

03060



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ESTUDIO ESTRATIGRAFICO SEDIMENTOLOGICO DE LA FORMACION  
COYOTES (TRIASICO SUPERIOR) Y SU IMPORTANCIA EN EL  
ENTENDIMIENTO DE LA EVOLUCION GEOLOGICA DE SONORA CENTRAL.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS**

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

**JAVIER FRANCISCO GUTIERREZ BRIONES**

**DIRECTOR:**

**DR. CARLOS GONZALEZ LEON**

**CIUDAD UNIVERSITARIA**

**OCTUBRE 2005**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# INDICE

## PAGINA

<b>RESUMEN</b>	1
<b>I. INTRODUCCION</b>	4
<b>II. MATERIAL Y METODOS</b>	6
<b>III. SINOPSIS GEOLOGICA DEL AREA TECORIPA-SIERRA GUAYABILLAL, SONORA CENTRAL</b>	8
<b>MARCO GEOGRAFICO</b>	8
<i>Localización, acceso, población y cultura</i>	8
Rasgos geomorficos, hidrográficos, climáticos y bióticos	9
<b>MARCO GEOLOGICO</b>	11
<b>Antecedentes</b>	11
<b>Litoestratigrafía del área estudiada</b>	14
<i>Eratema Paleozoico</i>	14
<i>Eratema Mesozoico</i>	16
Formación Santa Clara	17
Formación Coyotes	18
Formación Tarahumara	19
Granito Tecoripa (nombre nuevo en este estudio)	20
<i>Eratema Cenozoico</i>	20
Unidad Tobácea (nombre nuevo en este estudio)	20
Unidad Conglomerática (nombre nuevo en este estudio)	21
Formación Báucarit	21

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la  
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: Javier Edo. Galán Briones  
FECHA: 3 de Noviembre de 2005  
FIRMA: [Firma]

Unidad Basáltica (nombre nuevo en este estudio)	22
<b>RASGOS ESTRUCTURALES DEL AREA ESTUDIADA</b>	22
(I) Sistema NW – SE	23
(II) Sistema NNE - SSW	23
(III) Sistema E-W	24
<b>HISTORIA GEOLOGICA DEL AREA TECORIPA-SIERRA</b>	
<b>GUAYABILLAL</b>	29
<b>IV. LA FORMACION COYOTES EN EL AREA TECORIPA-SIERRA</b>	
<b>GUAYABILLAL</b>	32
<b>ESPEJOR Y LITOLOGIA</b>	34
Espesor	34
Litología	34
<b>Columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal</b>	36
<b>Petrografía</b>	40
<b>V. INTERPRETACION GENETICO AMBIENTAL DE LA FORMACION</b>	
<b>COYOTES</b>	42
<b>VI. EDAD, CORRELACION Y MARCO PALEOGEOGRAFICO DE LA</b>	
<b>FORMACION COYOTES</b>	45
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	50
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	52
<b>APENDICE I: SECCIONES MEDIDAS</b>	72
Columna y sección estratigráfica de la Sierra López-Mina La Verde	72
Columna y sección estratigráfica de la Sierra La Flojera	75
Columna y sección estratigráfica de la Sierra Coyotes	77

## ILUSTRACIONES

Tabla 1. Correlación estratigráfica del Triásico de Sonora Central.	46
Figura 1. Mapa índice, de la ubicación del área de estudio de Tecoripa-Sierra Guayabillal y áreas aledañas del Estado de Sonora.	8
Figura 2. Mapa geomórfológico del área de la Sierra Guayabillal.	9
Figura 3. Columna litoestratigráfica del área Tecoripa-Guayabillal.	14
Figura 4. Distribución "vertical" de litofacies, correlación estratigráfica del Paleozoico.	14
Figura 5. Plano de localización de las secciones estratigráficas medidas y líneas de correlación de la Formación Coyotes.	14
Figura 6. Mapa geológico del área Tecoripa-Sierra Guayabillal.	14
Figura 7. Mapa estructural del área Tecoripa, Sonora.	20
Figura 8. Secciones estructurales del área Tecoripa-Sierra Guayabillal.	23
Figura 9. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales de las fracturas y fallas principales que se observan en el bloque Cobachi.	24
Figura 10. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales de las fracturas y fallas principales que se observan en el bloque Zamotal-Sierra Verde.	25
Figura 11. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales de las fracturas y fallas principales que se observan en el bloque Mina.	26
Figura 12. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales de las fracturas y fallas principales que se observan en el bloque Noria-Tecolote.	26

Figura 13. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales de las fracturas y fallas principales que se observan en el bloque El Garrote.	27
Figura 14. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales de las fracturas y fallas principales que se observan en el bloque Los Mautos.	27
Figura 15. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales de las fracturas y fallas principales que se observan en el bloque La Bosita.	28
Figura 16. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales de las fracturas y fallas principales que se observan en el bloque Cañada La Tuna.	28
Figura 17. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales dominantes que tienen las principales fallas y fracturas observadas en el área de estudio.	28
Figura 18. Columna estratigráfica de la Sierra Guayabillal.	34
Figura 19. Sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal.	34
Figura 20. Clasificación de areniscas del Grupo Barranca de acuerdo a Folk (1968) con el diagrama de procedencia tectónica de Dickinson (1979) (ver Apéndice).	35
Figura 21. Columna estratigráfica de la Sierra López-Mina La Verde (ver Apéndice).	72
Figura 22. Sección estratigráfica de la Sierra López-Mina La Verde (ver Apéndice).	72
Figura 23. Columna estratigráfica de la Sierra La Flojera (ver Apéndice).	75
Figura 24. Sección estratigráfica de la Sierra La Flojera (ver Apéndice).	75
Figura 25. Columna estratigráfica de la Sierra Coyotes (ver Apéndice).	77
Figura 26. Sección estratigráfica de la Sierra Coyotes (ver Apéndice).	77

Figura 27. Distribución de litofacies “vertical”, correlación estratigráfica rumbo “A”.	48
Figura 28. Distribución de litofacies “vertical”, correlación estratigráfica rumbo “B”.	48
Figura 29. Bloque esquemático de “evolución tectónica” y de litofacies de la Formación Coyotes.	49
Lámina I. Acercamiento del contacto ruidido de la Formación Santa Clara y Formación Coyotes.	17
Lámina II. Fotomicrografía de una cuarzoarenita, de la Sierra Guayabillal (parte media).	36
Lámina III. Afloramiento de conglomerado polimíctico de la Formación Coyotes de la Sierra Guayabillal (parte inferior).	36
Lámina IV. Fotomicrografía de una limolita de la Sierra Guayabillal (parte media).	38
Lámina V. Fotomicrografía de una sublitarenita de grano medio, de la Sierra Guayabillal (parte superior).	40
Lámina VI. Afloramiento que muestra la discordancia de rocas paleozoicas y la Formación Coyotes (ver Apéndice).	72
Lámina VII. Afloramiento de conglomerado polimíctico de la Formación Coyotes de la Sierra López-Mina La Verde (ver Apéndice).	73
Lámina VIII. Fotomicrografía de una cuarzoarenita, de la Sierra López-Mina La Verde (ver Apéndice).	73
Lámina IX. Fotomicrografía de una limolita, de la Sierra La Flojera (parte media) (ver Apéndice).	75
Lámina X. Fotomicrografía de una litarenita, de la Sierra La Flojera (parte superior) (ver Apéndice).	76
Lámina XI. Fotomicrografía de una litarenita de grano grueso, de la Sierra La Flojera (parte superior) (ver Apéndice).	77

Lámina XII. Fotomicrografía de una litarenita de grano medio, de la Sierra Coyotes (parte inferior) (ver Apéndice).	78
Lámina XIII. Fotomicrografía de una litarenita de grano medio, de la Sierra Coyotes (parte inferior) (ver Apéndice).	79
Lámina XIV. Fotomicrografía de una litarenita de grano medio, de la Sierra Coyotes (parte superior) (ver Apéndice).	80

## RESUMEN

El área de estudio se encuentra en la Sierra Guayabillal, que se localiza en la parte central de Sonora, aproximadamente a 125 km al sureste de Hermosillo y a 6 km al suroeste de Tecoripa, con coordenadas 28° 30' y 28° 40' Lat. N y 109° 53' y 110° 12' Long. W. Su extensión superficial es de aproximadamente 2 294 km<sup>2</sup>. Fisiográficamente presenta un relieve de sierras y valles.

El objetivo de este trabajo es el conocimiento geológico completo de la Formación Coyotes en el área de estudio, para lo cual se estudió la litología, estratigrafía, los procesos tectónicos y la geomorfología, conocimientos que permitieron la interpretación de las litofacies, de la sedimentología, así como de los ambientes de depósito que prevalecieron durante su formación. También se estableció una correlación estratigráfica y sedimentológica con áreas vecinas, con el fin de contribuir al conocimiento de la geología del norte y centro de Sonora durante el Triásico Superior.

En el área de estudio afloran rocas desde el Paleozoico al Reciente. Las rocas paleozoicas ocupan una pequeña parte en la esquina suroccidental (Formación Cobachi) y subyacen en discordancia a la Formación Coyotes, constituida por areniscas y conglomerados polimícticos.

En este trabajo se realizó la cartografía de la zona de estudio Tecoripa-Sierra Guayabillal y áreas aledañas del estado de Sonora, se elaboró un plano geológico, incluyendo los niveles topográficos y se obtuvo un modelo geomórfico utilizado para documentar la estructura regional. Las facies de la Formación Coyotes, perteneciente al Grupo Barranca (Triásico Superior) (Alencàster, 1961; González-Leòn, 1979, 1980 y 1989)

en las columnas y secciones estratigráficas de las Sierras Guayabillal, Coyotes, La Flojera y López-Mina La Verde, representan sistemas fluviales muy semejantes (canales, barras, bordos, planicies de inundación y de playa). La diversidad lítica que consiste de litarenita, cuarzoarenita, sublitarenita, conglomerado polimíctico y limolita sugiere un ambiente continental, en ocasiones en planicies de inundación. También se estableció la relación entre espesores e intervalos de los sistemas de depósito de la Formación Coyotes. De los datos anteriores se elaboró un mapa de evolución genético-ambiental. La modelación interactiva permitió hacer la integración tectónico-sedimentaria y evolución paleoambiental de los ambientes de depósito de la Formación Coyotes. Finalmente se observa una congruencia entre los resultados de los diferentes modelos aquí empleados comparados con las figuras esquemáticas.

Al Grupo Barranca le sobreyace la Formación Tarahumara (Cretácico) (Wilson y Rocha, 1949) constituida por andesitas con intercalaciones de tobas de la misma composición. Está ubicada en la parte oriental del área estudiada y se expresa geomórficamente como cerros abruptos. Esta secuencia presenta espesores de 250 m. La siguiente unidad que es el Granito Tecoripa (Cretácico Superior) (nombre nuevo en este estudio) con textura fanerítica, aflora en la parte norte, occidental y oriental. La Unidad Tobácea (Terciario Inferior) (nombre nuevo en este estudio) denota la existencia de actividad volcánica explosiva. Afloran piroclastos, tobas vítricas-cristalinas y aglomerados piroestratificados que rellenaron desniveles. Exhibe gran diversidad textural y de estructuras primarias, e incluye discordancias. La Unidad Conglomerática (Terciario Medio) (nombre nuevo en este estudio) está ubicada en la porción este, sureste, oeste, noroeste y suroeste. Consiste de conglomerado polimíctico, grava, arenisca y limolita, con textura sefítica,

samítica y pelítica y con espesor de 160 m. La Formación Báucarit (Terciario Superior) son arenisca y conglomerado polimíctico; su textura es samítica y sefítica con 148 m de espesor, es un depósito continental discordante sobre la anterior. La Unidad Basáltica (Cuaternario) (nombre nuevo en este estudio) aflora en la porción occidental del área y está constituida por una secuencia de basalto y piroclasto que conforman mesetas con espesores de 150 m.

La secuencia triásica está deformada y constituye una estructura monoclinial, afectada por intenso fallamiento normal y fracturamiento. La orientación de los sistemas de fallas y fracturas principales son, NW-SE, NNE-SSW, W-E y N-S los cuales han conformado numerosos bloques.

Los rasgos estructurales principales son monoclinales que presentan deformación y plegamiento y efectos de fallamientos normales asociados a un sistema de fracturamiento conjugado.

Los procesos causantes de estas estructuras ocurrieron con posterioridad al depósito de la Formación Coyotes, y denotan cambios importantes en el régimen de esfuerzos, el cual pasó de compresivo a distensivo. Cada unidad está separada por discordancias y cada una presenta diferente edad.

## I. INTRODUCCION

En México las rocas que representan al Triásico continental son poco conocidas por lo que el entendimiento de la evolución geológica regional carece de esa información. El propósito del presente estudio es contribuir a tratar de subsanar esta deficiencia por lo que se ha dedicado a estudiar las rocas de la Formación Coyotes que afloran en el centro de Sonora. Las rocas del Triásico Superior del centro de Sonora están representadas por el Grupo Barranca (Alencáster, 1961) que comprende a las Formaciones Arrayanes, Santa Clara y Coyotes que muestran características litológicas y paleontológicas bien definidas.

