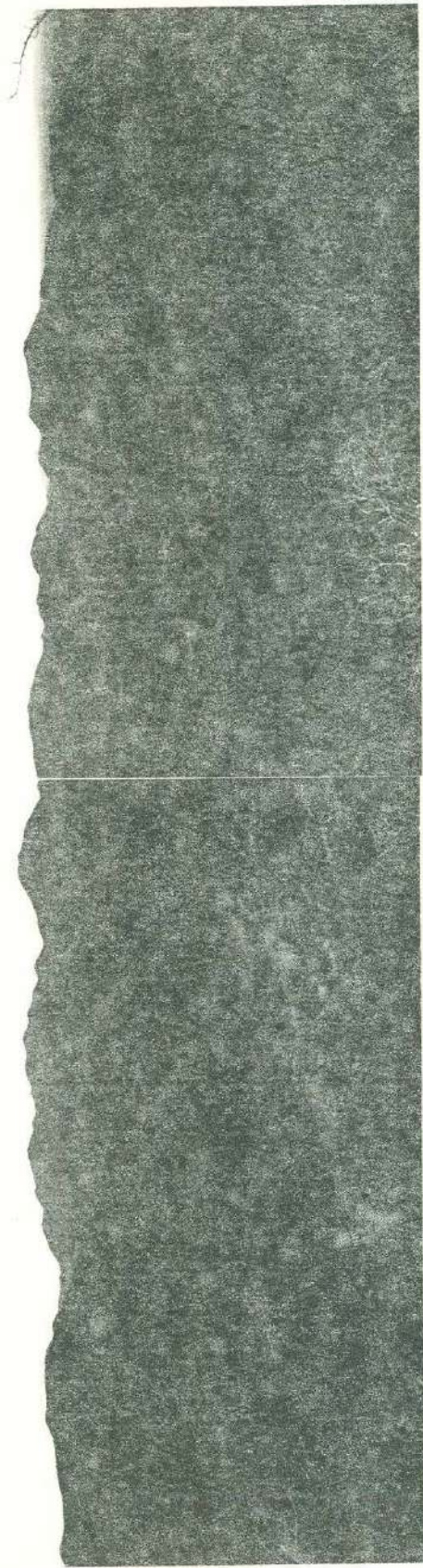


Figura 3.- Panorámica que muestra el Area de Estudio, mirando al SW

de al grupo de climas secos (B), al tipo climas semisecos (BS1) y al subtipo semisecos-semicálidos ( $hw(x^1)$ ) con una precipitación invernal mayor a 10.2 milímetros y total de 500 milímetros. La temperatura media anual es de 14.5°C. La vegetación corresponde a clima desértico, encontrándose sin orden de abundancia mezquite, palo blanco, palo fierro, palo verde, ocotillo, álamo, pitahaya, sahuaro, choya, guásima, tescalama y otros arbustos lo que dificulta, principalmente durante los meses de Mayo a Noviembre, la visibilidad de los estratos. Las capas finas desarrollan por lo general vegetación baja y los afloramientos notables por su echado alto y pausa de flora son de caliza, cuarcita y peder-nal (Figura 3).

#### MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El Paleozoico en Sonora aflora en el NW, NE, Centro y SE en localidades como las que aparecen en la Figura 5. En la parte NW de Sonora Fries (1962), y López Ramos (1979) presentan las unidades cronoestratigráficas y litoestratigráficas de

FIGURA 5. MAPA QUE MUESTRA LOS AFLORAMIENTOS DE  
ROCAS PALEOZOICAS EN EL ESTADO DE SONORA.

(Según Noll, 1981)

- |                                                       |                                      |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 - El Antimonio                                      | 2 - El Bisani                        |
| 3a- Cerros Proveedora                                 | 3b- Sierra de La Berruga             |
| 4 - Cananea                                           | 5 - Sierra de Los Ajos               |
| 6 - Sierra El Tule                                    | 7 - Sierra La Morita                 |
| 8 - Sierra Mestenas                                   | 9 - Cerro Cabullona                  |
| 10- Cañón Santa Rosa                                  | 11- Pilares de Teras                 |
| 12- Sierra Huchita Hueca                              | 13- Nacozari                         |
| 14- Sierra de Doña Marta                              | 15- Cerro de La Campana              |
| 16- Cerros entre Villa de<br>Seris y el Represo Dewey | 17- Cerros al E y NE de<br>Willard   |
| 18- Cerro de La Flojera                               | 20- Sierra de Santa Teresa           |
| 21- Cerro San Francisco                               | 22- Cerro Sonora                     |
| 23- Cerro Zubiarte                                    | 24- Cerro Tordillo y Cerro<br>Calera |
| 25- Sierra de Cobachi                                 | 26- La Casita-Los Chinos             |
| 27- Sierra Mazatán                                    | 28- Los Oninas                       |
| 29- Cerro Martínez                                    | 30- Cerro La Tinaja                  |
| 32- Los Pinitos                                       | 33- Cerro Prieto                     |
| 34- Agua Verde (N. W.)                                | 35- Agua Verde (S. E.)               |
| 36- San Pedro de La Cueva                             | 37- Tapisco                          |
| 38- Cerro La Zacatera                                 | 39- Valle Los Bronces                |
| 40- Entre Soyopa y San<br>Javier                      | 41- Tonichi                          |
| 42- Guamochil                                         | 43- Mina de La Escondida             |
| 44- El Trigo                                          | 45- Arroyo Arenesco                  |
| 46- Abajo del Río Cedros                              | 47- Nabamora                         |
| 48- Caborca                                           | 49- Entre Agua Caliente y<br>Sobia   |
| 50- Río Chico de Ostimuri                             | 51- Batacosa (al SW del<br>poblado)  |
| 52- Batacosa (al Sur del<br>poblado)                  | 53- La Calera                        |

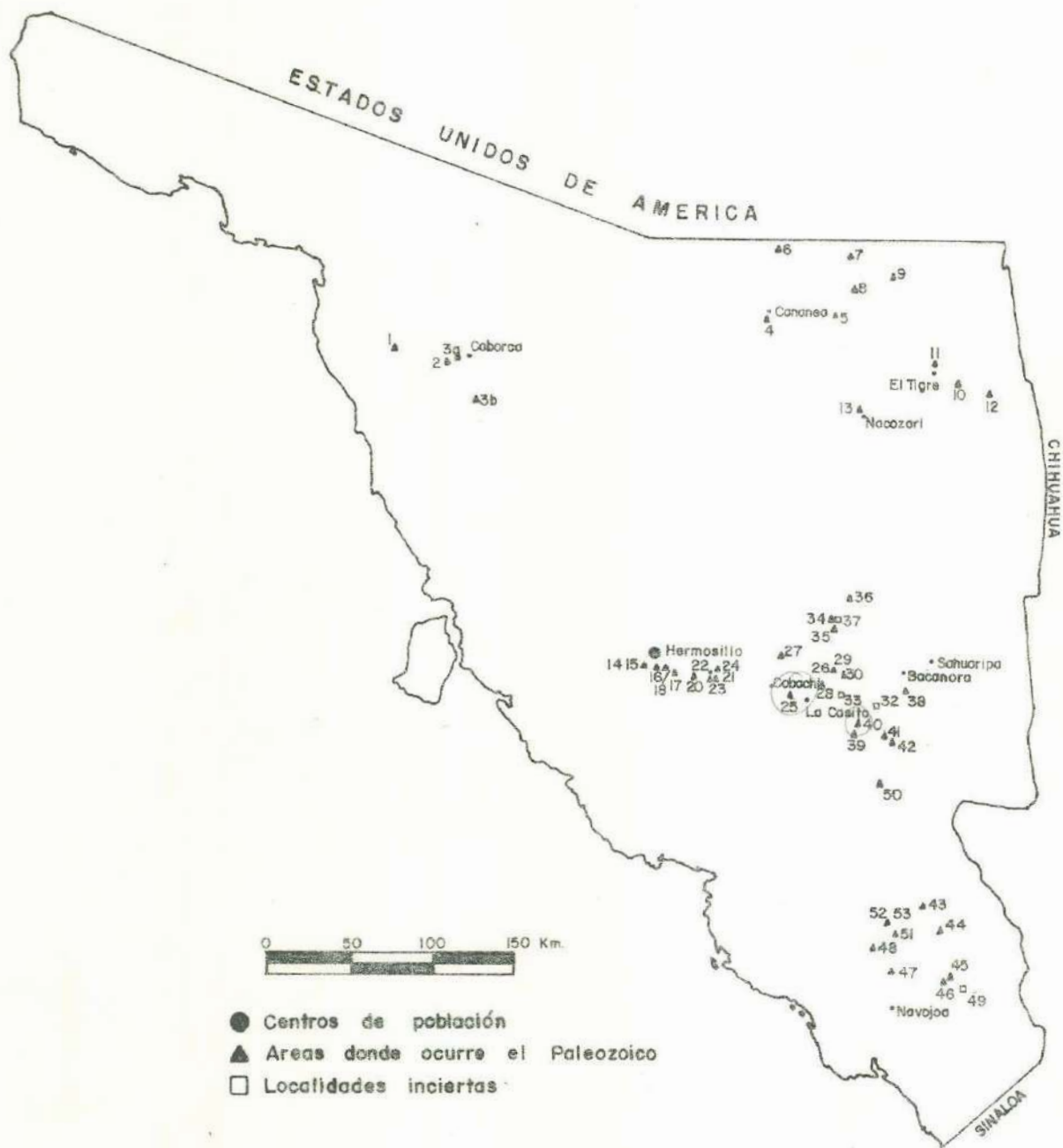


Figura 5.- Mapa que muestra los afloramientos de rocas Paleozoicas en el Estado de Sonora.

este sector mencionando las formaciones que aparecen desde el Pre cámbrico al Reciente. Las rocas expuestas alrededor del área de estudio son ígneas, sedimentarias y metamórficas de contacto.

Estas últimas son muy locales y poco diferenciables. La secuencia abarca desde el Ordovícico hasta el Cuaternario. El Paleozoico comprende lutita, arenisca, caliza, limolita y pedernal que afloran en el extremo norte junto con la sección Guayacán, Caliza Picacho Colorado, y formación La Vuelta Colorada, descritas por Noll (1981), en los cerros Cobachi, Guayacán y Picacho Colorado. Afloramientos similares se observan en el lado este fuera del área y en porciones al sur del Pozo de Juárez.

El Mesozoico está representado posiblemente por el Grupo Barranca hacia el lado sur, este y oeste en pequeñas áreas, granodiorita del Cretácico, que hacia la parte norte es la Sierra de Mazatán y es regionalmente el lugar más prominente. En la porción sur y este del área aflora en las partes bajas. El Cretácico también se encuentra representado por una roca ígnea extrusiva intermedia identificada como basalto andesítico hacia el lado sur.

El Cenozoico que es el mas abundante superficialmente comprende de riolitas al lado NW y sur y conglomerado y arenisca pobremente consolidadas ampliamente distribuídas en la región.

El Cuaternario que es abundante en las partes bajas comprende a sedimentos recientes de los valles, suelos y terrazas aluviales.

## GEOLOGIA LOCAL

### Estratigrafía

Los estratos del área de estudio son mencionados como unidades informales ya que no se tienen los suficientes datos para nombrarlos como formales. Se agrupan en miembros y éstos en capas y se utiliza la clasificación de Noll (1981) que es similar a la observada en el área con variantes que se mencionan más adelante (Figuras 6, 7, 8, 8a, 8b, 8c). Las dificultades para nombrar unidades estratigráficas formales son las siguientes: (1) el espesor de una capa es variable, (2) las capas se encuentran fracturadas, falladas y plegadas, inclusive a veces oscureciendo su presencia, (3) se encuentran cubiertas por material de rocas adyacentes, (4) la cercanía de rocas intrusivas causó cambios mineralógicos, estructuras -

y texturales en la roca original, (5) localmente el depósito de los estratos propició interdigitaciones que produjo espesores variables (Figura 9); se desconoce la presencia de discordancias intraformacionales.