En el aspecto del estudio sedimentario de las rocas terrígenas triásicas, arenisca y conglomerado polimictico, los pocos estudios se concretan a una descripción litológica preliminar, con poca atención a la diferenciación estratigráfica de las formaciones y a su significado tectonoestratigráfico. Conviene destacar que la diferenciación estratigráfica del Triásico continental ha sido difícil, por la escasez de indicadores geocronológicos confiables. Sin estos indicadores no se pueden fechar las unidades y correlacionarlas regionalmente, y muchas veces ni siquiera se logra establecer en su misma secuencia relaciones estratigráficas precisas. Sin esto, no se pueden indicar las edades de las deformaciones tectónicas que las afectan. La edad del Grupo Barranca en Sonora ha sido reconocida con base en la identificación de una fauna marina de amonitas y bivalvos (Alencáster, 1961) y de abundante tafloflora de edad Cárnica que han sido reportadas de la Formación Santa Clara, (Silva-Pineda, 1961, 1978 y 1979 y Weber 1982, 1984 y 1985). La edad de la Formación Coyotes, sin embargo, no se ha podido precisar ya que no contiene fósiles, pero al ser parte del Grupo Barranca se le ha considerado tentativamente del Triásico Superior.

El objetivo de este trabajo es contribuir a la interpretación de la estratigrafía, correlación, estructura regional y evolución tectónica de la Formación Coyotes del Grupo Barranca en el área de Tecoripa-Sierra Guayabillal, en el centro de Sonora, con las siguientes metas:

- Describir y caracterizar a la Formación Coyotes en el área de la Sierra Guayabillal, Sonora.
- Diferenciar las litofacies registradas en la Formación Coyotes.
- Elaborar un modelo de evolución paleoambiental sedimentario de la Formación Coyotes que mejor se ajuste a los datos observados.
- Establecer el marco geológico probable en el cual ocurrió la sedimentación de la Formación Coyotes.
- Discutir la relevancia de la información para un mejor entendimiento de la evolución geológica del noroeste de México durante el Mesozoico Inferior.

## II. MATERIAL Y METODOS

El trabajo se efectuó siguiendo la metodología habitual, utilizando el material y equipo convencional necesario. A continuación se describe brevemente. Se realizó una recopilación bibliográfica, que permitió conocer y acopiar la información geológica disponible. Se compiló la información cartográfica, transfiriéndola a una base topográfica escala 1: 50 000 (que es la escala de trabajo aquí adoptada) para tener un mapa geológico base. Ello hizo posible detectar áreas problema que requerían atención especial. Así mismo se hizo el trabajo fotogeológico y se generó el mapa respectivo. Posteriormente, se integró la información de ambos mapas en un solo borrador de trabajo, donde quedó registrada la interpretación geológica tentativa que sería verificada en el campo.

El trabajo de campo se realizó en tres periodos de un mes a lo largo de un año con recorridos geológicos en áreas selectas que permitieron hacer un muestreo del terreno, así como realizar observaciones y mediciones estructurales y reconocer rasgos o patrones regionales. Las secciones estratigráficas se midieron con cinta metálica y brújula Brunton. Los rasgos geológicos más significativos como los contactos geológicos, las fracturas y fallas se ilustran mediante fotografías en blanco y negro, los nombres geográficos son los oficiales. Las descripciones petrográficas de la Formación Santa Clara y Formación Coyotes (Figura 6) se basan en los datos de campo así como en más de 250 muestras de arenica y conglomerado polimictico, y 170 láminas delgadas. Con base en los estudios petrográficos (tanto de las muestras de mano como de las láminas delgadas) y la información paleontológica reportada en la literatura, se modificó el mapa base de trabajo estableciendo así la geología del área. Por último se integró la información y se redactó el texto respectivo.

La descripción y clasificación de las muestras líticas se basó en estudios megascópicos y petrográficos. La terminología utilizada es de Folk (1968, 1974), Pettijhon (1979) y Dickinson (1970 y 1972).

A continuación se describe el material y equipo utilizado: La base topográfica se tomó de las Hojas Buenavista H12D63 y Tecoripa H12D64, ambas a la escala 1: 50 000 (INEGI, 1984a y b). Las cartas geológicas a escala 1: 250 000 son: Sierra Libre H12-11 y Tecoripa H12-12 (INEGI, 1982a y b), y la Carta Geológica del Estado de Sonora, escala 1: 500 000 (López-Ramos, 1974). Las fotografías aéreas fueron analizadas e interpretadas, marcando los contactos geológicos y los rasgos estructurales importantes como las fallas, fracturas y la dirección de inclinación, los principales ríos y caminos, etc. El material antes descrito es el que se empleó en la elaboración del mapa geológico, pero también se adquirieron y usaron otras cartas topográficas de áreas adyacentes.

El equipo usado fue: (1) un vehículo de campo, camioneta Ford, modelo 1990, tipo panel de tracción normal; (2) microscopio binocular petrográfico marca Carl Zeiss, con oculares de X10 y tres objetivos Zoom de X2.5, X10 y X40; (3) microscopio estereoscópico marca Olympus, con oculares de X10 y un objetivo Zoom: de X0.75 a X6.4; (4) cámara fotográfica marca Leikaflex de 35.0 mm; (5) brújula Brunton; (6) cinta metálica métrica de 50 m y (7) martillo de geólogo.

### III. SINOPSIS GEOLOGICA DEL AREA TECORIPA-SIERRA GUAYABILLAL, SONORA CENTRAL

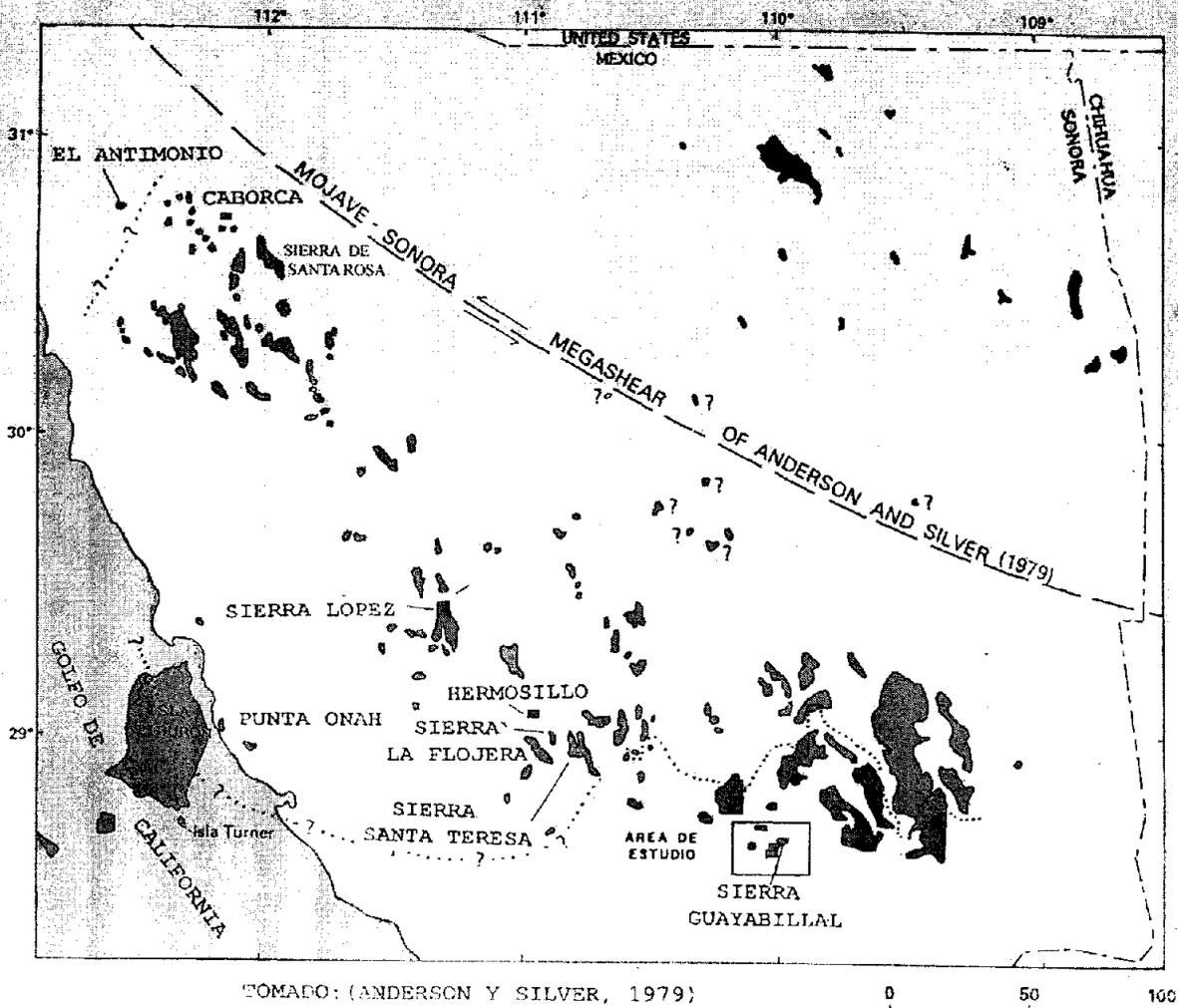
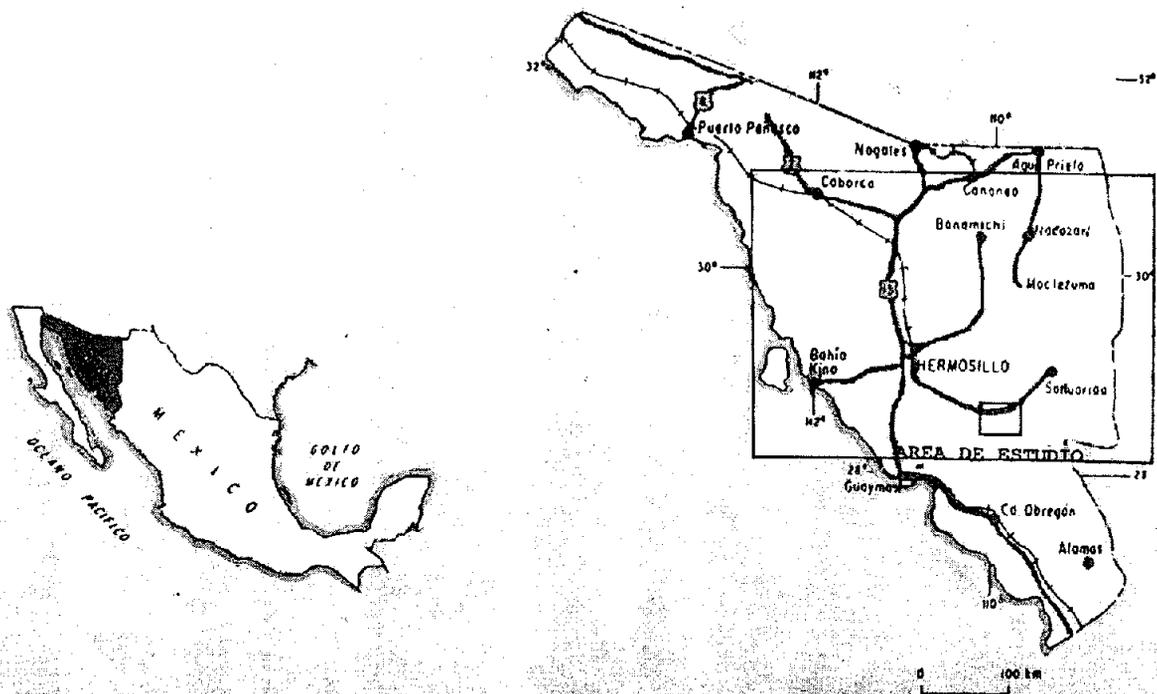
#### MARCO GEOGRAFICO

##### *Localización, acceso, población y cultura*

El área de la Sierra Guayabillal se enmarca dentro de un cuadrángulo amplio ubicado en la parte central del Estado de Sonora (Figura 1) que está acotado por los paralelos 28° 30' y 28° 40' de Latitud N, y los meridianos 109° 53' y 110° 12' de Longitud W. Tiene forma rectangular (37 km por 62 km) y una extensión de 2 294 km<sup>2</sup>. Dicha área de estudio está incluida en el Municipio La Colorada.

El acceso a esta zona se realiza partiendo de la Ciudad de Hermosillo, por la Carretera Federal No.16, que atraviesa el Municipio La Colorada y que enlaza los poblados La Colorada, San José de Pimas y San Francisco, hasta Tecoripa. De esta carretera parten los caminos vecinales de terracería que entroncan con el poblado de Sahuaripa y comunican a las poblaciones de Santa Fe, La Cenotera, Buenavista, La Bolsa, La Noria de Pesqueira y Las Mercedes, y de esta carretera y con rumbo SE a 6 km se tiene el área Sierra Guayabillal. Existe además una extensa red de caminos de terracería, veredas y brechas transitables en tiempo de secas.

La población total del Municipio La Colorada es de 2,810 habitantes (de la Madrid, 1987). La densidad es de 4.59 habitantes por kilómetro cuadrado. La mayor concentración se encuentra en las localidades de La Colorada (cabecera municipal), Cobachi, Tecoripa, Cobalmar, La Galera, Moradillas, San José de Pimas y Las Trincheras. El Municipio cuenta con escuelas de niveles preescolar, primaria y secundaria. Las principales actividades económicas de la región son la minería (este municipio participa activamente en la industria



TOMADO: (ANDERSON Y SILVER, 1979)

FIGURA 1 MAPA INDICE DE LA UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO  
TECORIPA SIERRA GUAYABILLAL Y AREAS ALEDAÑAS DEL ESTADO DE SONORA

FIGURA 2 MAPA GEOMORFOLOGICO DEL AREA DE LA SIERRA GUAYABILLAL

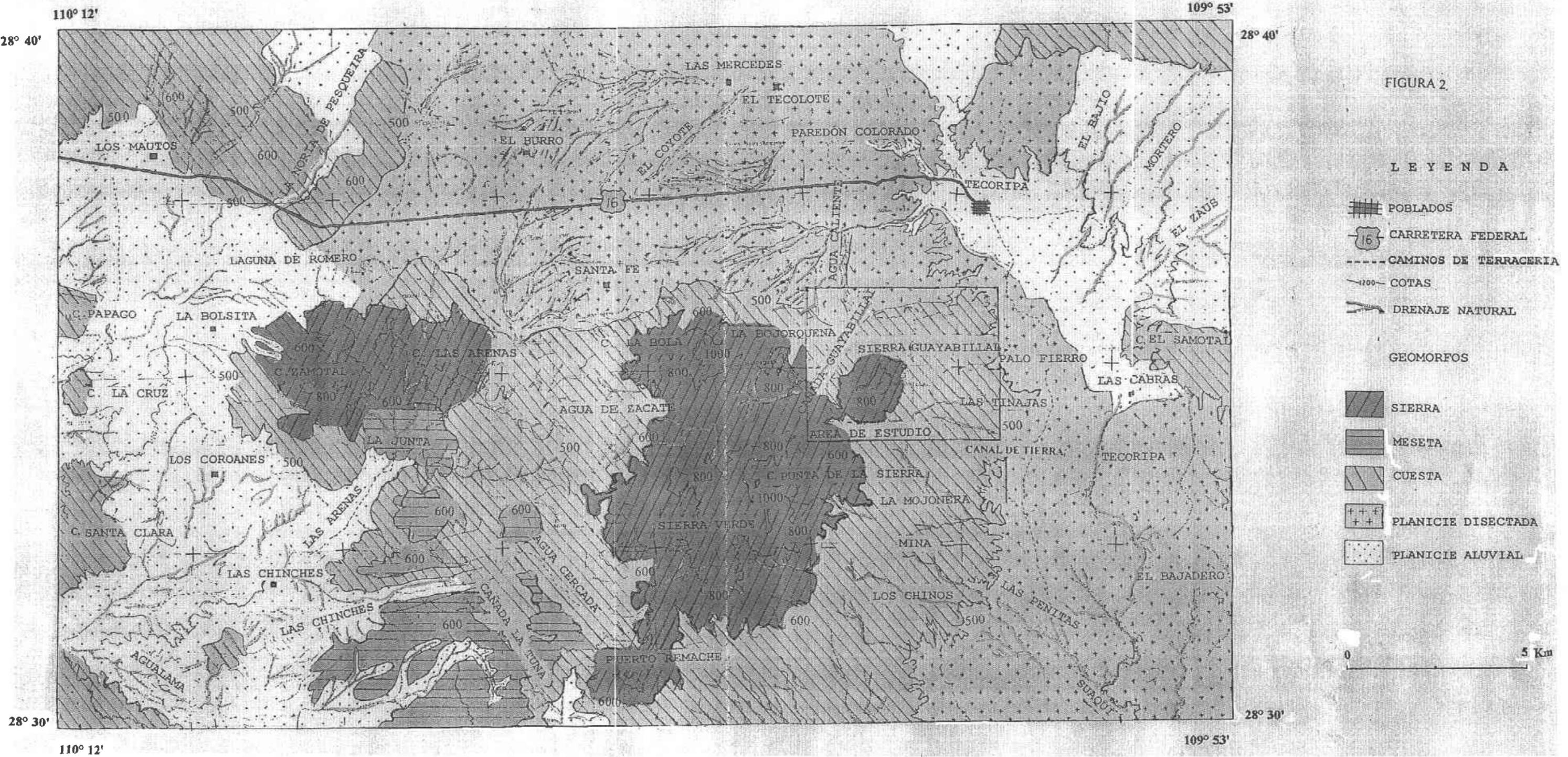


FIGURA 2

LEYENDA

- POBLADOS
- CARRETERA FEDERAL
- CAMINOS DE TERRACERIA
- COTAS
- DRENAJE NATURAL

GEOMORFOS

- SIERRA
- MESETA
- CUESTA
- PLANICIE DISECTADA
- PLANICIE ALUVIAL

0 5 Km

extractiva produciendo oro, plata, cobre, zinc y grafito) y el comercio (cuenta con tiendas de abarrotes donde se expenden artículos de primera necesidad; también hay pequeños establecimientos donde se prestan los servicios de hospedaje, ventas de gasolina y preparación de alimentos y bebidas).

#### Rasgos geomorfológicos, hidrográficos, climáticos y bióticos

El área reportada se encuentra en el extremo central de la Provincia de Sierras y Valles Paralelos (Raisz, 1964). Está caracterizada por sierras de altura moderada y valles longitudinales angostos de dirección NW-SE desarrollados en cuerpos de rocas sedimentarias del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, así como por depósitos aluviales de los ríos Sonora, Yaqui y Matape, cuyos valles se ubican entre 200 a 400 m s.n.m. En el área se reconocen los siguientes geomorfos: 1) sierras, 2) mesetas, 3) planicies disectadas, 4) planicies aluviales y 5) cuevas (Figura 2).

**1) Sierras:** Se ubican en la porción centro sur (Figura 2) e incluyen a las Sierras Guayabillal, Cerro La Bola, Cerro Bojorqueña, Sierra Verde y Puerto El Remache, entre otras, y tienen altitudes de 600 a 900 m s.n.m. En la Sierra Guayabillal se tienen, en la Formación Coyotes, monoclinales con la charnela NNE y cortado por numerosas fracturas y fallas normales que controlan el curso de los arroyos Cañada Guayabillal, Tinajas, La Mojonera y Agua Caliente (irregulares, asimétricos y sigmoidales). Tiene su desarrollo en la Formación Santa Clara y Formación Coyotes (Figura 6).

**2) Mesetas:** Se ubican en la porción centro-oeste del mapa e incluyen como referencia el poblado de la Junta y el río Agua Cercada con altitudes de 500 a 700 m s.n.m. Tiene su desarrollo en la Unidad Basáltica (figura 6).

3) **Planicies Disectadas:** Se ubican en la porción norte central, y este, e incluyen como referencia a la Loma Divisadero Grande, Las Mercedes, y El Burro con altitudes de 500 a 600 m s.n.m. Tiene su desarrollo en el Granito Tecoripa, Unidad Tobàcea, Unidad Conglomeràtica y Formación Bàucarit (Figura 6).

4) **Planicies Aluviales:** Se ubican en la porción noreste, oeste y suroeste, e incluyen como referencia los poblados de Tecoripa, Las Cabras y La Bolsa, con altitudes de 400 m s.n.m. Presentan pendientes suaves y forman mantos de acumulación y llanuras de inundación. Tiene su desarrollo en zonas de bajo relieve que se localizan en el área de estudio (Figura 6).

5) **Cuestas:** Se ubican en la porción sureste, este, centro-oeste y oeste de la zona de estudio; e incluyen como referencia a los cerros San Guillermo o Mina, Samotal, Loma Agua de Zacate y Los Mautos. Tiene su desarrollo en la Formación Tarahumara, Unidad Tobàcea y Unidad Conglomeràtica (Figura 6).

En el área de estudio coinciden las cuencas de los Ríos Sonora, Yaquí y Matape. Entre ellas destacan por su mayor longitud los Arroyos Tecoripa, Las Peñitas y Las Chinchas. El cauce de los arroyos es con frecuencia rectilíneo subparalelo con afluentes perpendiculares que refleja en conjunto un control estructural. El drenaje es dendrítico y el escurrimiento escaso a lo largo del año, como corresponde a una zona árida. Las corrientes se encuentran representadas y designadas en la Figura 2.

El área mencionada tiene un clima seco semicálido de tipo BBSoh2 (x) (de la Madrid, 1987) con una temperatura media máxima mensual de 26.1°C, en los meses de junio a septiembre y una temperatura media mínima de 10.7 °C en diciembre y enero. La temperatura media anual es de 18.5 °C. El periodo de lluvias se presenta en verano, en los

meses de julio y agosto. La precipitación media es de 349.7 mm. Se presentan heladas ocasionalmente en los meses de febrero y marzo.

De acuerdo con Rzedowsky (1978), en el área se encuentra matorral sarcocaulé (formado por copal, torote blanco, torote colorado, incienso, hierba de burro, gobernadora, palo fierro y choya), pequeñas áreas de matorral bajo formada por tepehuajes, pochote, cuéramo, amapolas, chupandía, y casahuates. La fauna es moderadamente diversa (de la Madrid, 1987) y se ha conservado bien por la escasa población humana. Entre los mamíferos, abundan los de pequeña talla como el chitejón, liebre, conejo, zorra gris, tlacuache, ardilla, zorrillo manchado, juancito, ratón de campo, y rata verdosa. En contraste, los animales de tamaño mediano como el ciervo de cuello blanco, son escasos. Las aves incluyen entre otros a la tórtola, churea, lechuza, tecolotito, chupamirto, carpintero de Arizona, tordo negro, aura, gavilán ratonero, aguililla de cola blanca y huilota. El conjunto de esta fauna muestra una marcada afinidad biogeográfica neártica.

## MARCO GEOLOGICO

### **Antecedentes**

La literatura geológica de Sonora es relativamente amplia y está integrada por trabajos de temática, extensión y profundidad muy variada. A principios del siglo XX, Dumble (1900a, b) realizó un reconocimiento en esta zona y describió a la División Lista Blanca como una secuencias de rocas volcánicas y depósito aluvial del Cretácico Inferior, y a la División Báucarit como una secuencia de terrígenos y rocas volcánicas del Terciario Superior. Hess (1909) consideró las intrusiones graníticas y a los procesos de metamorfismo que afectaron a los sedimentos terrígenos selectivamente bituminosos y antracíticos que

originaron el carbón y grafito. Flores (1929) propuso que las rocas volcánicas metamorfizaron a las rocas triásicas que dieron origen al carbón y grafito de la región. King (1939) estudió las rocas paleozoicas, hizo una interpretación de los procesos volcánicos y estudió a la Formación Báucarit. Wilson y Rocha (1949) realizaron un estudio geológico de los yacimientos de carbón de tipo antracítico grafitizado en el área de la Barranca, localizada a 80 km al oriente de Tecoripa y definieron a la Formación Tarahumara como secuencia volcánica de edad Cretácica Inferior.

Alencáster (1961) describió la estratigrafía triásica de Sonora agrupando a las Formaciones Arrayanes, Santa Clara y Coyotes en el Grupo Barranca y con base a identificación de amonitas y bivalvos asignó una edad del Triásico Superior (Cárnico) a la Formación Santa Clara. Silva-Pineda (1961) estudió la flora fósil de la Formación Santa Clara, al igual que lo hizo posteriormente Weber (1984 y 1985) quien ha publicado diversos trabajos sobre la abundante flora fósil de la Formación Santa Clara y confirmando su edad del Cárnico (ver listado de referencias). Cooper (1965) publica sobre la fauna pérmica de la región de la mina El Antimonio del noroeste de Sonora y Hardy (1973) estudió la geología de una secuencia jurásica de la Sierra de Santa Rosa. Menicucci (1975) realizó un estudio geológico regional en el Estado de Sonora, entre los poblados de Mazatán y el Río Yaqui. Peiffer y Rangin (1979) analiza las rocas paleozoicas en este estado estableciendo que las fajas de deformación están asociadas con el sistema Apalachiano, Marathon-Ouachita. Anderson y Silver (1979) publica sobre la megasher Mojave Sonora y la evolución tectónica del norte de Sonora. González-León (1980) estudió las rocas triásicas y jurásicas marinas de la Sierra El Alamo, en el noroeste de Sonora y sobre la evolución de terrenos mesozoicos en el noroeste de México (González-León, 1989).