### Paleozoico

Las rocas del Paleozoico se dividieron en 3 miembros para relacionarlos con aquéllos estudiados por Noll (1981) en el Picacho Colorado.

miembro 1 - corresponde a capas de argilita, limolita, arenisca, pedernal, caliza, calcarenita, lutita carbonosa y lutita silícea parecidas al Grupo Guayacán mencionado por Noll (1981) (Figura 7). Tiene un espesor de 300 metros (Noll, 1981) y el afloramiento mayor se encuentra expuesto al sur inmediato del Cerro Guayacán (Figura 8).

Se cartografiaron capas de argilitas en estratos gris oscuro con intemperismo rojo, muy fracturado en diversas direcciones en forma de hojas delgadas y gruesas. Estas se localizan en el arroyo sur del cerro Guayacán, al norte y sur de la mina "San Martín",

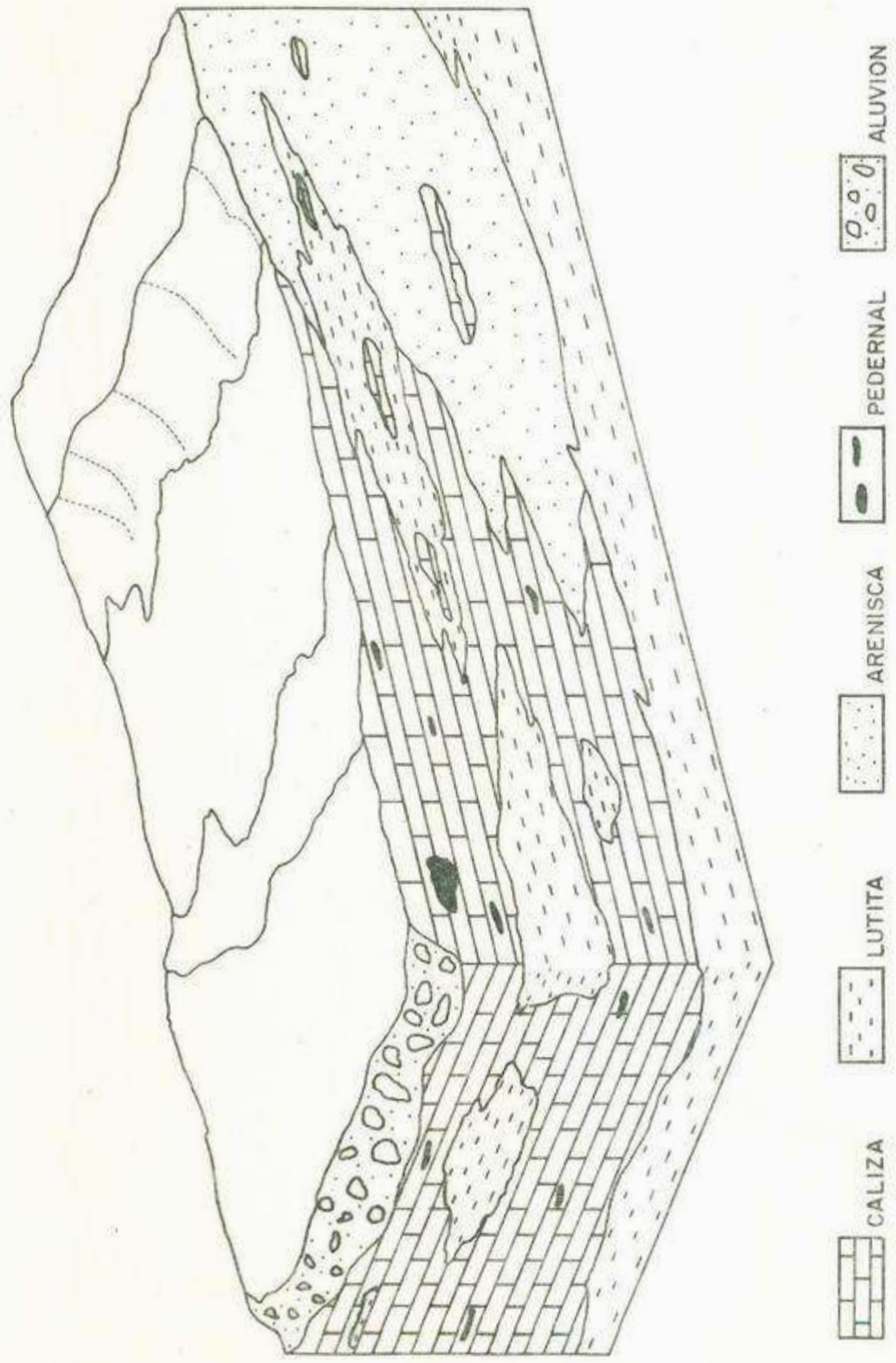


Figura 9.- Diagrama que muestra el depósito con interdigitaciones (aplicable al área de estudio)

partes bajas de la caliza fosilífera cartografiada, y al NE del Cerro Goyete.

Se asume que están descansando sobre el cuerpo intrusivo granodiorítico que es el basamento del área. El límite superior no es bien diferenciado ya que gradúa a una lutita negra. La argilita pudo haberse depositado en un ambiente pelágico o batial tranquilo porque contiene esqueletos poco abundantes de una colonia de graptolitos del tipo *Orthograptus* sp. o *Climacograptus* sp. que fueron datados como Ordovícico Medio a Tardío. Las argilitas en general están asociados a rocas Precámbricas Tardías (Huang 1968). Su ambiente de depósito se sugiere como de aguas profundas o someras pero tranquilas, asociado sílice y ausencia de terrígenos.

Las capas lutíticas están formadas por limolitas en su parte baja, lutita con materia orgánica en la parte media y lutita silícea en la parte alta. La limolita es anaranjado-rojizo y la lutita es gris oscuro. El estrato de limolita es de poco espesor y no fué medido por estar en su mayor parte cubierto pero se supone alrededor de 4 a 5 metros, a unos 300 metros al SW del Cerro Gua-

yacén. Los estratos de lutita negra alcanzan de 10 a 15 metros de espesor. Su límite inferior está en contacto transicional con la argilita y el superior corresponde a una arenisca de poco espesor que se encuentra en una sola parte del área y presenta interdigitaciones (Figura 9).

En la lutita silícea se observan esferas de cuarzo que parecen ser radiolarios por lo que su facies corresponde de arrecife a pelágicas. Por su posición estratigráfica son del Ordovícico Medio. La facies es de aguas profundas y tranquilas, lejos de aporte de material terrígeno donde es típico el depósito de lutitas.

La arenisca es un estrato, al parecer localizado en una sola parte del área aunque posiblemente en otras se encuentre cubierto. Su espesor varía de 4 a 5 metros. Pregger (comunicación personal) lo menciona como una arenisca de grano fino en el Cuerpo II al norte del área y dentro del depósito de barita que representa una discordancia entre ésta y el pedernal superior. Su límite inferior es con la lutita silícea y el superior en discordancia con el

pedernal negro. Pertenece al Ordovícico Tardío. Por su posición -  
estratigráfica y tamaño de grano, su ambiente de depósito es de -  
profundidad intermedia entre la costa y mar profundo.

El pedernalnegro (a) forma estratos de roca dura y muy fractura -  
da y en partes brechada. Con un espesor promedio de 15 metros, -  
su fracturamiento es en láminas en forma de un poliedro rectan -  
gular con superficies planas y curvas. Se encuentra distribuido -  
en algunas partes del área generalmente formando la parte topo -  
gráfica más baja. El límite inferior corresponde en discordancia  
con la capa de arenisca (Pregger, 1981); el superior a una limo -  
lita. Estas rocas también se observan en la sección del Cerro -  
Guayacán donde está la barita. Noll (1981) menciona esferoides -  
de cuarzo que semejan radiolarios. Nosotros los encontramos en -  
lutitas silíceas inferiores. Su posición estratigráfica correspon -  
de al Ordovícico Tardío y la depositación ambiental corresponde -  
a aguas medias a profundas por la presencia de y asociación con -  
lutitas negras.

La unidad silico-calcárea comprende limolita, arenisca, pe -

dernal, caliza, lutita, y calcarenita. Aunque no se observan todas las juntas por estar cubiertas o ausentes localmente, en base a posición estratigráfica se han colocado de la siguiente manera: la capa de limolita como base, arriba de ésta una probable capa de arenisca similar a la que Ketner (comunicación personal, 1981) describe como perteneciente al Silúrico en el depósito de barita de Mazatán y que consiste en cuarzo feldespático con carbonato como cementante y abundante mica blanca. Arriba de ésta se observó pedernal, calcarenita, lutita silícea, arenisca de cuarzo, caliza y lutita en paquetes delgados; el pedernal localmente se encuentra como lentes. Los espesores no llegan a ser mayores de 5 metros. En esta capa silico-calcárea no se encuentran fósiles pero su edad se estimó en base a un braquiópodo del tipo Dzieduszyckia Sp. que corresponde a la etapa Famenian del Devónico Tardío encontrado en las capas que contienen barita correlacionable a esta secuencia (Figura 7). Además, una caliza en la parte superior que contiene conodontos datados por Noll (1981) como Devónico Tardío. Su ambiente de depósito sería un límite poco alejado de la costa que estuvo

sujeto a transgresiones y regresiones con abundancia de terrígenos y de sedimentos calcáreos de grano grueso y fino donde éstos últimos indican tranquilidad posiblemente a cierta profundidad y los primeros alta energía con introducción de terrígenos.

La capa de pedernal negro (b) es muy similar a la capa de pedernal negro (a) aunque su espesor es menor. Queda comprendida dentro del Devónico Tardío y su ambiente de depósito por su mineralogía y características sedimentarias, es de aguas profundas; facies pelágicas.

La unidad de caliza micrítica contiene pedernal en bandas pequeñas. Tiene un espesor aproximado de 10 a 12 metros. Se encuentra debajo de la caliza crinoidal del Picacho Colorado y su separación es definida en base al contenido de los conodontos cuya especie fué definida y datada por Harris (comunicación personal, 1981) como del Famenian. Las facies de éstos abarca de aguas medias a profundas. En la parte superior de esta caliza se encuentra un horizonte de pedernal negro que localmente se presenta como lentes dentro de la misma.

Es caliza gruesa con lentes y pequeños horizontes de pedernal negro (Figura 6). Según la clasificación de Dunham varía desde mudstone a packstone; dependiendo de la cantidad y disposición de los fósiles. Su color es gris oscuro y en partes presenta tonalidades gris claro encontrándose localmente fracturada. Crinoides, fusulínidos y trilobites como fósiles microscópicos forman un horizonte diferenciable (packstone). El metamorfismo ocasionado por el intrusivo, afecta a esta unidad en ciertas partes, de tal forma que borra toda evidencia de fósiles; aparentando un mármol. Su distribución es amplia y se encuentra en casi toda el área. Su límite inferior corresponde con la capa de caliza micrítica y el superior subyace a la capa de pedernal blanco que corresponde a la parte más baja del miembro 3. El espesor es aproximadamente 1 400 metros pero en algunas localidades con espesores bastante reducidos como es el caso del cerro situado inmediatamente al sur de la sección Guayacán donde presenta un espesor de 50 metros.

Esta caliza es mencionada por Noll (1981) como Caliza Picacho-

Colorado en la cual los fusulínidos pertenecen del Leonardiano al Wordiano, y corales al Carbonífero Tardío.