Noll (1981) realizó un estudio geológico de las unidades paleozoicas entre los poblados de Cobachi y NE de Tecoripa. Buitrón (1982) estudió la biostratigrafía de la Sierra El Alamo, en el noroeste de Sonora. Potte y Cojan (1985) estudiaron el Grupo Barranca al este del Rancho La Barranca Municipio de San Javier Sonora. Roldán-Quintana y González-León (1985) realizaron un estudio sobre el Triásico Superior de la Sierra La Flojera y Rodríguez-Castañeda et al. (1986) realizaron nuevas aportaciones de la geología de Sonora. Poole y colaboradores (1988) estudiaron las rocas del Paleozoico de Sonora. Stewart y colaboradores (1990) analizan la tectónica y estratigrafía del Paleozoico y Triásico del margen occidental de Norteamérica. Stewart y Roldán-Quintana (1991) reestudieron la geología del Grupo Barranca en el centro de Sonora. Cojan y Potter (1991) estudiaron sobre el ambiente de depósito del Grupo Barranca, en especial de la petrología y origen de la Formación Santa Clara.

En época más reciente, al crecer y madurar las comunidades académicas de la Estación Regional del Instituto de Geología de la U.N.A.M., de la Escuela de Geología de la Universidad de Sonora, y del CICESE, así como el renovado interés de los geólogos adscritos a universidades estadounidenses cercanas a Sonora (California, Arizona, Nuevo México, y Texas) se llevan a cabo numerosos trabajos de investigación en el Noroeste de México.

Stanley et al. (1994) estudiaron los fósiles del Triásico Superior de la Formación Antimonio, del noroeste de Sonora. Lucas y González-León (1994) estudiaron las rocas del Triásico Superior de la Sierra La Flojera. González-León (1997a) reportó sobre la secuencia estratigráfica y paleogeografía de la Formación Antimonio (Pérmico Superior a Jurásico

Inferior) y sobre las evidencias del límite Triásico-Jurásico de la Formación Antimonio (González-León, 1997b).

La presente tesis se centra en el estudio de la Formación Coyotes en la parte Central de Sonora, cuyo origen, parece que está relacionado con el desarrollo de procesos tectónicos distensivos en el margen suroccidental de la Placa Norteamericana que ocurrieron durante el Triásico Superior.

### **Litoestratigrafía del área estudiada**

La columna litoestratigráfica observada en el cuadrángulo reportado (Figura 3) comprende unidades paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas las cuales se describen a continuación.

#### *Eratema Paleozoico*

Litológicamente las formaciones paleozoicas incluyen caliza, arenisca y limonita que se pueden correlacionar con las columnas estratigráficas de la misma edad en las sierras de la región. lo cual indica que había continuidad en el ambiente de depósito y representan ambientes de plataforma marina principalmente (Figuras 4, 5 y 6).

Está representado en el área de estudio por la Formación Cobachi (Ordovícico Superior), la Formación Murrieta (Carbonífero) y la Formación Picacho Colorado (Pérmico). A continuación se les describe brevemente.

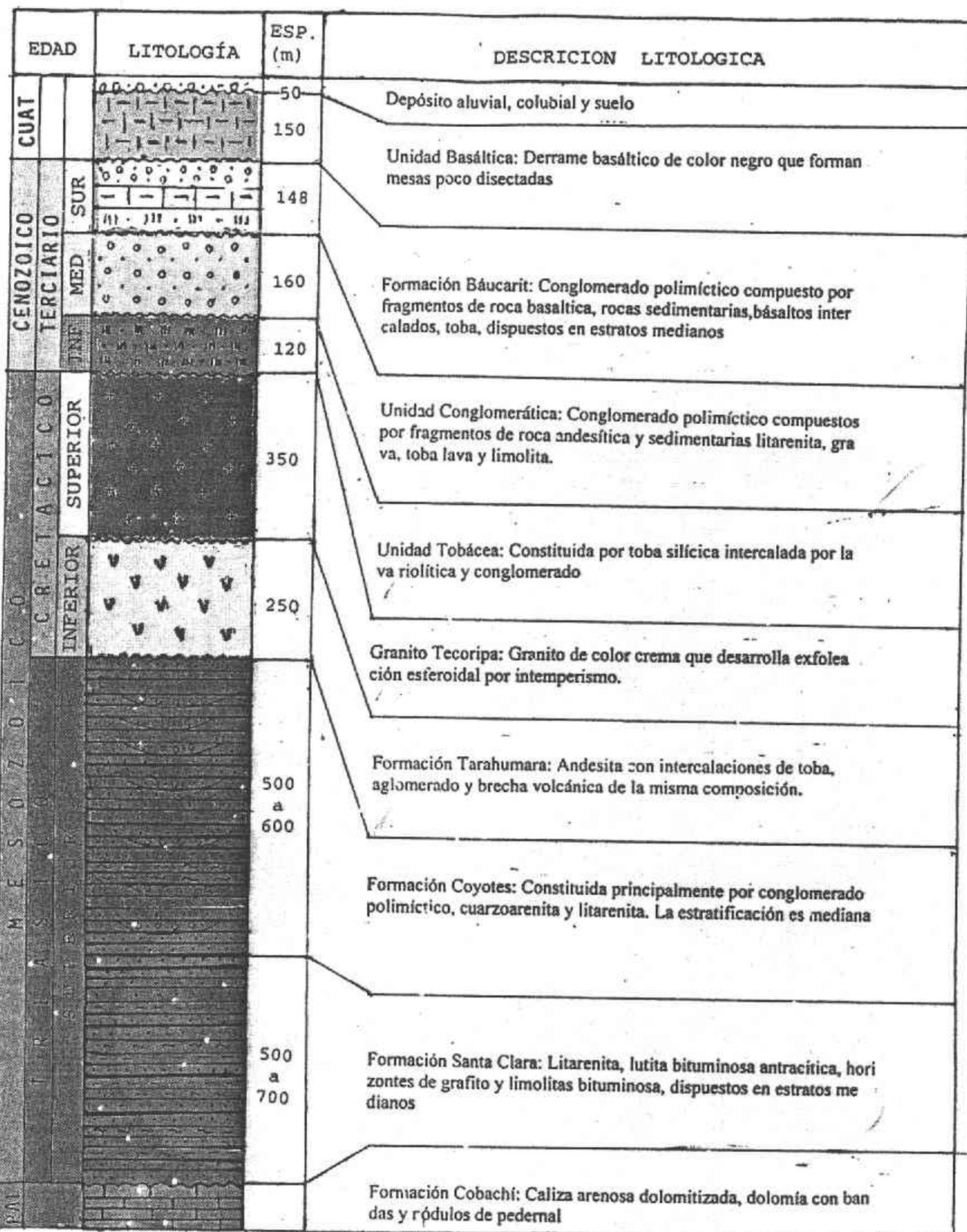
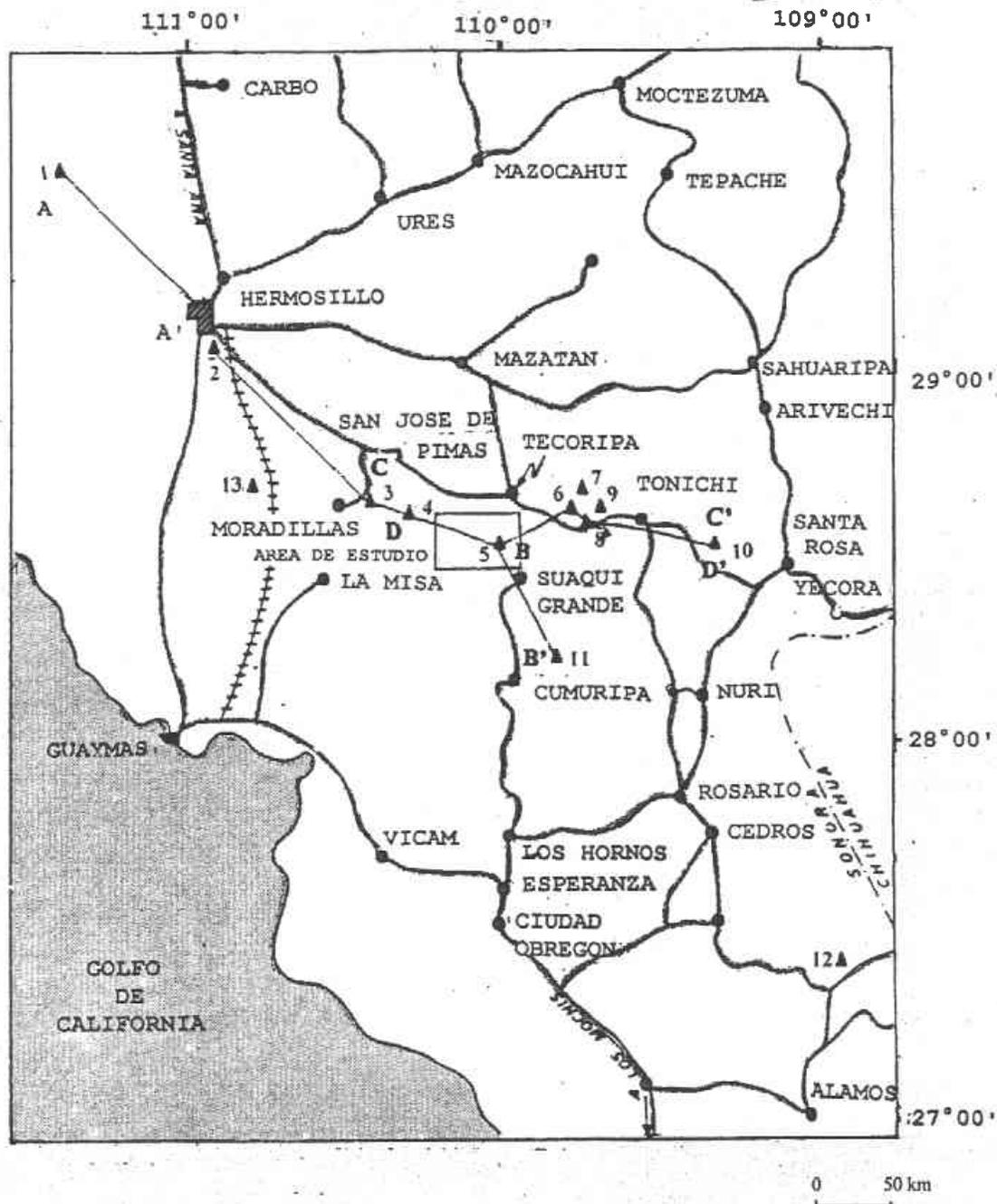


FIGURA 3 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL AREA TECORIPA-GUAYABILLAL





LEYENDA

SECCIONES ESTRATIGRAFICAS MEDIDAS

1. SIERRA LOPEZ-MINA LA VERDE
2. SIERRA LA FLOJERA
3. SIERRA DE SAN JOSE DE MORADILLAS
4. SIERRA RANCHO LA VIRGEN-MINA CASABEL
5. SIERRA GUAYABILLAL
6. SIERRA DE SAN JAVIER
7. SIERRA MINA LA REINA-RANCHO JACALITCS
8. SIERRA LA BARRANCA
9. SIERRA DE SAN ANTONIO DE LAS HUERTAS
10. SIERRA LOS MAUTOS
11. SIERRA COYOTES
12. SIERRA TOPIYECA
13. SIERRA LA MISA

CORRELACIONES

- A - A'  
B - B'

FIGURA 5 PLANO DE LOCALIZACION DE LAS SECCIONES ESTRATIGRAFICAS MEDIDAS Y LINEAS DE CORRELACION DE LA FORMACION COYOTES

FIGURA 7 MAPA ESTRUCTURAL DEL AREA TECORIPA SIERRA GUAYABILLAL

FIGURA 7

LEYENDA

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

-  POBLADOS.
-  CARRETERA FEDERAL
-  RIOS Y ARROYOS
-  COTA

SIMBOLOS GEOLOGICOS

-  RUMBO Y ECHADO DE ESTRATOS
-  FALLA NORMAL DENTICULAS EN EL BLOQUE CAIDO
-  FRACTURA
-  FALLA

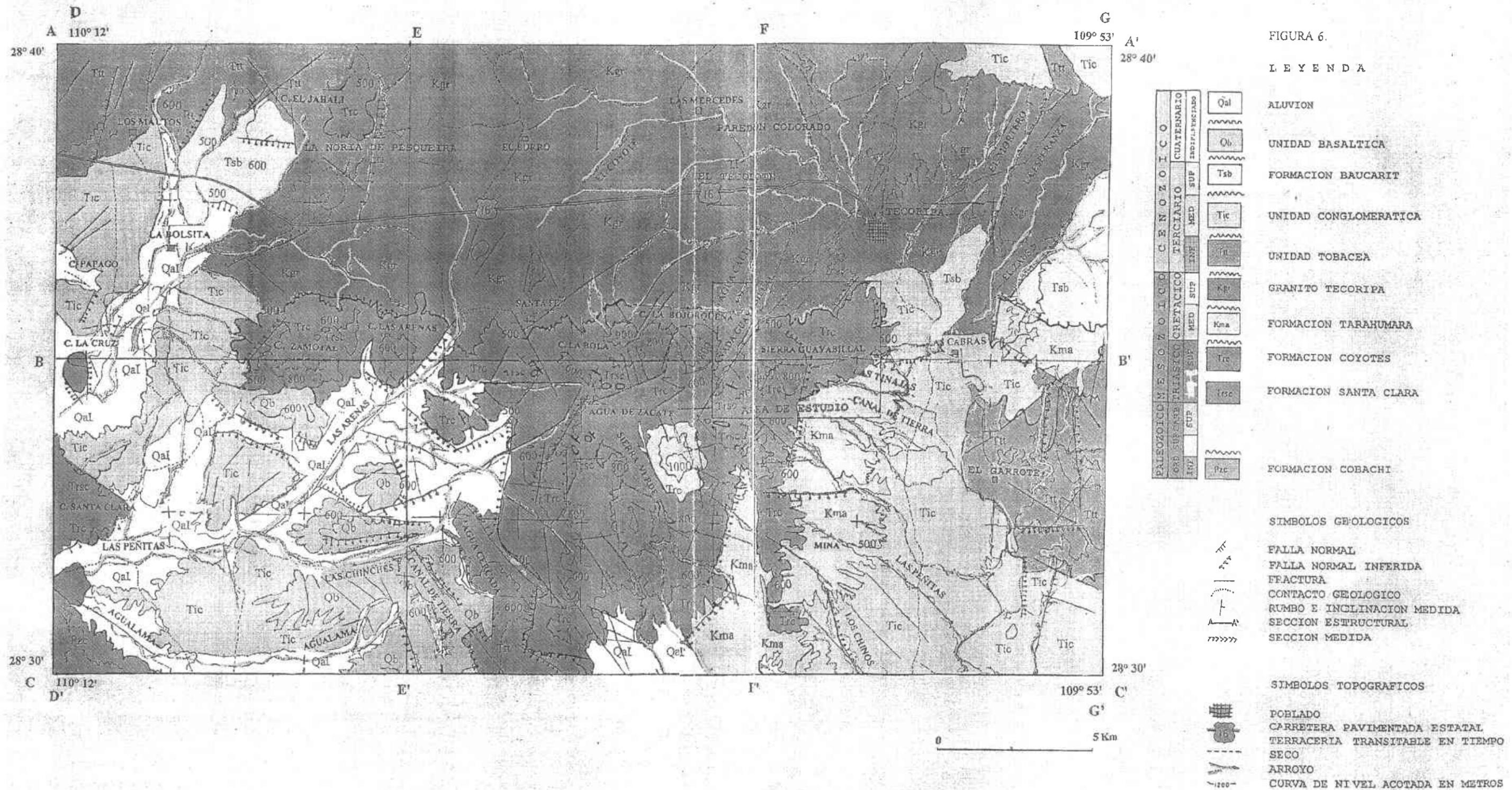
EPOCA	GENOZOICO		CUT. HOL.	DESCRIPCION
	TERCIARIO	CUAT.		
MESOZOICO				ALUVION UNIDAD BASALTICA
				FORMACION BAUCARIT Y UNIDADES CONGLOMERATICAS Y TOBACEA
				GRANITO TECORIPA
CRETACICO	SUPERIOR			FORMACION TARAHUMARA
	INFERIOR			FORMACIONES COYOTES Y SANTA CLARA
PERMIANO	SUPERIOR			FORMACION COBACHI
	INFERIOR			

BLOQUES ESTRUCTURALES

1. COBACHI
2. ZAMOTAL-SIERRA VERDE
3. MINA
4. NORIA TECOLOTE
5. EL GARROTE
6. LOS MAUTOS
7. LA BOLSITA
8. CAÑADA LA TUNA



FIGURA 6 MAPA GEOLOGICO DEL AREA TECORIPA SIERRA GUAYABILLAL



## Formación Cobachi

La Formación Cobachi (King, 1939; Menicucci, 1975) del Ordovícico Superior (Figura 4 y 6), la cual aflora escasamente en la esquina suroccidental de nuestra zona de estudio. Incluye caliza dolomitizada de estratificación mediana y delgada, con capas y nódulos de pedernal intercaladas. Contiene gasterópodos, braquiópodos, porífera, crinoides y trilobites. En el área de estudio la unidad paleozoica subyace a la secuencia Mesozoica, pero fuera del área en varias localidades puede apreciarse su relación estratigráfica discordante con el Triásico Superior (Stewart y Roldán-Quintana, 1991). Se correlacionó la facies de planicie arrecifal, lo cual indica que había una continuidad en el ambiente de depósito de plataforma interna entre estas columnas estratigráficas de la Sierra López, Sierra Santa Teresa, Sierra Las Norias, Sierra Mazatán, Cerro Cobachi y Cerro Prieto.

## Formación Murrieta

En la región noroeste de Hermosillo existen además afloramientos de rocas carbonatadas paleozoicas de la Formación Murrieta (Menicucci, 1975) que presenta briozoarios, braquiópodos, corales y crinoides los que permiten asignarla al Carbonífero y que denota ser un depósito de plataforma (Figura 4). En el área de estudio esta unidad paleozoica subyace a la secuencia Mesozoica, pero fuera del área, en varias localidades puede apreciarse su relación estratigráfica discordante con el Triásico Superior (Stewart y Roldán-Quintana, 1991). Se correlacionó la facies de planicie arrecifal, con una interdigitación marina en este tiempo. Se encuentra equivalente lateral en la Unidad Placeritos lo cual indica que había una continuidad en el ambiente de depósito de plataforma

interna entre estas columnas estratigráficas de la Sierra López, Sierra Leyva, Sierra Las Norias, Sierra Murrieta, Cerro Cobachi y Sierra Martínez.

#### Formación Picacho Colorado

También existen afloramientos de la Formación Picacho Colorado, del Pérmico, que incluye caliza con fusulínidos (Stewart et al., 1990), caliza limosa y caliza arenosa con gasterópodos y bivalvos. En el área de estudio la unidad paleozoica subyace a la secuencia Mesozoica, pero fuera del área en varias localidades puede apreciarse su relación estratigráfica discordante con el Triásico Superior (Stewart y Roldán-Quintana, 1991). Se correlacionó la facies de intermarea, con una interdigitación marina en este tiempo. Se encuentra equivalente lateral es el Banco calcáreo lo cual indica que había una continuidad en el ambiente de depósito de plataforma interna entre estas columnas estratigráficas de la Sierra López, Sierra Los Leyva, Sierra Las Norias, Sierra Murrieta, Cerro Cobachi y Sierra Martínez.

#### *Eratema Mesozoico*

Está representado en el área de estudio por las Formaciones Santa Clara y Coyotes del Grupo Barranca (Triásico Superior), la Formación Tarahumara (Cretácico-Terciario Inferior) y el Granito Tecoripa (nombre nuevo en este estudio) del Cretácico Superior. A continuación se les describe brevemente.

## Formación Santa Clara

Alencáster (1961) nombró como Formación Santa Clara al miembro medio del Grupo Barranca, la cual está formada por una secuencia de arenisca, limolita y lutita con intercalaciones de carbón. Con base en la escasa fauna marina que contiene le asignó una edad del Triásico Superior (Cárnico). La localidad tipo se encuentra en los arroyos de Pie de la Cuesta y Tarahumara, así como en los alrededores de la Estación Santa Clara, en el área de la Barranca, ubicada a 50 km al este del área de estudio. Se considera que los ambientes de depósito registrados en esta unidad, formaron sistemas fluviales y deltaicos controlados por cambios tectónicos. En el área estudiada, esta formación aflora en las Sierras Guayabillal, Pozo de Nacho, Bojorqueña, La Bola, Zamotal, Agua de Zacate y la Cruz, que altitudinalmente están situadas entre los 600 y los 900 m s.n.m (Figura 2 y 6).

La Formación Arrayanes está formada por areniscas, limonitas y conglomerados polimícticos y aunque no contiene fósiles, es considerada del Triásico Superior. Es la base del Grupo Barranca, subyace a la Formación Santa Clara y está subyace con contacto paralelo gradacional, y localmente erosivo, a la Formación Coyotes, cima del Grupo Barranca. En la columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal se observa un contacto gradacional entre las Formaciones Santa Clara y Coyotes (Figura 6) al igual que se observa en otras áreas aledañas de las cuales no se elaboraron secciones (Lamina I. Acercamiento del contacto entre las Formaciones Santa Clara que consiste de litarenita, limolita y lutita carbonosa y grafito y la Formación Coyotes que consiste de litarenita y conglomerado polimíctico).

La Formación Santa Clara porta una abundante taoflora que incluye, entre otros géneros según Silva-Pineda (1961) y Weber (1984) *Pterophyllum*, *Cyneoteris*, y fragmentos de coníferas que denotan una edad Cárnica. También contiene delgados horizontes intercalados de lutitas con una escasa fauna marina y marginal marina de amonitas y bivalvos. Se interpreta que los ambientes de depósito de esta unidad fueron sistemas fluviales y deltaicos controlados por procesos tectónicos (Silva-Pineda, 1961 y Weber y col., 1982).

En este tiempo los ambientes de depósito fueron fluvial, deltáico y mixto, en condiciones subaéreas y subacuáticas (Silva-Pineda, 1961), pues continuó la etapa regresiva de depósito que conformaban deltas desde el noreste de Hermosillo hasta el área de Alamos. Se distinguen en esta formación facies sedimentarias del tipo fluvial con barras y canales, planicie deltaica de inundación con canales distributarios y pantanos compuestos representados por una mezcla homogénea de arcilla y limo con fragmentos de taoflora.

#### Formación Coyotes

Alencaster (1961) define con el nombre de Formación Coyotes a una unidad de conglomerados, areniscas cuarcíticas e intercalaciones de lutita. La localidad tipo se encuentra a lo largo del camino que une los poblados de Tecoripa y Tonichí (este último a 50 km al este de la zona de estudio). Esta unidad se considera que se depósito en un ambiente fluvial, como se describe detalladamente en el siguiente capítulo.

La Formación Coyotes aflora en el área de estudio en la Sierra Guayabillal y es el objeto de estudio del presente trabajo (Tabla 1, Figura 5 y 6). El contacto inferior de esta unidad varía de gradacional a levemente erosivo sobre la Formación Santa Clara y es

discordante sobre las unidades paleozoicas. En algunas áreas su contacto superior es discordante con las unidades suprayacentes y presenta un contacto lateral, con las andesitas de la Formación Tarahumara. Se observa también en las áreas que se integran a este estudio; la Sierra López (en la mina La Verde) al noroeste de Hermosillo, Sierra La Flojera y Sierra Coyotes (a 150 km de la ciudad de Hermosillo; Figura 5).

La ausencia de fósiles impide fechar con precisión a la Formación Coyotes. Su asignación tentativa al Triásico Superior se obtiene por su yacencia concordante sobre la Formación Santa Clara, de edad Cárnica, lo cual hace pertenecer a ambas formaciones al Grupo Barranca.

#### Formación Tarahumara

Wilson y Rocha (1949) designaron así a una secuencia de derrames andesíticos grises y textura porfirítica intercalados con toba (silícica) vítrico-cristalina y lítica, brecha volcánica y aglomerado de composición similar. La sección tipo es el Arroyo Tarahumara localizada al oriente del área de estudio. Asociados a esta unidad, al oriente de Tecoripa existen algunos diques de composición diorítica que cortan a la Formación Tarahumara.

En el área, la Formación Tarahumara aflora en la parte suroriental donde alcanza un espesor de 250 a 400 m. Está constituida por andesita, cuya composición, de acuerdo con Best (1982), denota equilibrio mineralógico; también muestran efectos de alteración deutérica.

Las relaciones estratigráficas de esta unidad no se aprecian bien en el área, pero fuera de ella, se observa que sobreyace discordantemente a las unidades triásicas.

### Granito Tecoripa (nombre nuevo en este estudio)

Se propone designar así a un cuerpo granítico y granodiorítico hipidiomórfico, que aflora en la parte norte del área estudiada (Figura 6). El Granito Tecoripa muestra sistemas de fracturas y fallas que se intersectan en ángulo casi recto (Figura 7) y disposición dominante NNW-SSE y NNE-SSW. El Granito Tecoripa intrusión a la Formación Tarahumara y a las unidades preexistentes y está cubierto discordantemente por la secuencia cenozoica descrita a continuación. Su edad es Cretácico Superior (Roldán-Quintana y Cruz, 1993).

### *Eratema Cenozoico*

Las rocas cenozoicas están representadas en el área de estudio por una secuencia continental volcánica y de sedimentos terrígenos que se ha subdividido en tres unidades litoestratigráficas que a continuación se describen y se indica aquí que se utilizaron nombres nuevos e informales.

### Unidad Tobácea (nombre nuevo en este estudio)

En el área de estudio esta unidad está formada por toba riolítica de estratificación delgada y textura vítrico-lítica a vítrico-cristalina. Su espesor varía de 350 a 500 m, su posición estratigráfica se considera perteneciente al Terciario Inferior y asociada con el Complejo Volcánico Superior de la Sierra Madre Occidental (Figura 6).