El ambiente de depósito es difícil de definir por el amplio rango de fósiles que comprende, desde supra marea hasta zonas pélagicas. Agrupando las facies se ubicaría alrededor del arrecife sujeto a regresiones y transgresiones y corrientes de material retrabajado. En la porción NE y E de la zona de estudio de la Caliza Picacho Colorado aparentemente sobreyace a las rocas granodioríticas pero su contacto no ha sido localizado.

#### miembro 3. capas silíceas

Este miembro, se encuentra en aparente discordancia con las capas de la Caliza Picacho Colorado. Su mejor afloramiento se encuentra en la parte central y centro del área. Noll (1981) mencionó una formación denominada La Vuelta Colorada suprayaciendo a la Caliza Picacho Colorado. Por contener crinoides y fusulínidos en las porciones arenosas de esta formación se le asignó una edad post Leonardiana-Wordiana y Pretriásica. El miembro 3 tiene una

no!      1/10

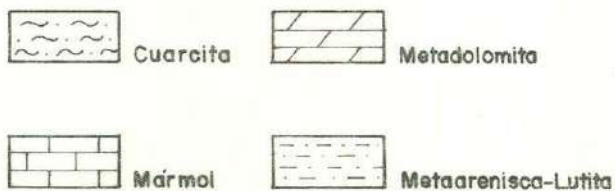
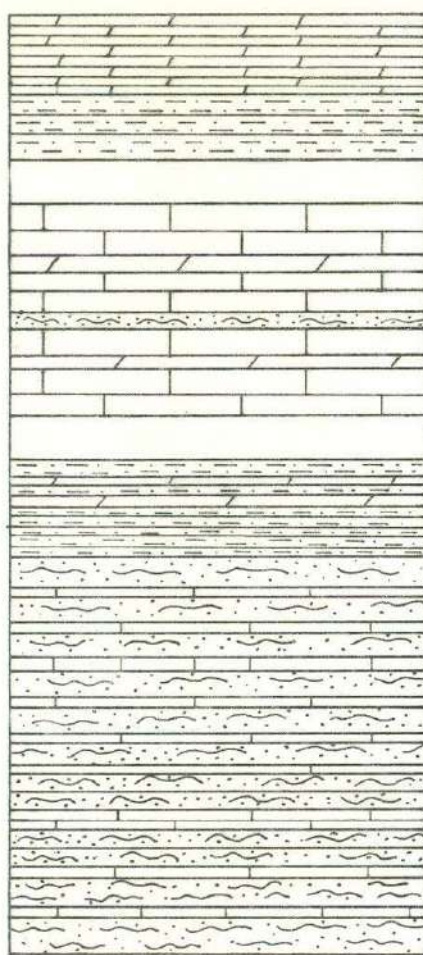
litología similar a la de la formación La Vuelta Colorada solo que las calizas aparentemente no tienen fósiles además de presentar capas delgadas, recristalizadas y silicificadas llegando a formar hornfels de Ca y Si, y mármoles; dependiendo de la cercanía con el cuerpo intrusivo (Figura 6).

El miembro 3 presenta areniscas más puras y blancas que la Formación La Vuelta Colorada, gran cantidad de cuarcita y peder - nal blanco y bandeado que puede representar (1) que el miembro 3 - sobreyazca en discordancia a la Formación La Vuelta Colorada ó (2) que es una secuencia normal y el miembro 3 sobreyace concordan - temente a la Caliza Picacho Colorado y su edad sea post Pérmico - Temprano. Esto último posiblemente sea lo correcto aunque su rela - ción con la Formación La Vuelta Colorada implicaría (a) que las calizas del miembro 3 están alteradas y sus fósiles borrados ó, (b) se encuentra una falla oculta entre la Caliza Picacho Color - do y el miembro 3.

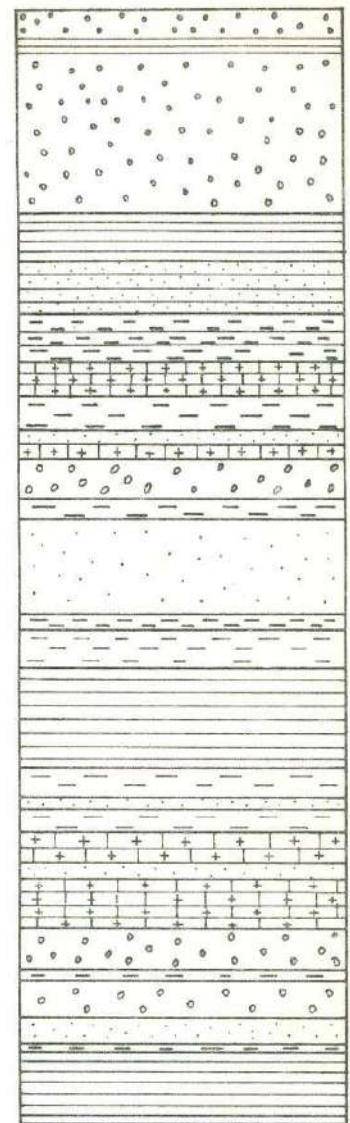
Para ubicar el contacto superior de este miembro se usó la parte inferior del Grupo Barranca (Abadie, 1981). En base a las

observaciones en algunos puntos de la parte este del Estado de -  
Sonora en que aflora el Grupo Barranca, incluyendo San José de -  
Moradillas, donde Abadie (1981) presenta su tesis; se concluye -  
que no se encuentra relación entre estas rocas y las de nuestra -  
área por lo que se asume que son rocas post Pérmicas Tempranas a  
Tardías. Respecto a la falla oculta entre la Caliza Picacho Colo-  
rado y el miembro 3 cabe mencionar que es notoria la existencia -  
de una falla dentro de éste último debido al desarrollo de bloques  
fallados.

Abadie (1981), en el área de la Sierra de Moradillas menciona  
una columna Paleozoica compuesta de cuarcita, mármol, metadolomi-  
ta, lutita metamorfoseada y algunos horizontes no definidos que,-  
comparándolo con la columna de nuestra área podría representar la  
parte alta del Paleozoico y en especial la del miembro 3 por el -  
gran contenido de arenisca de cuarzo, cuarcitas, y por la pausa -  
de fósiles (Figura 12). El Límite superior en partes está represen-  
tado por aluvión y por lo tanto su posición se restringe al Pérmi-  
co Medio-Tardío. El ambiente de depósito es entre la costa y --



ABADIE, 1981  
(APROX. 400 MTS.)  
*Alrededores*



MONTIJO-CORDOVA, 1982  
(MIEMBRO #3 APROX. 1200 MTS.)  
*colachi*

Figura 12.-Columnas estratigráficas del Paleozoico Tardío

arrecife, más cerca del primero por la cantidad de cuarzo presente. También puede representar transgresiones y regresiones pequeñas. El Paleozoico regionalmente marca un ambiente desde costero-hasta zonas profundas, donde el tardío representa la zona costera y el temprano las zonas pelágicas; posiblemente una cuenca de geosinclinal (Noll, 1981). El miembro 3 es atravesado por diques -- aplíticos derivados del mismo Cuerpo intrusivo granodiorítico.

### Mesozoico

El Mesozoico se encuentra representado únicamente por la granodiorita del Cretácico. Sin embargo, una de las finalidades de este estudio fué ubicar la parte baja del Mesozoico (Grupo Barranca) descrita por King (1939) y otros para esta área. Se cuenta con las siguientes consideraciones para afirmar que el Grupo Barranca no está expuesto en el área: (1) concordancia o continuidad en las capas del Paleozoico, (2) abundancia de calizas fosilíferas datadas como del Paleozoico; (3) restricción a una área muy pequeña en el centro de la zona de estudio con características de la cuarcita del Grupo Barranca encerrada entre rocas Paleozoicas-

por lo que se anula su relación. (4) La continuidad y litología -  
del Grupo Barranca no se presenta en ningún momento en el área, -  
(5) los fósiles encontrados en el Grupo Barranca nunca aparecen, -  
aparte de que las calizas en este Grupo son muy escasas y de poco  
espesor.

La roca intrusiva es una granodiorita de biotita-hornblenda -  
que aflora en los Arroyos San Juan y Clemente, distinguiéndose -  
fases de diorita y aplita que atraviesan al miembro 3. Una mues -  
tra de esta roca fué enviada a la Universidad de Arizona en - -  
Tucson al departamento de Geocronología y fué datada por K-Ar. -  
La hornblenda corresponde a  $65.9 \pm 1.4$  m.a. y la biotita a  $66.7 \pm$   
 $1.4$  m.a. (Damon y Shafiguallah, 1980, comunicación personal).

#### Cenozoico

Está representado por aluvión y terrazas aluviales del Cuater -  
nario correspondiente a las partes bajas y valles de los arroyos.  
Estos consisten de conglomerados, arenisca y grava mal consolida -  
da. Su espesor alcanza un mínimo de 3 metros.

## Estructuras

El área es muy compleja respecto a su geología estructural, - en virtud que episodios tectónicos muy fuertes afectaron la región de tal suerte que se encuentra plegada, fallada y fracturada. El rumbo general de las rocas sedimentarias es NE y el echado al SE, aunque eventos tectónicos y magmáticos cambiaron a ambos localmente. Los echados especialmente son cambiados de tal forma que localmente llegaron a recostarse en estructuras anticlinales o sinclinales de pequeña escala.

## Fallas

Las fallas pueden ser diferenciadas en NW-SE y NE-SW. El mapa estructural de nuestra área incluye las fallas cartografiadas por Noll (1981, Figura 10). Algunas de ellas se prolongan en las dos-  
áreas, lo que podría indicar que son las mismas. Las fallas fue-  
ron marcadas en base a echados de capas, depresiones topográficas,  
ausencia de litología, rasgos en la vegetación, fracturamiento y-  
brechamiento. El movimiento en la mayoría de ellas no está definido  
con exactitud. Sin embargo, se pueden clasificar como: norma -

les, inversas, de cabalgadura; donde generalmente las fallas -  
NE-SW son de cabalgadura y las NW-SE pertenecen a las normales e  
inversas. Hacia el norte una de las fallas con rumbo casi E-W -  
limita uno de los flancos de un posible horst que presenta el -  
depósito de barita.

### Pliegues

Las rocas del área fueron sometidas a esfuerzos de compresión, relajamiento y extensión por lo que se encuentran numerosos pliegues de diferentes escalas. Hacia el norte, dentro del depósito de barita, se presenta uno acostado de magnitud mayor que conforma el Cerro Picacho Colorado mencionado por Noll (1981). Un posible cabalgamiento proveniente del S-SW propuesto mas adelante, probablemente produjo esta estructura. Existe otro de menor tamaño situado en la parte sur de la sección Guayacán. Los pliegues menores son volcados y recumbentes siendo más notorios en las calizas y capas de barita, aunque se encuentran simétricos y monoclinales.

El Cerro Las Igualamas puede ser un sinclinal debido a la - -



Figura B.- Panorámicas que muestran el Cerro Picacho Colorado (arriba) y el Cerro Cobachi (abajo)

falla que queda marcada en su eje axial con un rumbo aproximado -  
E-W.

### Fracturamiento

Debido a los diferentes eventos de tectonismo en la región y a la resistencia de las rocas a éstos se encuentran fracturas -- abundantes principalmente en pedernal, lutita, caliza y rocas intrusivas. La mayoría son pequeñas aunque algunas de ellas llegan a medir hasta 300 metros.

### Petrología

#### Rocas sedimentarias

Limolita - roca de color anaranjado claro a rojo fuerte con - fracturas en bloques. Se presenta en hojuelas delgadas y duras. - Contiene mica, clorita y minerales arcillosos en su mayoría. Los afloramientos son por lo general pequeños y altamente intemperizados.

Lutita - color gris claro a oscuro. Se presenta en paquetes gruesos a delgados y localmente en horizontes poco diferenciables por su gran espesor. En ocasiones aparece con un gran contenido -

de sílice que la hace dura y compacta o con abundancia de materia orgánica y carbonosa, siendo el intemperismo más marcado. Se observaron óxido de manganeso, fierro y cobre.