Esta unidad se encuentra sobreyaciendo en discordancia al Granito Tecoripa (Cretácico Superior) y subyace en discordancia a la Unidad Conglomerática que a continuación se describe.

### Unidad Conglomerática (nombre nuevo en este estudio)

Esta unidad está constituida por conglomerados polimícticos, gravas y arenas consolidadas cuyos afloramientos forman cuevas y planicies disectadas y tiene un espesor de 160 a 300 m. Los clastos de guija y grava que varían de 3 a 15 cm de diámetro, son subangulosos a subredondeados, están consolidados en una matriz de areniscas, con intercalaciones de limolita y lutita. Fueron observados en las partes adyacentes del poblado de Tecoripa. La composición de los clastos son granítico y andesítico principalmente. La estratificación es en capas gruesas.

En el área de estudio, la Unidad Conglomerática descansa en discordancia sobre el Granito Tecoripa y/o la Unidad Tobácea y subyace también en discordancia a la Formación Báucarit. Esta unidad pudiera también ser parte del grueso paquete clástico de la Formación Báucarit, pero dado que es un paquete terrígeno distintivo y en ausencia de otros datos que precisen su edad, en este trabajo, se ha cartografiado como una unidad separada y su posición estratigráfica indica que es post-Terciaria Media y pre-Formación Báucarit.

### Formación Báucarit

Dumble (1900b) estudió los depósitos terrígenos del Cenozoico Superior de Sonora y los designó como División Báucarit. Posteriormente King (1934) le asignó a esta unidad rango de formación. La Formación Báucarit aflora ampliamente en los valles de Sonora. En el área de estudio se localiza en las cercanías de la Sierra Guayabillal, formando cuevas de lomeríos suaves y planicies disectadas.

Esta unidad incluye arenisca y conglomerado polimíctico consolidado constituido de fragmentos de roca volcánica y de sedimentos terrígenos, así como alguna roca volcánica, cuyos diámetros varían de 5 a 15 cm, dispuestos en una matriz arenosa y arcillosa. El color de estas rocas es gris, café y crema, y su estratificación es gruesa y mediana. Se pudo apreciar un espesor promedio de 148 m aunque localmente el espesor puede ser de hasta 400 m.

Esta formación sobreyace en discordancia a las formaciones mesozoicas, así como a la Unidad Tobácea y Unidad Conglomerática y su edad se considera del Terciario Superior (Mioceno).

#### Unidad Basáltica (nombre nuevo en este estudio)

Esta unidad aflora en la parte suroccidental del área, donde forma mesetas elongadas de inclinación suave. Está constituida por derrames basálticos de olivino, piroxenos, hematita y magnetita (con estructura vesicular), brecha basáltica y piroclasto de color gris a negro. Tiene un espesor de 100 a 150 m. Esta unidad descansa en discordancia sobre la Unidad Conglomerática, y sobre la Formación Coyotes. Fuera del área, sobreyace a la Formación Báucarit. Ello sugiere una edad post-Terciario Superior, probablemente cuaternaria para este cuerpo basáltico.

#### RASGOS ESTRUCTURALES DEL AREA ESTUDIADA

El área forma parte de la Provincia Terciaria de Sierras y Valles Paralelos (Basin and Range), por lo cual las estructuras dominantes consisten principalmente de fallas normales

de extensión regional y fracturas (Figura 6, 7 y 8). Estas pueden agruparse en tres sistemas que a continuación se describen brevemente.

#### (I) Sistema NW - SE

Se reconoce un sistema de fallas y fracturas regionales de orientación NW-SE que afectan a la Formación Cobachi, Formación Coyotes, Tarahumara, Granito Tecoripa, Unidad Tobácea, Unidad Conglomerática, Formación Báucarit y Unidad Basáltica. Sus direcciones son NW 14° SE, NW 20° SE, NW 42° SE y NW 62° SE. Los bloques de falla caídos están hacia el NW en el Cerro Atravesado, Sierra Zamotal, Cerro La Colorada y Cerro Zaus y hacia el SE en la Sierra San Guillermo o Mina, Sierra La Mojonera, Sierra Cuestas Peñitas y Sierra Las Cabras. Las fracturas o fallas son subparalelas y conjugadas y los arroyos del área siguen cauces similares por longitudes de hasta 3 km.

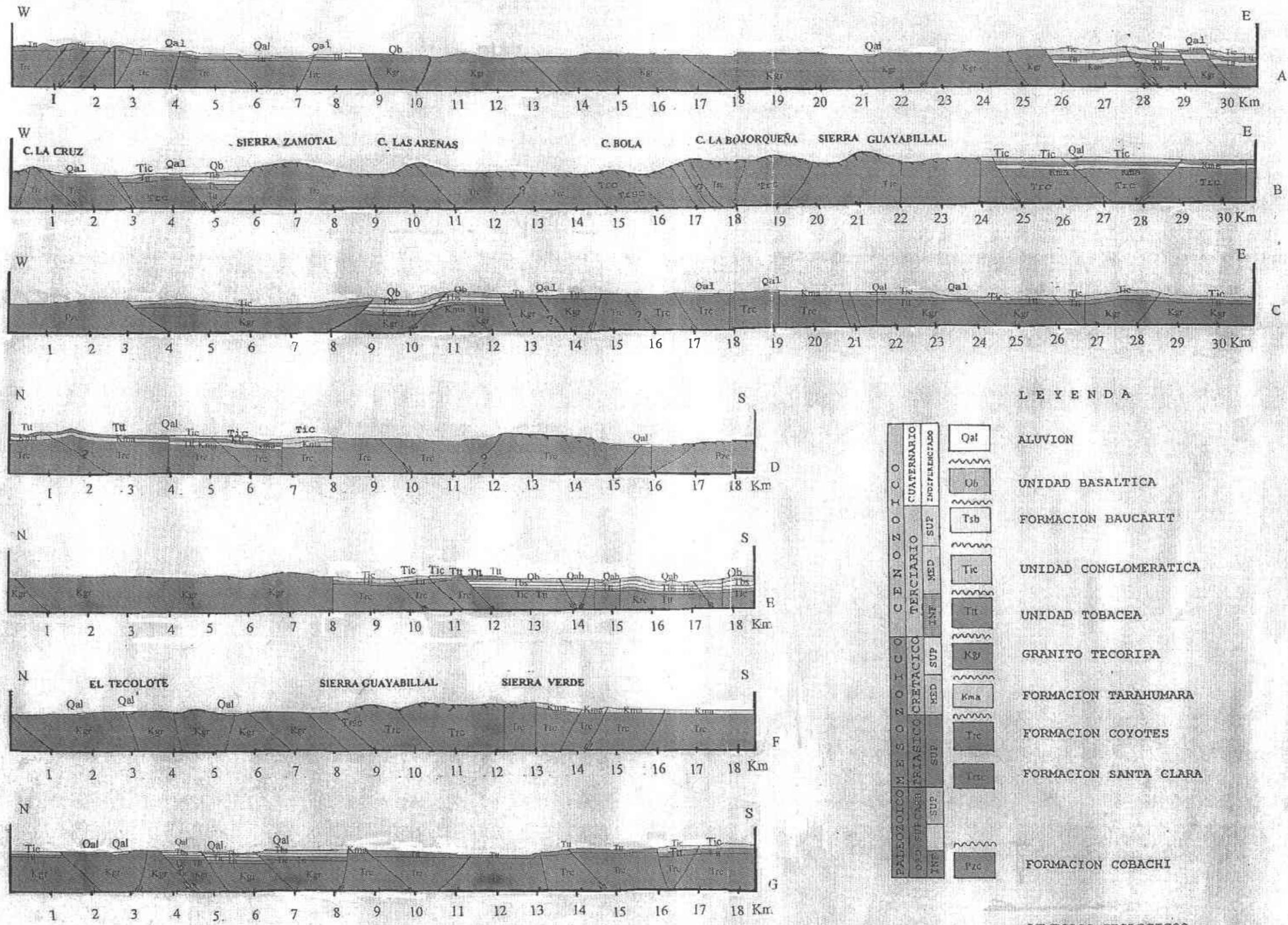
#### (II) Sistema NNE - SSW

Este sistema de fallamiento normal y fracturamiento en el área de estudio afecta a la Formación Coyotes, Formación Tarahumara, Granito Tecoripa, Unidad Tobácea, Unidad Conglomerática, Formación Báucarit y Unidad Basáltica. Sus direcciones principales son NNE 3° SSW, NNE 12° SSW, NNE 20° SSW y NNE 45° SSW. Los bloques de falla caídos están hacia el NNE en el Cerro La Bola y Cañada La Tuna y hacia el SSW en la Sierra Los Mautos, Sierra La Esperanza, Sierra El Bajío, Sierra Agua Cercada y Sierra Pozo de Nacho.

Forman un sistema de bloques de fractura o falla que controla el curso de los arroyos que disectan a la Unidad Basáltica. Algunas fallas normales se localizan en la parte centro-

FIGURA 8 SECCIONES ESTRUCTURALES DEL AREA TECORIPA-SIERRA GUAYABILLAL

FIGURA 8



LEYENDA

CUATERNARIO TERCARIO CRETACICO TRIASICO PALEOZOICO SUPERIOR	ENDIFERENCIADO	Qal	ALUVION
		Ob	UNIDAD BASALTICA
	SUP	Tsb	FORMACION BAUCARIT
	MED	Tic	UNIDAD CONGLOMERATICA
	INF	Tt	UNIDAD TOBACEA
	SUP	Kg	GRANITO TECORIPA
	MED	Kma	FORMACION TARAHUMARA
	SUP	Trc	FORMACION COYOTES
	SUP	Lsc	FORMACION SANTA CLARA
	SUP	Pzc	FORMACION COBACHI

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- CONTACTO INFERIDO
- FALLA NORMAL
- FRACTURA

sur, en la Cañada La Tuna con longitudes de 1 a 6 km. Este sistema es muy probable que se encuentre conjugado.

### (III) Sistema E-W

Este sistema de fracturamiento es de importancia menor en el área de estudio y afecta a la Formación Coyotes, Formación Tarahumara, Granito Tecoripa, Unidad Tobácea, Unidad Conglomerática, Formación Báucarit y Unidad Basáltica. Las fallas son normales y controlan el cauce de los arroyos en la parte central del área. Los bloques de falla caídos están hacia el E en el Cerro Papago, Sierra Guayabillal y Punta de La Sierra y al W en la Sierra, Sierra Las Chinchas y Sierra Agua de Zacate.

El sistema de fallas más importante es el de dirección NW-SE. Es de tipo normal, estos sistemas de fracturas y fallas están asociados con el origen y desarrollo de cuencas distensivas tipo "Basin and Range", del margen continental, cuya edad más probable es del Oligoceno-Mioceno (Dickinson, 1981).

Dichos sistemas de fallas aquí reconocidos subdividen el territorio en ocho bloques estructurales reconocibles por sus direcciones e inclinaciones preferenciales los cuales a continuación se les describe brevemente (Figura 7).