Arenisca - se presenta en gris claro, anaranjado claro, blanco, rojo-anaranjado y café claro, generalmente masiva y dura pero en ocasiones con textura sacaroides y deleznable. El contenido de cuarzo varía entre 75% a 95% con mica sericita, epidota, clorita, granate y turmalina como accesorios. Por metamorfismo de contacto se produjeron minerales de grado bajo a medio tales como micas, granate y epidota, etc. que cambiaron muy poco su textura y coloración localmente la muscovita produce un brillo característico y determinativo. La presencia de arcosa puede ser posible.

Argilita - roca de color gris obscuro a negro, con intemperismo de color rojo-anaranjado y fracturamiento en bloques delgados a gruesos, uniformes y compactos. Es de grano fino, su fábrica general implica recristalización del material original por lo que semejan lutitas débilmente metamorfoseadas con cierta lineación y textura de compactación. Un estrato de esta argilita incluye gra-

ptolitos.

Pedernal - color blanco a negro con bandas locales claras y -  
obscuras. Tiene gran contenido de cuarzo, variando a silexita y -  
novaculita en partes muy locales. Es una roca dura, densa y crip-  
tocristalina con fractura concoidea y en hojas. Ocurre en capas -  
gruesas y delgadas, solo o interestratificado con caliza, arenis-  
ca y cuarcita. Se observó también en nódulos de color oscuro den-  
tro del mismo pedernal. Es común encontrarlo con caliza de facies  
foraminíferas donde el ph es bajo, baja temperatura y alta salini-  
dad favorecieron su precipitación. Su composición es ópalo, calce-  
donia y cuarzo criptocristalino o una mezcla de éstos.

Brecha - presenta gran proporción de fragmentos angulosos de-  
la roca encajonante, presentando silicificación abundante. Su --  
origen es por fallamiento principalmente sin embargo, Noll (1981)  
cita dos estructuras de "breccia pipe" al norte del depósito de -  
barita.

Caliza y calcarenita - son gris claro a oscuro, verde claro-  
y rosado de grano fino, medio y grueso. Presentan capas delgadas-

estratificadas con arenisca, pedernal y lutita así como capas - - gruesas con o sin fósiles. La textura es clástica, orgánica y recristalizada por diagénesis. La silicificación intensa es notoria.

La caliza crinoidal y con braquiópodos es muy abundante. La calcarenita se presenta en horizontes de material clástico, bien clasificado conteniendo 50% de detritos carbonatados del tamaño - de la arena. Un rasgo notorio es que se presentan paquetes de caliza metamorfoseada con wollastonita-actinolita.

Conglomerado - constituye material acarreado por los arroyos - y compuesto principalmente por clastos de diversos tamaños de las rocas presentes en el área y localmente cementados por caliche. - Están pobremente consolidados.

#### Rocas metamórficas

Cuarcita - roca de color blanco que representa metamorfismo - de contacto y cuya composición original bien pudo ser una arenisca de cuarzo madura. Está compuesta por granos entrelazados que - han perdido casi toda su traza de origen clástico. Contiene cuarzo en 95% a 100%, feldespato, magnetita y algunas hojuelas de - -

mica, clorita y magnetita y, en menor cantidad hornblenda epidota y microclina.

Hornfels calcico-silicatados y pelítico - presentan color - - claro a obscuro. Se formaron por metamorfismo de contacto de rocas arcillosas y calco-silicatados. Están compuestos principalmente - por cuarzo, feldespato, biotita, muscovita, piroxeno, granate, calcita, andalucita y cordierita. Los hornfels pelíticos están formados de cuarzo, feldespato, micas, magnetita, grafito y abundante - andalucita y/o cordierita.

La andalucita aparece con inclusiones de cuarzo, feldespato y grafito. Se observaron porfidoblastos de granate, muscovita y biotita. La clorita y la sericita son minerales secundarios. El - - hornfels de Ca-Si de la mina "San Martín" está compuesto de plagioclase cálcica, calcita, vesubianita, wollastonita y minerales del grupo de la epidota; hiperstena andradita, grosularita y, escaso - cuarzo y flogopita.

Mármol - roca de color blanco a verde claro, formada por metamorfismo de contacto de las rocas carbonatadas por la Granodiorita

Cobachi. La naturaleza de los constituyentes accesorios depende del contenido de materiales calcáreos, arenosos, arcillosos y -- substancias volátiles. El mármol más común es el de wollastonita y calcita, y en afloramientos se encuentra con trazas de mineralización, principalmente de sulfuros. El mármol de calcita llega a formar un agregado completamente saturado de cristales de calcita.

#### Rocas ígneas

Granodiorita - aflora en las partes bajas formando lomeríos.- Su fracturamiento es intenso. Contiene biotita-hornblenda, grano fino a medio, porfirítico y feldespato. Los accesorios son apatita y zircón y magnetita. La plagioclasa está alterada a caolín y sericita y la biotita y hornblenda parcialmente a epidota.

Diorita - está compuesta por cristales de biotita, hornblenda, plagioclasa sódica, en una matriz de caolinita, cuarzo y escaso - feldespato potásico. Representan una fase marginal de la granodiorita y se presenta como troncos y diques.

Aplita - se presenta en diques de color claro (2-3 metros de espesor), con textura anhedral, grano fino y uniforme. En ejemplar

de mano su apariencia es sacaroides, con pequeños fenocristales -  
espaciados de cuarzo y feldespato alcalino.

## GEOLOGIA HISTORICA

### Precámbrico y Paleozoico

Durante el Precámbrico el desarrollo y comportamiento de las placas no ha podido conocerse, aunque se asume que extensas áreas estaban formadas por grandes batolitos graníticos, por rocas volcánicas ampliamente distribuídas por cinturones metamórficos. La intensa erosión sobre los cratones, el transporte de sedimentos y posterior depósito en cuencas, la presencia de arrecifes y la deriva en el Precámbrico tardío y Paleozoico temprano construyeron los bloques continentales dando lugar así a una historia que se puede reconstruir con un poco más de detalle (Dickinson and Payne, 1981).

En el Paleozoico temprano se depositaron los sedimentos provenientes de un cratón que formaba parte de las tierras positivas situadas hacia el este de la cuenca que los recibía y de donde posiblemente empezaron a ser acarreados los primeros materiales que hoy forman parte del área. Las rocas que forman el miembro 1 muestran condiciones de sedimentación en ambientes profundos, anaeró-

bicos, o reductores y lejos de una fuente de aportación detrítica por lo que se puede pensar que su depósito fué en un geosinclinal que en su parte más somera estuvo sujeto a la influencia de regresiones y transgresiones desde el Ordovícico al Devónico. Este fué el geosinclinal cordillerano, los eventos importantes fueron la separación de continentes durante el Precámbrico, unión de éstos en el Cámbrico y separación del Ordovícico al Triásico. En este miembro es donde se encuentra la barita. (Mintz, 1972).

En el Devónico tardío probablemente ocurrió plegamiento y fallamiento que afectó considerablemente las rocas del miembro 1 con depósito subsecuente de la Caliza Picacho Colorado que alcanza un espesor de 1 400 metros. Poole 1982, comunicación personal, reporta conodontos que pertenecen al Mississippico y Pensilvánico en un material retrabajado. Es probable que ello se deba a la influencia de un incipiente tectonismo durante el depósito de esta caliza.

A principios del Pérmico se presentó un fenómeno de deformación consistente con la orogenia Antleriana y Ouachita (Fries, 1962) que provocó plegamientos y fallamiento en Sonora. Este, por-

medio de fallas transformes desarrolló la presencia de bloques alóctonos por fallamiento de cabalgadura, acompañado de vulcanismo, y la acción de las placas oceánicas sobre el continente. Esto pudo ocurrir después del Famenian y antes del Leonardiano dando lugar al plegamiento de la Caliza Picacho Colorado (Noll, 1981) y provocó un cinturón orogénico que atravesó al estado de Nevada de norte a sur, entró en el sur de California y afectó la parte oeste del estado de Sonora (Fries, 1962).

A finales del Pérmico se depositó sobre la Caliza Picacho Colorado el miembro superior de la sección con un espesor aproximado de 1 200 metros. Su desarrollo estuvo controlado por un ambiente deltaico con partes locales más profundas, siendo el principal rasgo el que sus rocas estén muy silicificadas con abundancia de areniscas y cuarcitas. (Noll, 1981).

#### Mesozoico

Durante el Jurásico se formó el geosinclinal Coast-Range producto de varios eventos tales como choque de las placas del Pacífico y Americana, emergencia de arcos insulares con plegamiento y

metamorfismo, y la formación de una gran cadena montañosa que posiblemente se continuó en México (Orogenia Nevadiana-Laramídica, Dott y Batten, 1971). En el Cretácico tardío-terciario temprano se presentó un período de deformación comprensivo con esfuerzos dominantes NE-SW que afectó a las rocas pre-terciarias con formación de anticlinales y sinclinales, al mismo tiempo que una etapa de intrusión félsica (granodiorita Cobachi) metamorfoseó la región y dió lugar a skarns locales en la Sierra de Cobachi. Durante su emplazamiento el cuerpo intrusivo provocó bloques resbalados como resultado del empuje de éste hacia arriba. Es también durante este tiempo que hubo vulcanismo andesítico y la formación de un arco magmático que colisionó después con el continente y cuya posterior separación formó la subprovincia de sierras y valles paralelos que corta y desplaza las fallas anteriores (Noll, 1981). La formación de esta subprovincia representa un relajamiento de fuerzas comprensivas de la placa del Pacífico sobre la Americana.

#### Cenozoico

Durante el Eoceno tardío y Oligoceno se formaron bloques li -

mitados por fallas normales, y durante el Mioceno tardío-Pleistoceno temprano bloques en una dirección preferencial NNW-SSE con depósitos de gruesas secuencias clásticas continentales, (Dott y Batten 1971).., vulcanismo concurrente se observa en los alrededores del área de estudio. Durante el Cuaternario se depositó aluvión que consiste de clastos no consolidados aunque localmente cementados por caliche. Este es producto de erosión reciente e intemperismo de las rocas preexistentes. El espesor no ha - - podido ser determinado.

1. Tipos de depósitos

El aspecto económico del área es interesante porque existen depósitos cuyas características indican diferentes ambientes de formación (Figura 11); siendo los siguientes los más importantes: (a) barita, propiedad de Minera Báucarit, S.A. de C.V., (b) Minas "San Martín", propiedad del Sr. Eliseo Navarro, y (c) Brecha El Pozo (proyecto San Martín) de Mexicana del Cobre. Las dos primeras serán descritas más adelante.

La brecha localizada al SE del Rancho El Pozo (Figura 8) se encuentra en rocas Paleozoicas y su origen es posiblemente tectónico. Bajo estas rocas sedimentarias se encuentra la granodiorita Cobachi la cual, a su vez, fué intrusionada por diques y cuerpos irregulares de pórfidos de cuarzo posiblemente relacionado a la mineralización.

La compañía Mexicana del Cobre lleva a cabo un programa de barrenación con diamante para explorar la brecha que es de forma elipsoidal con más de 1 Km de largo y una extensión vertical cono-

cida de 170 metros. La mineralización de sulfuros está restringida al cementante y consiste de pirita, calcopirita, esfalerita y valores asociados de plata. Sin embargo, escasa pirita está relacionada a los diques de pórfido de cuarzo y brechas menores dentro del área. Los contactos son transicionales marcados por zonas de fuerte fracturamiento. Los fragmentos son angulares y consisten de arenisca y caliza cementados por cuarzo, epidota, clorita y calcita.

Se observan también depósitos de contacto en varias localidades. Estos se muestran en pequeñas obras mineras abandonadas por medio de zonas de alteración pequeñas y por valores de sulfuros notados en superficie. Es probable la presencia de tungsteno en algunas de ellas por el efecto del emplazamiento de la granodiorita sobre la caliza.

## II. Cuerpo "El Barril"

El Cuerpo "El Barril" se encuentra en la esquina NW del área de estudio a una distancia de 0.5 Kms al NW del Rancho "El Barril". El levantamiento geológico se llevó a cabo por medio de brújula -



Figura 12a.- Panorámicas que muestran el Cuerpo El Barril;  
mirando al Norte

y cinta desarrollando una cuadrícula con espaciamientos de 20 -- metros cada punto y a una escala de 1: 1 000 para un mejor control de la geología y estructuras así como perfiles que muestran el -- comportamiento de la litología. Se contó con los datos proporcionales de 6 barrenos con un total de 57 metros de profundidad. Pederal es la roca que más se observa (Figura 13) y muestra la parte -- más baja de la columna. Hacia arriba afloran arenisca, caliza, -- caliza con barita, arenisca con barita, barita pura y limolita -- intercalada principalmente con la caliza y una secuencia de barita, arenisca y caliza, éstas de menor espesor. El aluvión rodea completamente el afloramiento.

El principal mineral, que representará una fuente de trabajo en la región por la magnitud del depósito, es la barita. Se presenta en 4 tipos: masiva, en rosetas y nodular, arenisca cementada con barita, y conglomerado baritoso.

El yacimiento "Barita de Cobachi" se divide en cuerpos de alta ( $> 3.8$ ), mediana ( $3.5 - 3.8$ ) y baja ( $< 3.5 \text{ gr/cm}^3$ ) ley determinados por gravedad específica. Los minerales de ganga son cuarzo, -

calcedonia, escasa calcita y piroxeno, feldespatos y pirita.

El origen se postula como singenético sedimentario en base a observaciones petrográficas. Evidencias de un origen de reemplazamiento epigenético o hidrotermal no se han observado debido a la ausencia de alteración de la roca encajonante y algún indicio que justifique la presencia de fluidos mineralizantes. En la barita se encuentran crinoides y braquiópodos indicando que vivieron en un ambiente de depósitos ricos en lodos de sulfato de bario, por lo que se deduce que una gran cantidad de barita en los ambientes marinos no es tóxica para las especies (Montes y Campillo, 1982).

La estratigrafía de "El Barril" corresponde a las unidades 2, 3, y 4 Devónico tardío, que John Noll (1981) describe en la Sección Guayacán dentro de los estratos Paleozoicos del área de Cobachi (Figura 14).

#### Grupo Guayacán

Este nombre se aplica a una secuencia de rocas con un espesor de aproximadamente 290 metros consistentes de lutitas con graptolitos, lutita silícea, pedernal bandeado, barita estratiforme,

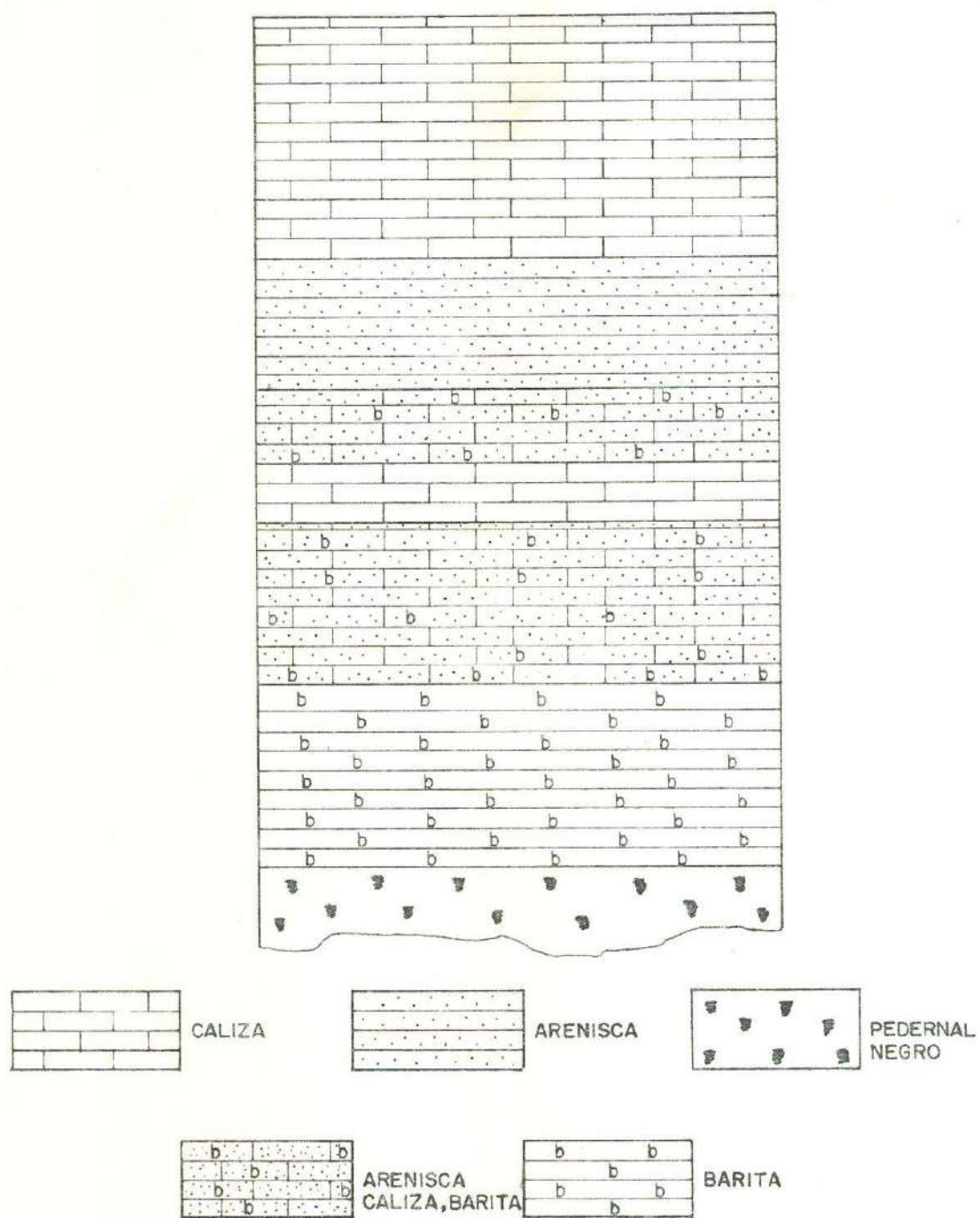


Figura 14.- Estratigrafía del cuerpo El Barril. Espesor aprox. 30 Mts.

material clástico, terrígenos y caliza. La secuencia aflora en la porción oeste del Cerro Guayacán. Las unidades se dividen en 4 partes designadas como 1, 2, 3, y 4.

La Sección Guayacán no se encuentra bien expuesta con el 70% cubierta por talud y coluvión. Es una de las dos secciones de la Sierra de Cobachi que incluye la litología asociada con la barita.

Unidad 1 - La unidad basal (95 metros de espesor) la forman argilita y lutita. Esta litología parece graduar una dentro de la otra, aparentemente como resultado de un cambio de porcentajes relativos de pedernal y filosilicatos. Las lutitas silíceas y lutitas varían de oscuras a grises, son ricas en sulfuros y están altamente fracturadas. Las fracturas comúnmente están rellenas con óxidos de fierro de manganeso. La lutita que se encuentra en la parte superior de la unidad contiene graptolitos, detritos finos a muy finos del tamaño de la arena, cuarzo microcristalino y trazas de feldespatos, muscovita y turmalina. La pirita se encuentra parcialmente alterada a limolita o hematita. La matriz orgánica está diseminada a través de la roca o concentrada dentro

de ligeras lamiraciones translucientes de color anaranjado a rojo. No se encontraron evidencias de bioturbación. Los graptolitos de la unidad 1 son fragmentos rhabdosomes preservados por películas de óxido blanco a rojizo y ocasionalmente por películas de carbón. Estas zonas de graptolitos varían del Edenmaysville hasta el Richmond (Ross y Berry, 1963).

Unidad 2 - Sobreyaciendo a las lutitas del Ordovícico tardío se observó pederanl negro (24 metros). Al microscopio petrográfico esta roca contiene de 1% a 2% de cuarzo detrítico; 1 a 2% de pirita finamente diseminada (parcialmente alterada a hematita), y 3 a 5% de pequeños esferoides con un diámetro de 0.3 mm todos en una matriz orgánica rica en cuarzo microcristalino. Los esferoides se encuentran localmente a lo largo de planos de bandeamiento y son parecidos a los radiolarios en los pedernales del Ordovícico al Devónico de Nevada (Stanley, Chamberlain, y Stewart, 1977) y a la novaculita de la región Marathon (Texas) del Silúrico a Devónico (Folk y Mc Bride, 1978).

Unidad 3 - Pedernal, barita, arenisca y caliza arriba del peder -

nal negro de la unidad 2 pero debajo de la caliza del Cerro Guayacán se designan como la unidad 3 (espesor: 158 metros). La arenisca intercalada con la barita es feldespática y de grano fino.

La barita y arenisca micácea o arenosa de la porción superior de la unidad 3 contiene fragmentos de roca volcánica y granos de cuarzo largos, redondeados y ondulados. Los fragmentos de roca son tabulares y angulares y están compuestos de microlitos y fenocristales de plagioclasa en una matriz isotrópica. Estos fragmentos ocurren también en la barita masiva del Cerro Guayacán.

Unidad 4 - La caliza en la cima del Cerro Guayacán se designa unidad 4, con un espesor de 10 metros. El espesor original y la naturaleza del contacto inferior no es conocida debido a que su base se encuentra cubierta. Lo expuesto es caliza arenosa gris a la que intercalan horizontes de lutita carbonosa. En la parte superior se encuentra pedernal negro de 1 metro de espesor.

#### Estructuras

Fallas, fracturas y pliegues conforman la estructura de la zona de estudio. Esta es compleja debido a la intensidad de los fenó

menos tectónicos.

Las fallas tienen un rumbo preferencial NE-SW en ocasiones se observó brechamiento en los planos de falla. Las fracturas no tienen un patrón definido. El fallamiento en bloque es bastante notorio por la naturaleza de la topografía. El plegamiento es más frecuente en los estratos de barita y arenisca con barita, ya que en distancias de menos de 10 metros llegan a ser volcados y recumbentes; los echados de las capas están hacia el NWySE (Figura 15).

La mayor estructura ? consiste en un anticlinal cuyos componentes litológicos gradúan a un sinclinal hacia el lado este que después fué fallado en bloques debido a la intrusión de la granodiorita de Cobachi en el Cretácico-terciario. El Cuerpo "El Barril" representa un remanente de erosión en el que sus bloques tienen un rumbo y pendiente hacia el SE.

### III. Mina "San Martín"

La mina "San Martín" se localiza a 10.8 Kms al SE 23° de Cobachi a los 110°10' longitud E, 28°49' de latitud N y a 1.65 Kms al SE 25 de el Cuerpo "El Barril". El yacimiento está sobre una altu



Figura 15a.- Panorámicas que muestran terreros y cata exploratoria en la mina San Martín

ra aproximada de 605 metros sobre el nivel del mar. El acceso a la mina es por medio de un camino de terracería en condiciones medias de uso el cual sale del rancho "El Barril" hacia el SE. Las rocas expuestas y detalladas en la figura 16 representan parte de la -- secuencia Paleozoica expuesta en el área de estudio, cuyo metamorfismo de contacto fué originado por el cuerpo intrusivo sobre las rocas encajonantes (lutitas y calizas principalmente). La litología corresponde a lutita silícea oscura con intemperismo rojo, -- caliza marmolizada con granate y epidota, limolita rojo anaranjada, lutita negra menos silícea que las anteriores con materia orgánica, arenisca de cuarzo gris claro y rojo claro, hornfels de Ca y Si, -- cuarcitas blancas y rojo claro, pedernal negro y gris medio, silexita, granodiorita-diorita y aluvión.