**Bloque Cobachi.** Se ubica en la porción suroeste de la zona de estudio y presenta una geometría poligonal (triangular). Lo conforman fracturas conjugadas y fallas normales y que delimitan otros bloques estructurales. Está formado por rocas paleozoicas de la Formación Cobachi. (Figura 9). Se observa dos sistemas principales de fracturas y fallas: N 20°-30° W y N 50°-60° W

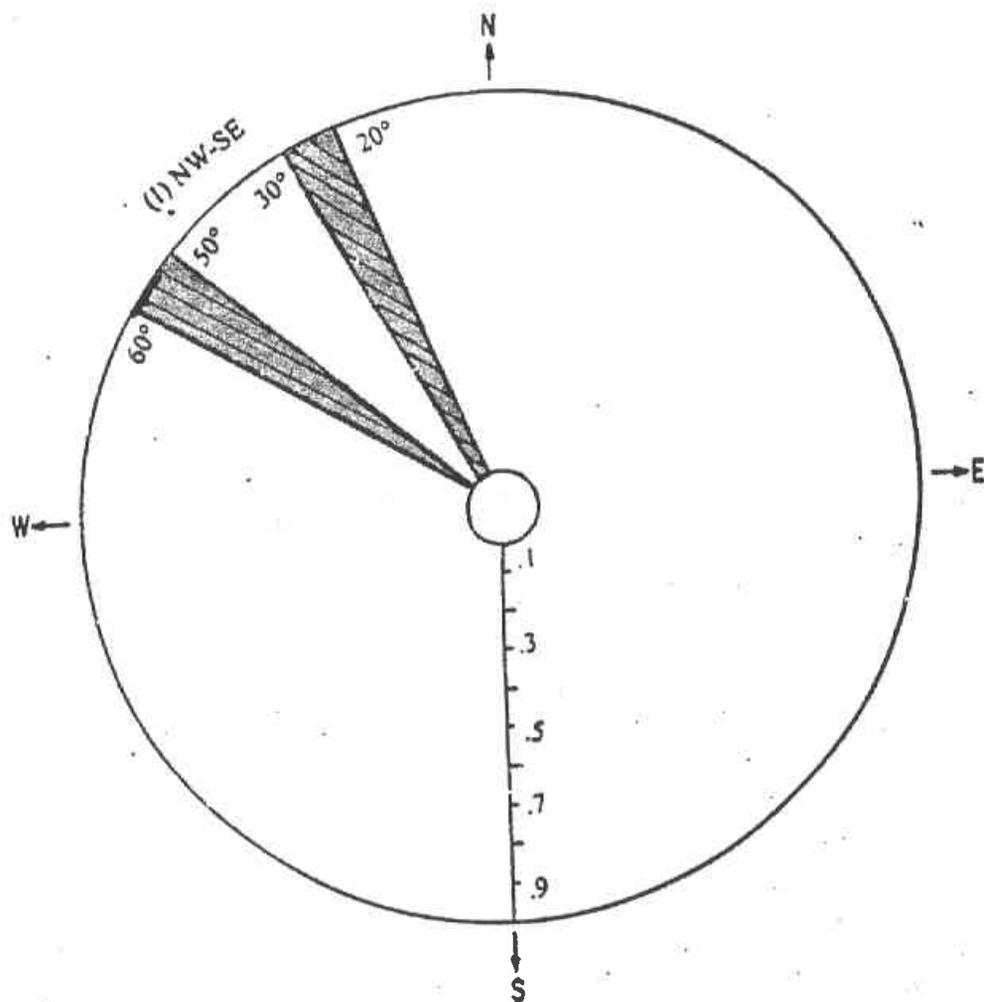


FIGURA 9 DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS DIRECCIONES ESTRUCTURALES DE LAS FRACTURAS Y FALLAS PRINCIPALES QUE SE OBSERVAN EN EL BLOQUE COBACHI

**Bloque Zamotal-Sierra Verde.** Se ubica en la porción centro-sur y centro-oeste del mapa. Es un bloque estructural poligonal que lo conforma un sistema de fracturas y fallas normales que lo delimitan de los bloques vecinos. Estas fallas controlan el curso de los arroyos y está constituido por la Formación Coyotes, que suprayace a la Formación Santa Clara. Al norte está en contacto por fractura y falla normal y en contacto geológico con el bloque estructural Noria-Tecolote (constituido por el Granito Tecoripa), al sur y sureste con aluvión y con el bloque estructural Mina (constituido por la Formación Tarahumara). Al oeste está delimitado por planicies aluviales y por el bloque estructural Cañada La Tuna (representado por la Unidad Basáltica). En este bloque se encuentra el rasgo estructural principal del área: el monoclinal de la Sierra Guayabillal (ver sección estructural Sierra Guayabillal y se encuentra orientada NNE 50° SSW, donde la inclinación de sus capas es de 45° a 58°). Los bloques de falla caídos están al E en la Sierra Guayabillal, al NW en la Sierra Zamotal, en el Cerro La Bola, y Punta de La Sierra (Figura 10).

En este bloque se tienen cuatro sistemas principales de fallas: NNE 0°-10° SSW, NW 0°-20° SE, NNE 30°-40° SSW y otro NNE 80°-90° SSW. También se tienen otras direcciones que son el resultado de un sistema de fallas conjugadas. Las fallas son de tipo normal y sugieren una relación entre los procesos tectónicos distensivos que las generaron y permitió la coexistencia de ambas.

**Bloque Mina.** Se ubica en la parte oriental de la zona de estudio. Es un bloque estructural irregular poligonal al que conforma un sistema de fracturas y fallas normales. Las fallas que lo delimitan de los bloques vecinos tienen direcciones NNE, NW, N-S y E-W que controlan el curso de los arroyos. Está compuesto por rocas de la Formación Tarahumara en contacto lateral y delimitado al norte, mediante fallas normales, y por el bloque estructural

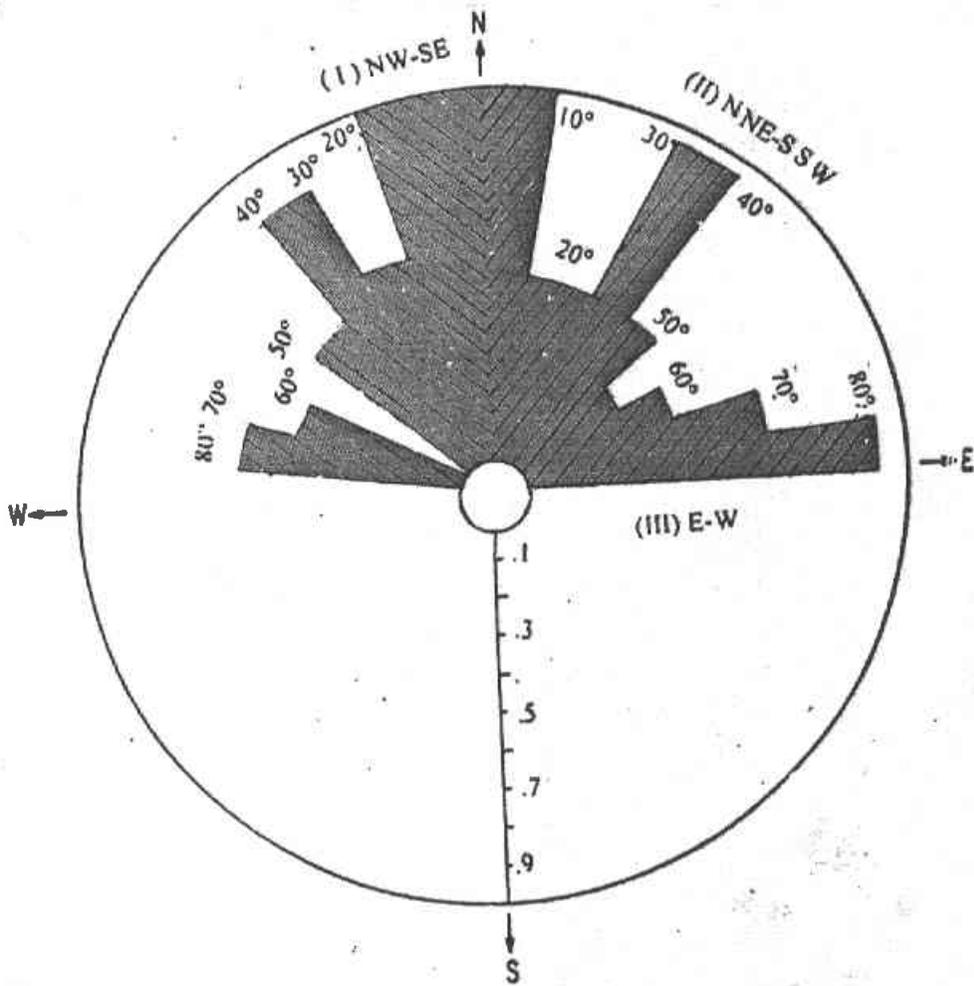


FIGURA 10 DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS DIRECCIONES ESTRUCTURALES DE LAS FRACTURAS Y FALLAS PRINCIPALES QUE SE OBSERVAN EN EL BLOQUE ZAMOTAL-SIERRA VERDE

Zamotal-Sierra Verde (Formación Santa Clara y Formación Coyotes) y en algunos lugares se encuentra sobreyaciendo en discordancia (Formación Coyotes). Al oeste está delimitado por el bloque estructural Zamotal-Sierra Verde (Formación Coyotes), al este por el bloque estructural El Garrote (Formación Báucarit). Los bloques de falla caídos están al SE en la Sierra San Guillermo o Mina y en la Sierra La Mojonera y al S en el Cerro El Samotal (Figura 11).

Se observan varios sistemas principales de fracturas o fallas con dirección NW-SE y otros menores con dirección NNE-SSW. Las fallas que son de tipo normal están menos desarrolladas en las direcciones N 10°- 20° W y casi N-S.

**Bloque Noria-Tecolote.** Se ubica en la parte norte, centro y este del área de estudio. Constituye una franja irregular de longitud 10 km y corresponde a un bloque estructural irregular poligonal delimitado de otros bloques por fallas con direcciones NNE, NW, E-W, y N-S. Algunas de estas fracturas controlan el curso de los arroyos. Está afectando a rocas del Granito Tecoripa principalmente. De suroeste a sureste, está delimitado mediante fallas normales, por el bloque estructural La Bolsita (Formación Báucarit, la Unidad Conglomerática y Unidad Tobácea), Zamotal-Sierra Verde (Formación Santa Clara y Coyotes) y con las zonas de aluvión, bloque estructural El Garrote (Formaciones Báucarit). Los bloques de falla caídos están al NW en el Cerro La Colorada y Cerro El Bajío y al SW en la Sierra La Esperanza (Figura 12).

Dentro de este bloque estructural se tiene un sistema de fallas normales con dirección principal NNE-SSW. Algunas de estas fallas conforman rampas y bloque de falla. Se observan dos sistemas principales de fallas: N 20°-40° W, y casi N-S. También se tienen

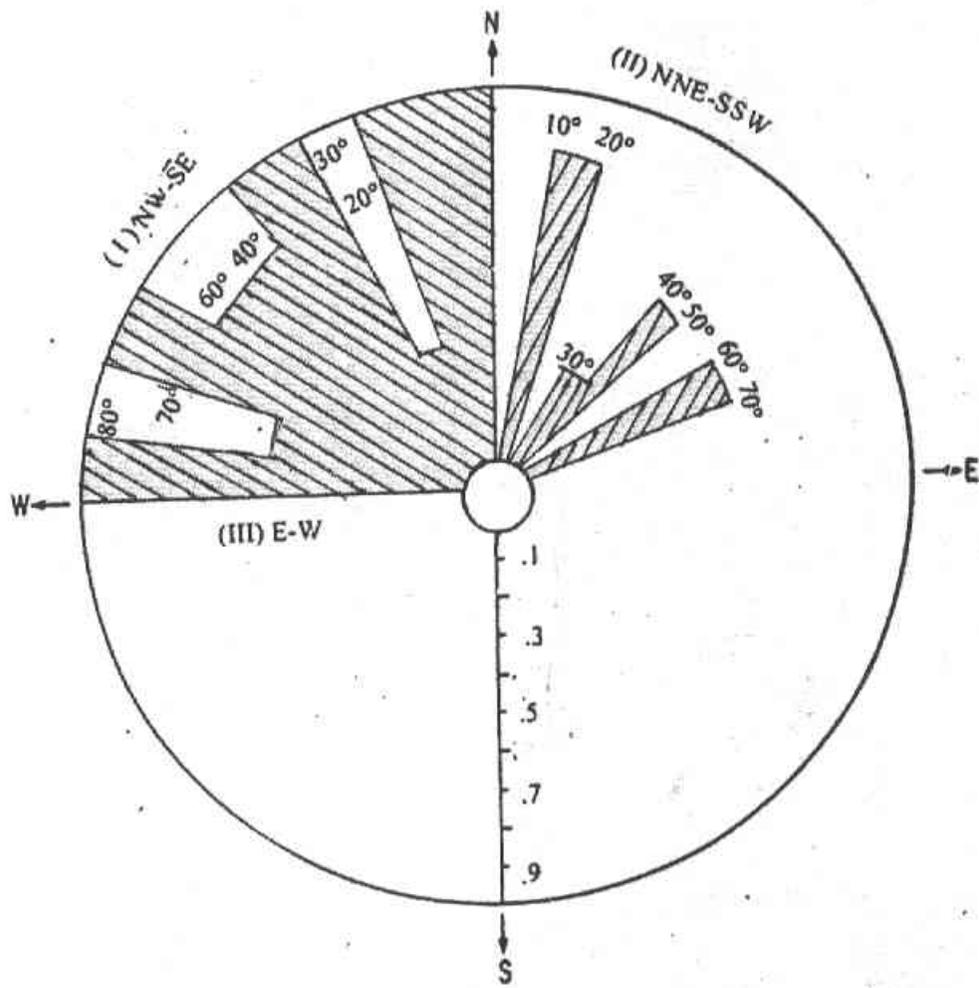


FIGURA 11 DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS DIRECCIONES ESTRUCTURALES DE LAS FRACTURAS Y FALLAS PRINCIPALES QUE SE OBSERVAN EN EL BLOQUE-MINA