Los estratos abarcan desde el Ordovícico medio a tardío (?) -- hasta el Pérmico medio (?) no apareciendo la totalidad de la sección debido a la ausencia de capas por el fallamiento intenso -- producido por el cuerpo intrusivo. El espesor total de la columna es alrededor de 1 200 metros. Algunos estratos se encuentran en --

horizontes pequeños y a veces poco diferenciables como son las calizas marmolizadas sin evidencias de fósiles, siendo probable su equivalencia con las calizas del Picacho Colorado.

Las estructuras que dominan principalmente este yacimiento son fallas y fracturas. Las fallas son normales con una orientación que varía entre N y NE (Figuras 16, 17 y 18), y su presencia es evidente por repetición de capas, variación de los rumbos y echados en distancias cortas, la naturaleza de la topografía, y por cambios en el comportamiento errático de la mineralización que crea problemas serios en el minado y extracción del material-retrabajado. Se observan también planos de falla con brechamiento y milonitización local. El sistema dominante de fracturas es NW y fué principal medio para el desarrollo de la alteración en la mina.

Los minerales observados son galena argentífera, esfalerita, calcopirita, pirita, marcasita y como ganga cuarzo y calcita. Las leyes promedio son: 659 gr./ton. de Ag, 11.53% de Pb, 12.83% de Zn, y 1.10% de Cu en la zona de sulfuros y 364 gr./ton. de

Ag, 9.20% de Pb y 0.40% de Zn en la zona de oxidación.

Se puede diferenciar a grandes rasgos tres zonas. Zona de oxidación (óxidos de Pb, Zn, y Fe), zona de granate (andradita verde), y zona de calcita recristalizada. El afloramiento mayor de caliza marmolizada contiene grandes cantidades de carbonatos de Cu y Mn rellenando fracturas. La estructura mineralizada sobre la que está efectuando los trabajos consiste en un filón o fractura de reemplazamiento de alta ley, con un rumbo NW 75°. Se cartografiaron diaclasas con rumbos NW 75° y 60 NE echado, sin influencia en la mineralización. Los sulfuros se encuentran a una profundidad aproximada de 10 metros que sería el límite con la zona de oxidación. La roca encajonante presenta pequeñas concentraciones de sulfuros diseminados con una silicificación intensa. La estructura a grandes rasgos tiene una potencia promedio de 1.5 metros con un rumbo NE 80° inclinada 45° al SE y con un largo aproximado de 20 metros, aunque puede tener hasta 100 metros. La silicificación es abundante en las rocas encajonantes así como la recristalización y la alteración hidrotermal que es de tipo

cuarzo-sericita.

Este yacimiento podría corresponder a reemplazamiento metasomático de contacto teniendo el control de la mineralización por medio de fallas y fracturas durante el Terciario (C.R.M. reporte-confidencial 1980).

## DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1941  
VER DE MIS HIJOS  
PARA MI GRANDEZA  
BIBLIOTECA DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

Durante su historia geológica el área ha estado sujeta a eventos tectónicos que en secuencia e intensidad han cambiado la naturaleza de la litología y estructuras y por lo regular hacen difí-cil su interpretación. Entre los principales rasgos se citan los-siguientes: 1) la asociación de rocas de ambiente profundo con - otros que se depositan en condiciones someras, 2) la presencia - de rocas en la que la temperatura de formación difiere en un am - plio rango de otras inmediatas; por ejemplo mármol con caliza, - - pedernal y lutita; 3) fuerte plegamiento y metamorfismo cuya pre-sencia es compleja, 4) la disposición y frecuencia de las fallas-y fracturas que hacen confusa la interpretación del comportamien-to estructural de las capas. Por lo anterior se llega a las si - guientes conclusiones: 1) al sur del yacimiento de barita de Minera Báucarit, S.A. de .C.V., no se encuentran cuerpos mineraliza - dos conteniendo  $BaSO_4$ ; 2) las rocas expuestas comprenden en mayor porcentaje al Paleozoico, 3) se diferencié éste en 3 partes con - litologías y ambientes característicos; 4) el Mesozoico está reprere

sentado por la granodiorita Cobachi; 5) el área presenta un inte  
rés económico con respecto a depósitos minerales de contacto. .

Finalmente se recomienda que esta información sea incorpora-  
da al plano geológico del Estado de Sonora, y que estudios poste-  
riores en la región traten de establecer el contácto entre el -  
Paleozoico y Mesozoico para un mejor conocimiento de la estrati-  
grafia.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a Minera Báucarit, S.A. de C.V. por el apoyo financiero recibido durante el desarrollo del programa de trabajo; su personal del que la convivencia deja gratos recuerdos. Al Ing. Ted Bolich por su compañía y ayuda en el campo.

Muy especialmente y con el respeto que merece a nuestro asesor de tesis el Dr. Guillermo A. Salas P. por su calidad humana y decidida colaboración, así mismo, queremos hacer patente el reconocimiento a nuestro compañero Mariano Morales M. por sus sugerencias de campo y Petrografía. así como al Ing. Efrén Pérez S. y al Dr. Ariel Echávarri P. por las facilidades prestadas para la elaboración del trabajo petrográfico.

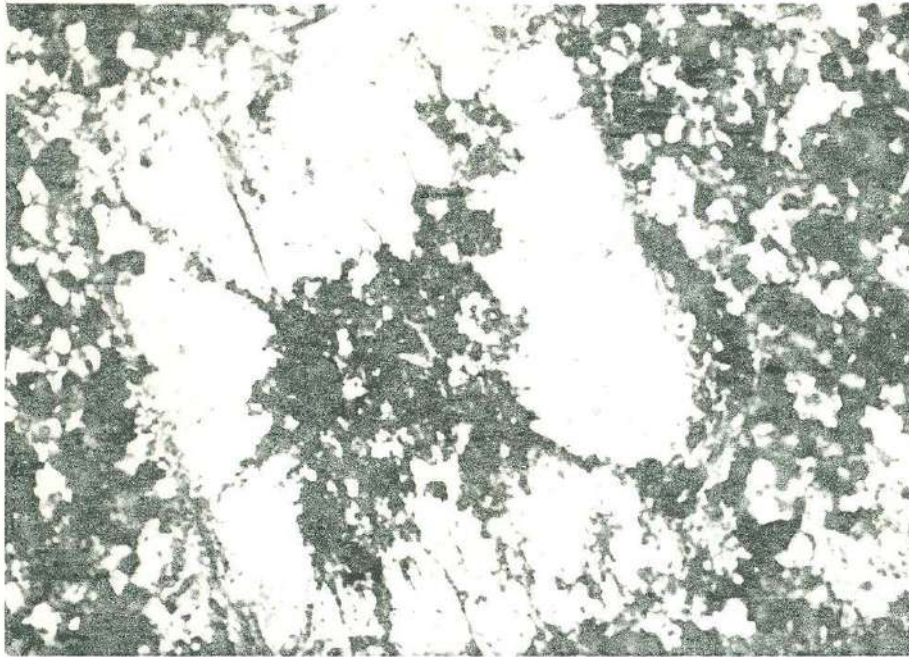
De igual manera a Manuel Montes P. y Rodolfo Saucedo por sus comentarios; así como a las personas de Cobachí que hicieron de nuestra permanencia en esa población un motivo de satisfacción.

## BIBLIOGRAFIA

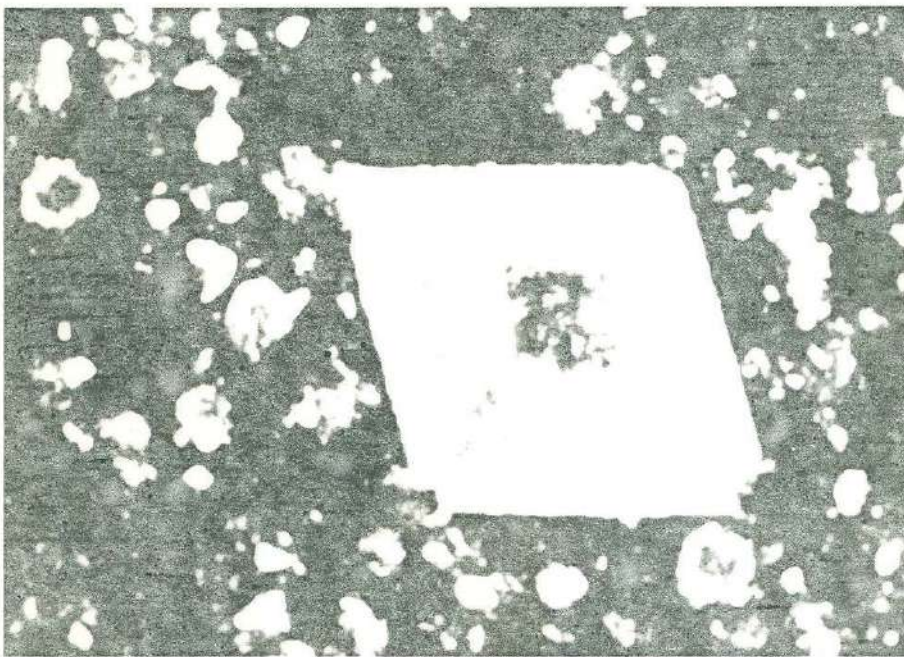
- Abadie V. H., 1981, Geology of part of the Sierra de Moradillas, -  
Sonora, México, M.S. thesis, Stanford University.
- Billings M.P., 1972, Stuctural Geology, Prentice-Hall, Inc., -  
Englewood Cliffs, New Jersey, 590 p.
- Bolich y Otros, 1980, Preliminary Geologic and Progress Report -  
Cobachi Barite Proyect Sonora, México. Reporte confidencial.
- Consejo de Recursos Minerales., 1980, Informe interno de la mina-  
"San Martín".
- Dickinson William R. and Payne William D., 1981, Relations of -  
Tectonic to Ore Deposits in the Southern Cordillera, Arizo  
na Geological Society Digest Volume XIV, Tucson, Arizona.
- Domínguez E., 1979, Estudio geoeconómico del Depósito de Barita de  
Cobachi, Sonora., Servicios Industriales Peñoles; Informe -  
Confidencial.
- Dott R. H. and Batten R. L., 1971, Evolution of the earth, second-  
- edition, Mc Graw-Hill Book Company, 500 p.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of Carbonate rocks according to  
Depositional Texture, in Classification of Carbonate rocks,  
a symposium: American Association of Petroleum Geologists -  
Memoir 1.
- Folk, R.L., and McBride, E.F., 1978, Origin of the Caballos Nova -  
culite, in Mazzullo, S.J. (ed), Tectonics and Paleozoic -  
facies of the Marathon Geosyncline, west Texas: Permian -  
Basin Section, Society of Economic Paleontologists and Mine  
ralogists Publication 78-17, p. 101-130.
- Fries, Carl, Jr., 1962, Reseña de la geología del Estado de Sonora,  
con énfasis en el Paleozoico: Asociación Mexicana de Geólogos  
Petroleros, Boletín, v. 14.
- Gignoux M., 1955, Stratigraphic Geology, W.H. Freeman and Company,  
San Francisco, California 680 p.
- Huang W. T., 1968, Petrology, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., -  
454 p.

- Hyndman W. D., 1972, Petrology of igneous and metamorphic rocks, Mc Graw-Hill Book Company, 508 p.
- Ketner K. B., 1969, Ordovician bedded chert, argillite and shale of the Cordilleran Geosyncline in Nevada and Idaho. Unoted States Geological Survey, professional paper 650-B, p. B23 B-34.
- Köeppen W., 1936, Handbook of climatology: Berlin, Germany.
- King R, E., 1939, Geological reconnaissance in northern Sierra - Madre Occidental of Mexico. Geological Society of America - bulletin, v50, p. 1625-1722.
- López Ramos E., 1979, Geología de México, edición escolar, segunda edición, tomo II y III.
- ✓ Mendoza H., 1981, Geología de los yacimientos de barita sedimentaria de Mazatán, Sonora. Tesis profesional. Instituto Politécnico Nacional.
- Mintz L. W., 1972, Historical Geology, The Science of a Dinamic - Earth. Merril Publishing Company, Columbus Ohio, 785 p.
- ✓ Montes P. Manuel y Campillo Ana I., 1982, Geología del Yacimiento de Barita de Cobachi, Sonora. Tesis profesional en publicación. Universidad de Sonora.
- ✓ Noll J. H., 1981, Geology of the Picacho Colorado area, northern-Sierra de Cobachi, central Sonora, Mexico. M.S. thesis; - Northern Arizona University, Flagstaff, 165 p.
- Raisz, E., 1959, Landsforms of México: Office of Naval Research, - Geography Branch, Cambridge, Mass.
- Reading H. G., 1978, Sedimentary environments and facies. Elsevier North-Holland Inc. New York, 544 p.
- Ross, R. J., Jr., and Berry, W.B.N., 1963, Ordovician graptolites of the Basin Ranges in California, Nevada, Utah, and Idaho: U.S. Geological Survey Bulletin 1134, 177 p.
- Pettijohn F. J., 1975, Sedimentary Rocks, third edition, New York, Harper and Row, 628 p.
- Pregger B. H. (in preparation), the geology and origin of the - Cobachi, Barite Deposit, Northern Sierra de Cobachi, Sonora, Mexico. Unpublished M.S. thesis, Northern Arizona University, Flagstaff,

- Scholle A. P., 1978, Carbonate rock constituents, textures, cements, and porosities, AAPG, memoir 27, Tulsa Oklahoma, 240 p.
- Scholle A. P., 1979, Constituents, textures, cements, and porosities of sandstones and associated rocks, AAPG, memoir 28, -- Tulsa Oklahoma, 200 p.
- S. P. P., 1981, Atlas Nacional del Medio Físico. Talleres Gráficos de la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional 224 p.
- Stanley, K. O. Chamberlain, C. K., and Stewart, J. H., 1977, - - Depositional setting of some eugeosynclinal Ordovician rocks and structurally interleaved Devonian rocks in the cordilleran Mobile belt, Nevada, in Stewart, J.H., Stevens, C. H., - and Fritsche, A. E. (eds), Paleozoic Paleogeography of the - western United States: Society of Economic Paleontologists - and Mineralogists Pacific Coast Paleogeography Symposium 1, - p. 259-274
- Walker R. G., 1979, Facies models, Geological Association of Canada, reprints series 1, 210 p.
- Williams, Turner and Gilbert, 1979, Petrografía, C.E.C.S.A., México D.F., 430 p.

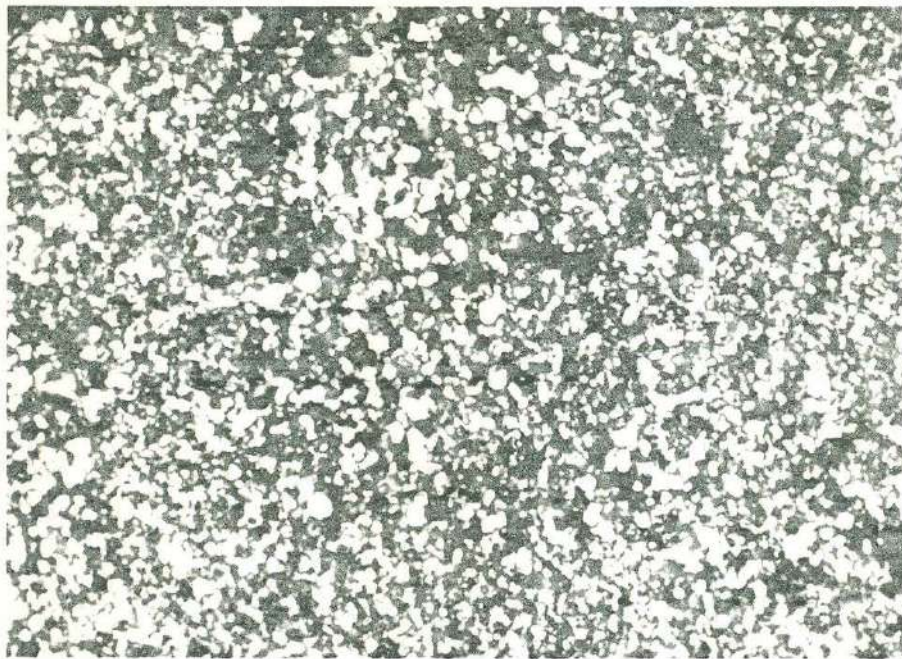


0.5 mm

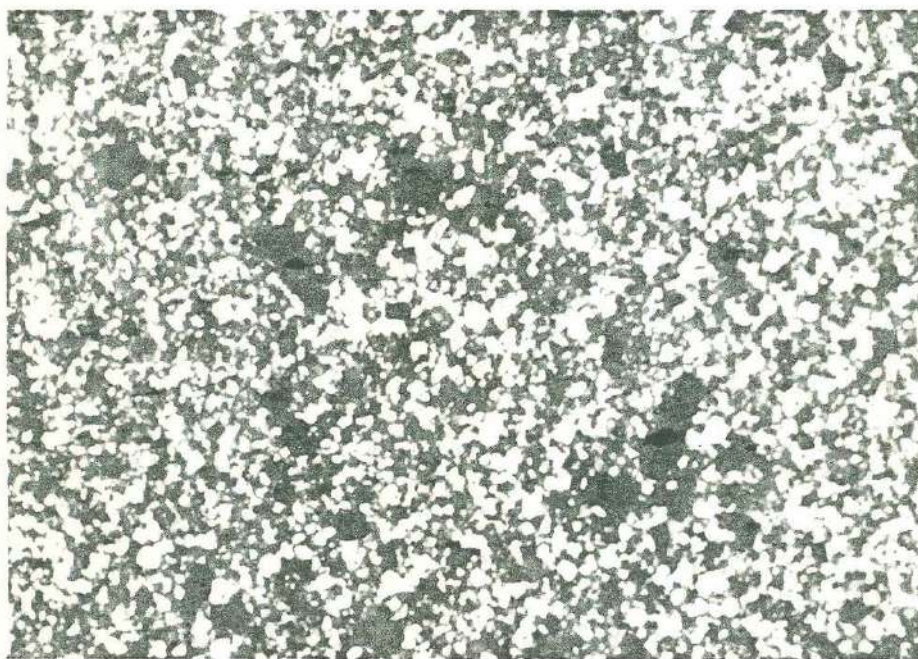


0.5 mm

Figura 19.- Láminas M2-1 (arriba) y 1-1 (abajo)



0.5 mm



1 mm

Figura 20.- Láminas 6 (arriba) y 17 (abajo)



Figura 21.- Láminas 22-1 (arriba) y 21 (abajo)

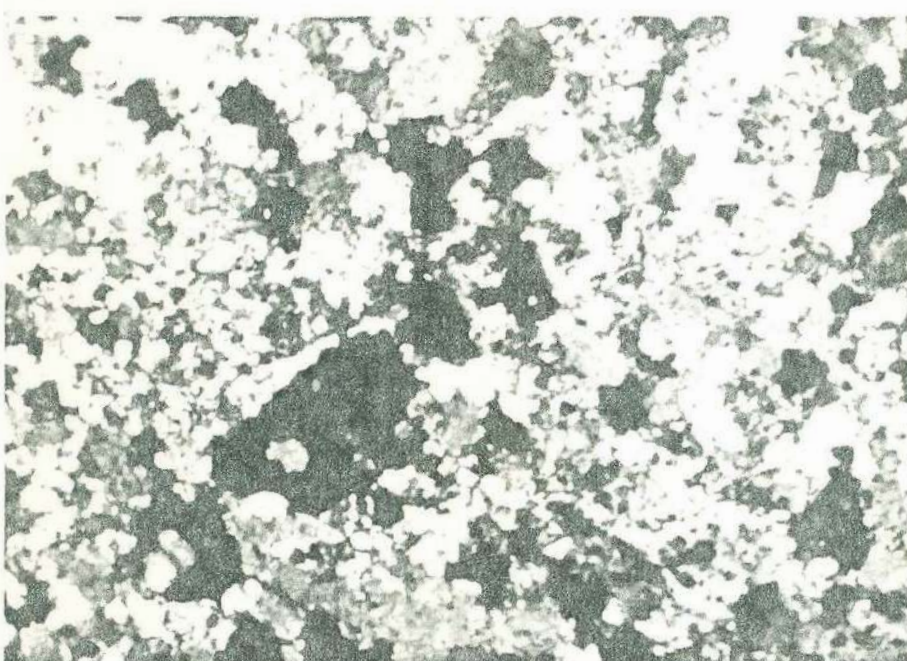
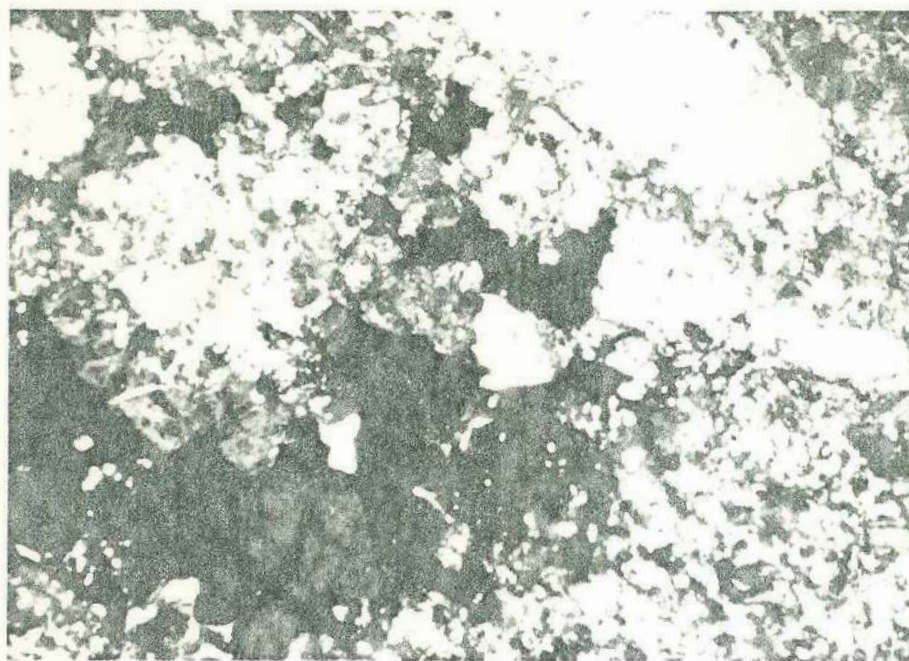


Figura 22.- Láminas 16 (arriba) y 18 (abajo)