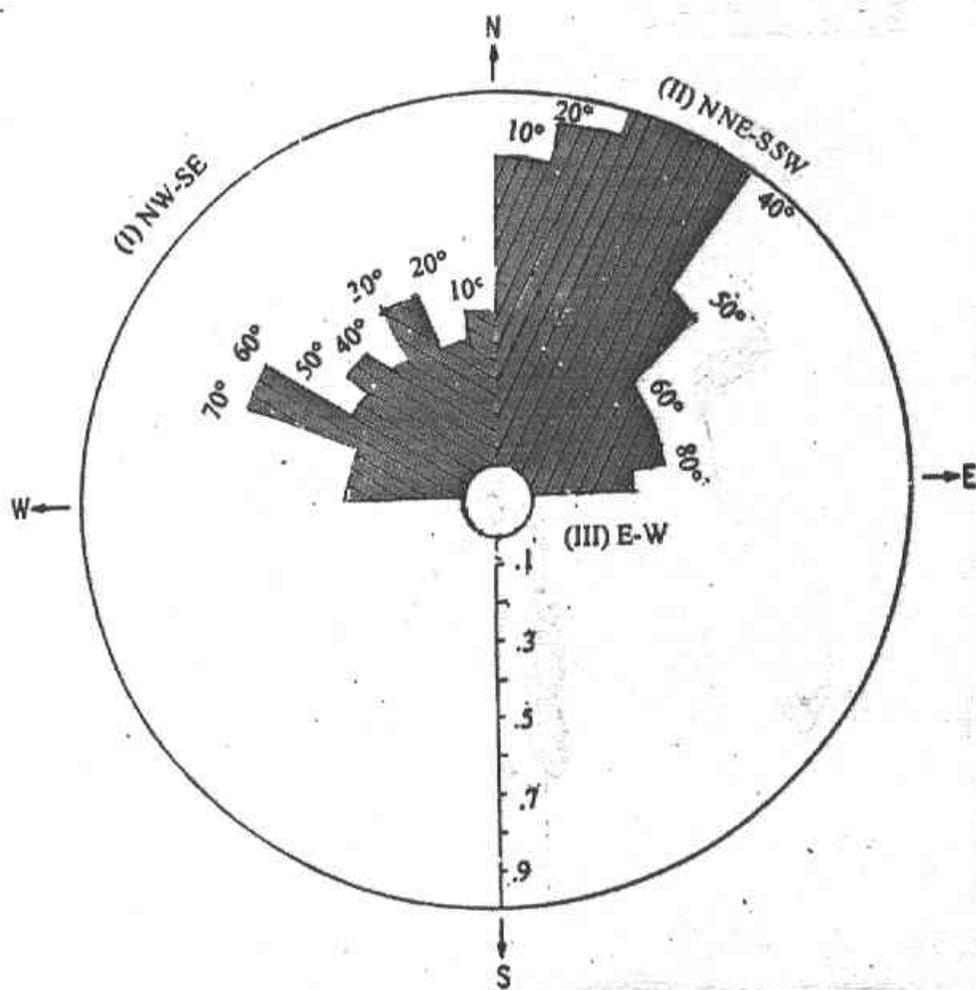


FIGURA 12 DIAGRAMA DE FRACUENCIAS DE LAS DIRECCIONES ESTRUCTURALES DE LAS FRACTURAS Y FALLAS PRINCIPALES QUE SE OBTIENEN EN EL BLOQUE NORIA-TECOLOTE

otras direcciones que son el resultado de un sistema de fracturas conjugadas como el NW-SE y el casi E-W. Las fallas son de tipo normal.

**Bloque El Garrote.** Se ubica en la parte oriental de la zona de estudio. Está delimitado de otros bloques por fracturas o fallas normales con longitudes entre 7.9 y 12.6 km. Está afectando a rocas de la Formación Báucarit y Unidades Tobácea y Conglomerática. Se delimita al norte por el bloque estructural Noria Tecolote (Granito Tecoripa) y al oeste por el bloque estructural Mina (Formación Tarahumara). Dentro de este bloque se tiene un sistema de fracturas con direcciones NW, NNE y E-W cuyas fracturas principales siguen algunos cauces de los arroyos. Los bloques de falla caídos están al SE en la Sierra Las Cabras y Cuesta Las Peñitas (Figura 13).

Los sistemas principales de fallas observados son: N 10°-20° W, N 40°-50° W, N 60°-70°W y otro casi E-W. Se tienen sistemas de fallas menos desarrolladas en las direcciones casi N-S y el NNE-SSW. Las fallas son de tipo normal.

**Bloque Los Mautos.** Se ubica en la parte noroeste del área de estudio. Está delimitado de otros bloques por fracturas o fallas normales con longitudes de varios kilómetros.

El fracturamiento o un posible fallamiento normal de este bloque afecta a rocas de la Formación Báucarit y Unidades Tobácea y Conglomerática. Está delimitado al este por el Bloque estructural Noria-Tecolote (Granito Tecoripa) y al sur, por el bloque La Bolsita (Unidades Tobácea y Conglomerática). Algunas de estas fracturas principales controlan el cauce de los arroyos. Los bloques de falla caídos están al SW en la Sierra Los Mautos y al E en el Cerro Papago (Figura 14).

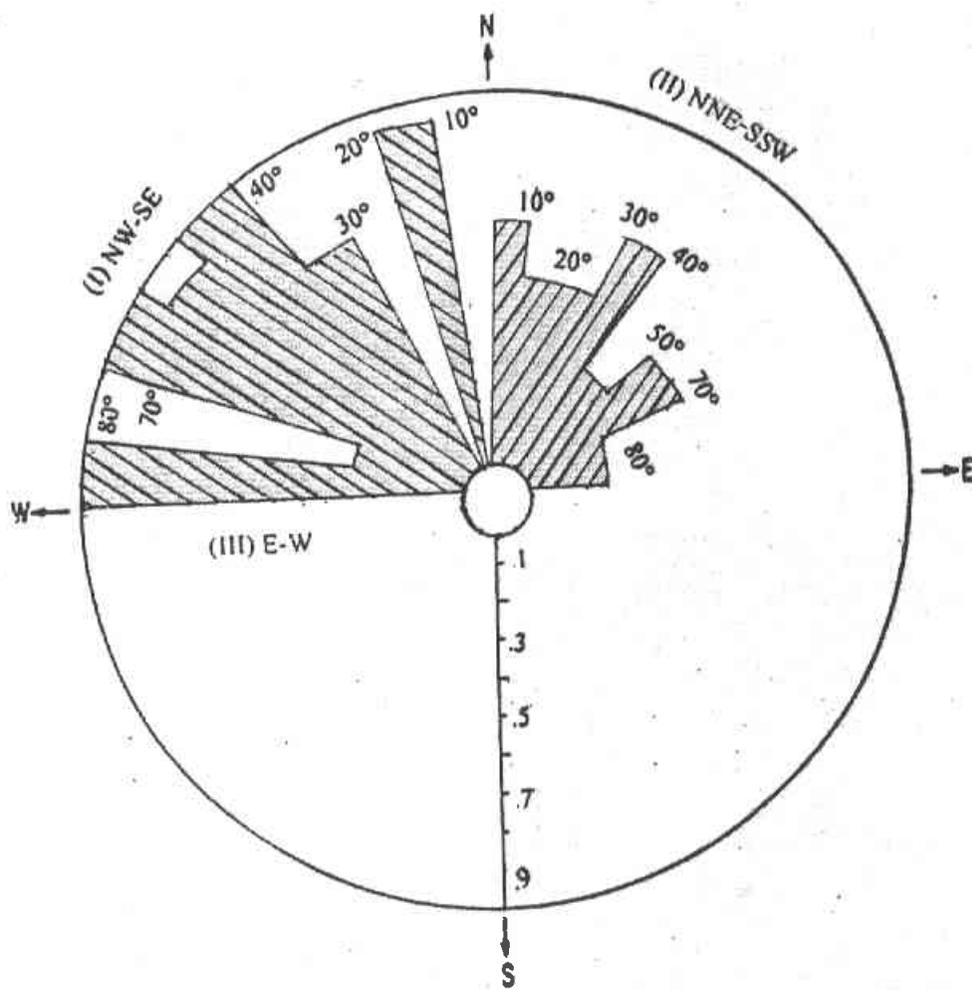


FIGURA 13 DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS DIRECCIONES ESTRUCTURALES DE LAS FRACTURAS Y FALLAS PRINCIPALES QUE SE OBSERVAN EN EL BLOQUE EL GARROTE

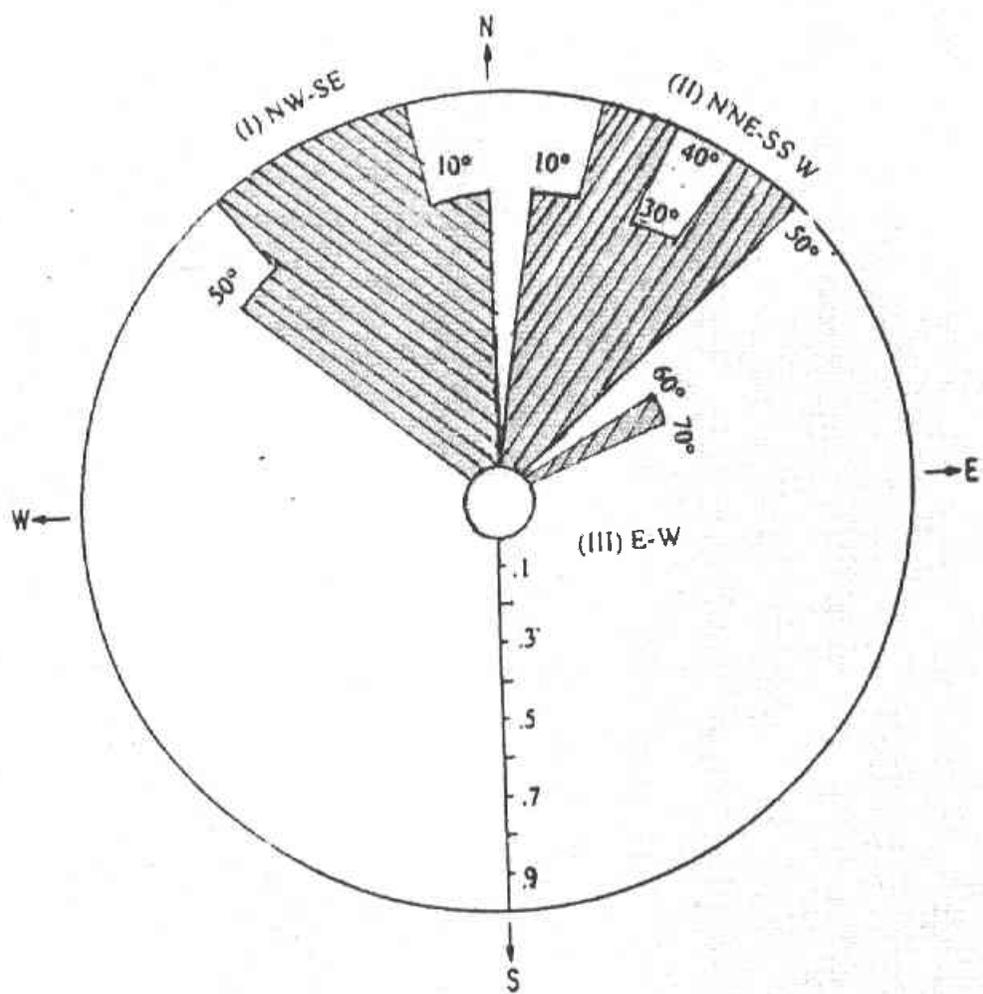


FIGURA 14 DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS DIRECCIONES ESTRUCTURALES DE LAS FRACTURAS Y FALLAS PRINCIPALES QUE SE OBSERVAN EN EL BLOQUE LOS MAUTOS

**Bloque La Bolsita.** Se ubica en la parte occidental del área de estudio donde afloran rocas de la Unidad Conglomerática. Es un bloque estructural delimitado por fracturas y fallas normales con direcciones NW, NNE, E-W y N-S. Delimitado al norte por el bloque estructural Noria-Tecolote (Granito Tecoripa) y al sur por el aluvi3n. Algunas de estas fracturas principales controlan el cauce de los arroyos. (Figura 15).

Se tienen dos sistemas principales de fallas: N 50°-80° W y casi N-S. Tambi3n se tienen otras direcciones que son el resultado de un sistema de fallas conjugadas. Son menos desarrolladas en las direcciones casi E-W y NNE-SSW.

**Bloque Cañada La Tuna.** Se ubica en la parte suroeste y est3 constituido principalmente por afloramientos de rocas de la Unidad Basáltica. Est3 delimitado por fallas normales: al norte por el bloque estructural Noria-Tecolote (Granito Tecoripa), al sur por aluvi3n y al este por el bloque estructural Zamotal-Sierra Verde (Formaciones Santa Clara y Coyotes). Dentro de este bloque se tiene un sistema de fracturas o posible fallas con direcciones NW-SE y E-W. Tambi3n se tienen otras direcciones que son el resultado de un sistema de fallas conjugadas y otras menos desarrolladas en las direcciones NE-SW y casi N-S. Algunas de las fracturas controlan el cauce de los arroyos. Los bloques de falla caídos est3n al W en la Sierra Las Chinchas y al NNE y en la Sierra Cañada La Tuna y en las mesas basálticas (Figura 16). Se tienen fallas normales con caida hacia el NNE 70° SSW. Figura 17. Diagrama de frecuencias de las direcciones estructurales dominantes que tienen las principales fallas y fracturas observadas en el área de estudio. Los