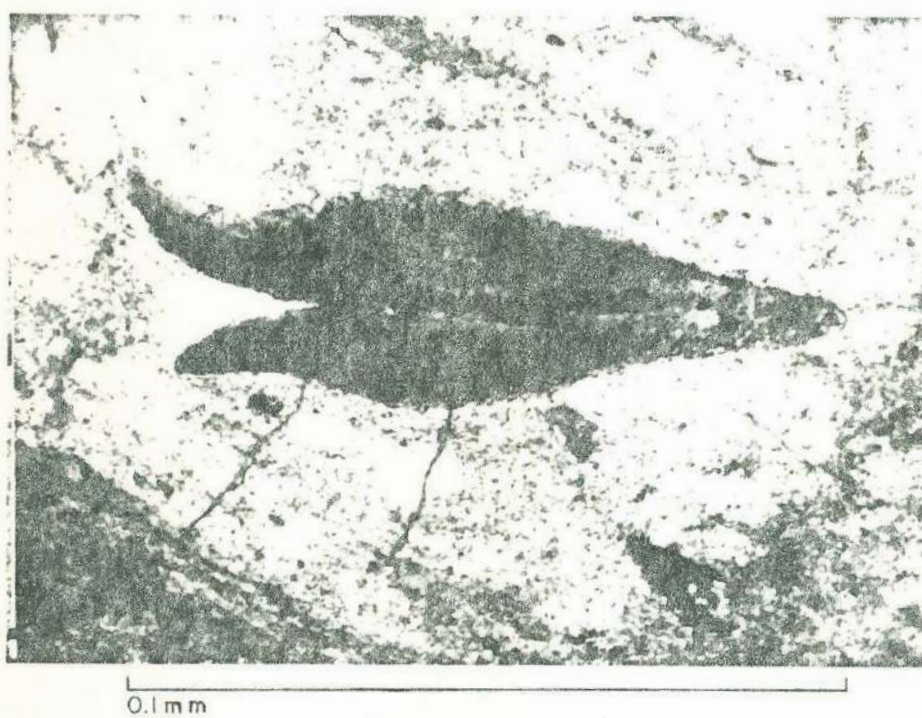
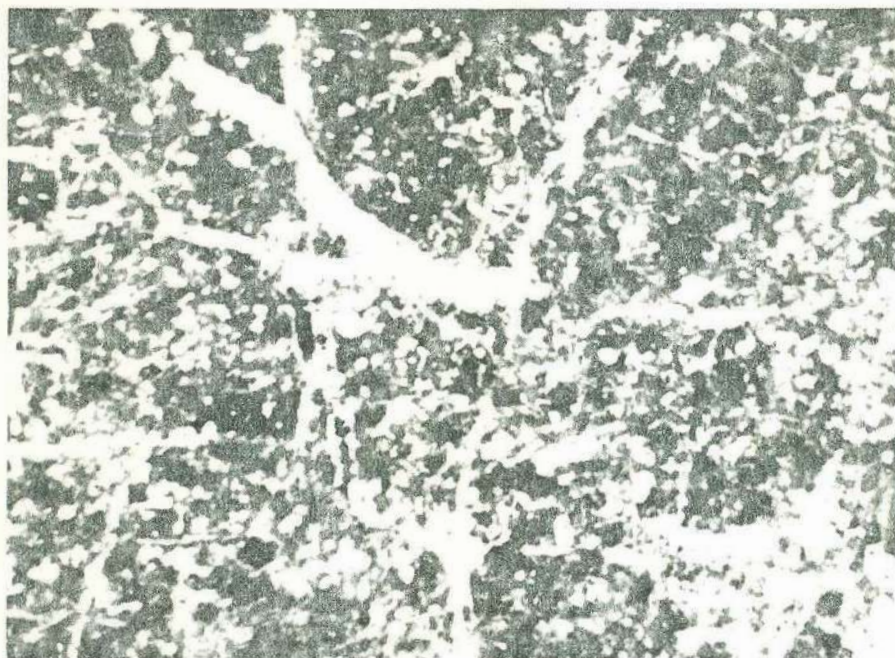
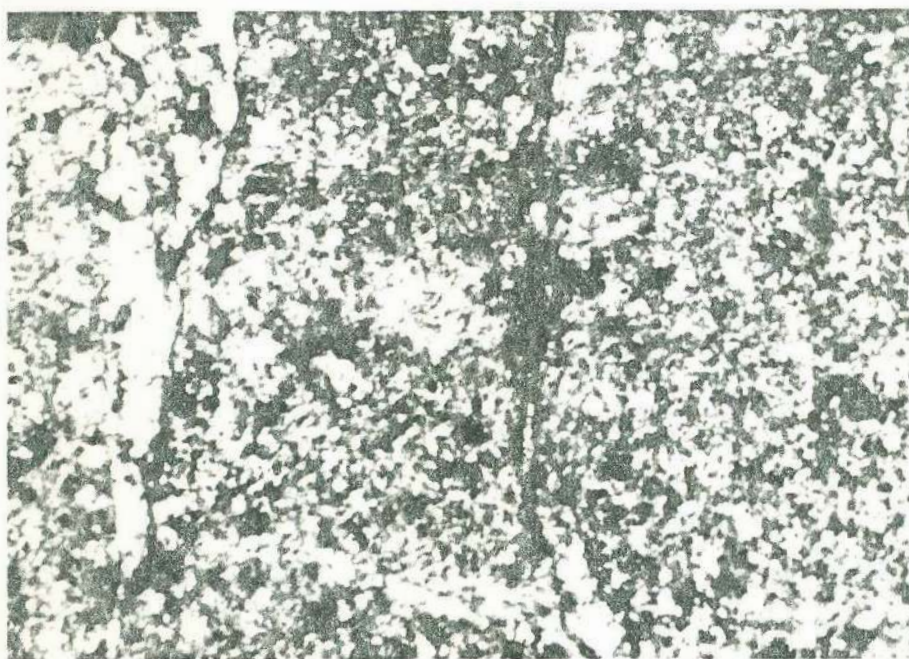


Figura 23.- Láminas 12-1 (arriba) y 12-2 (abajo)



1 mm

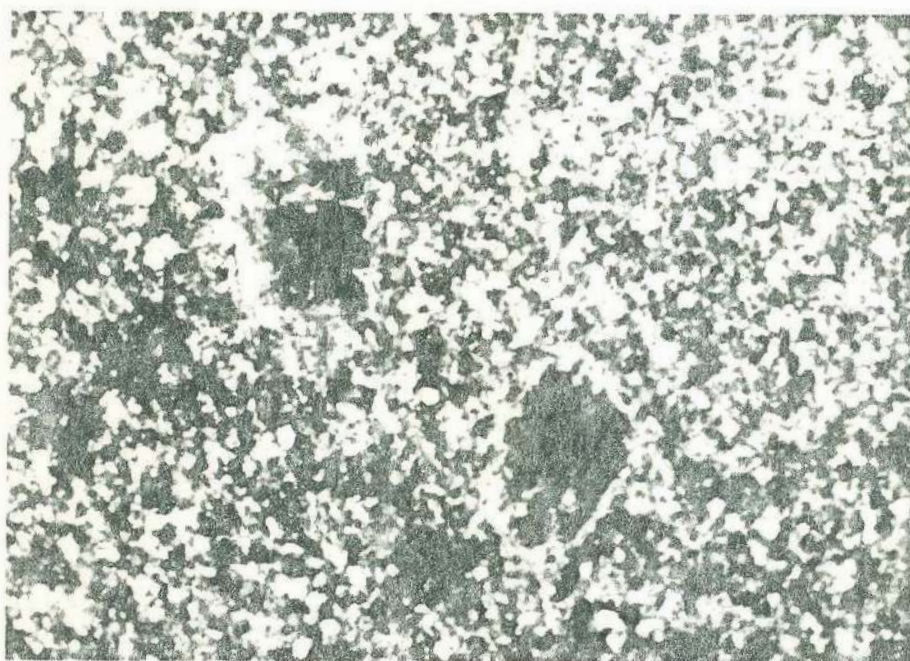


1 mm

Figura 24.- Láminas 2 (arriba) y 11 (abajo)



1 mm



1 mm

Figura 25.- Láminas 9 (arriba) y M2-2 (abajo)



1 mm



1 mm

Figura 26.- Láminas 12-3 (arriba) y 13 (abajo)

## APENDICE "A"

### DESCRIPCION PETROGRAFICA DE LAMINAS DELGADAS

1942  
EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
BIBLIOTECA DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

- LAMINA M2-1 = Arenisca de cuarzo metamorfoseada. Textura porfidica. Cuarzo, feldespatos potásicos, andalucita, sericita y hematita. La andalusita es variedad chiastolita. (10X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 1-1 = Lutita negra carbonosa con poco metamorfismo - - (pizarra negra). Textura porfidoblástica, lepidoblástica. Puede representar un hornfels pelítico. - Cuarzo, andalucita, clorita y epidota y material - carbonoso con poca sericita. Fracturas rellenas - por clorita. (10X, SIN NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 6 = Cuarcita. Textura microcristalina con cuarzo y - - fragmentos de rutilo y hematita. (10X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 17 = Hornfels pelítico. Cuarzo en abundancia además de - clorita, sericita, feldespato potásico, epidota y - numerosos cristales de pirita en una textura grano- blástica. Calcopirita, marcasita y esfalerita. (4X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 22-1 = Granodiorita. Cuarzo subredondeado, olivino, anfíbo- la, sericita, clorita, iddingsita y hematita en una- textura porfidica. (4X, NICOLES CRUZADOS).

- LAMINA 21 = Aplita. Textura porfídica, glomeroporfídica, poikilitica. Fenocristales de cuarzo redeado de plagioclasa, feldespato potásico, clorita, sericita, mica y hematita. Fenocristales de feldespatooides? (4X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 16 = Hornfels calcico-silicatado. Granate, epidota, feldespato potásico, plagioclasa; además, calcita, clorita y piritita; calcopiritita, marcasita y esfalerita no observadas en la foto. Textura porfidoblástica. (4X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 18 = Hornfels pelítico. Epidota de colores fuertes, cuarzo y piritita. Anfíbolos en menor cantidad. Los minerales tienen cierta tendencia a alinearse. Textura granoblástica seriada. (4X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 12-1 = Lutita negra de grano fino. Abundante sericita además de cuarzo y material orgánico con tendencia a alinearse. Compactación bastante fuerte. Posibles braquiópodos. Orden Belemnoidea. (4X, SIN NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 12-2 = Lutita negra de grano fino, mostrando un acercamiento a la figura que aparenta ser un braquiópodo en la lámina 12-1. (20X, SIN NICOLES CRUZADOS).

- LAMINA 2 = Lutita negra muy fracturada aparentando microbrecha con minerales como cuarzo, rutilo, micas y calcita en vetillas. Clorita, wollastonita, piroxeno, pirita, hematita y grafito? en una textura granular seriada. Granos redondeados representan posiblemente radiolarios. (4X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 11 = Arenisca de cuarzo de grano fino con abundante cuarzo, clorita y óxidos en una textura granular. Granos angulares y subredondeados. Vetillas de cuarzo. - (4X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 9 = Roca carbonatada, arenosa. Textura fluidal sostenida. Abundante calcita y cuarzo; óxido de fierro. Se observan bandas de color como vetillas de relleno con - - introducción de cuarzo cementado por calcita. - (4X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA M2-2 = Metaarenisca de cuarzo. Textura porfidoblástica. - Cuarzo, feldespatos potásicos, andalucita, sericita, - y hematita. Al centro cristales de andalucita corroídos con óxidos y sericita. (4X, NICOLES CRUZADOS).
- LAMINA 12-3 = Lutita negra de grano fino. Abundante sericita además de cuarzo y material orgánico con tendencia a alinearse. Se observa compactación y fracturamiento. Feno -

cristales de cuarzo subredondeados. Porosidad notable. Textura de grano fino. (4X, NICOLES CRUZADOS).

LAMINA 13 = Pedernal café obscuro con textura microcristalina.- Abundancia de cuarzo, sericita y turmalina. Rasgos de biotita y óxidos de fierro. Fracturamiento con oxidación. (4X, NICOLES CRUZADOS).



EL SABER DE NUESTROS  
DIAS ES NUESTRA GRANDEZA

BIBLIOTECA  
DE CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES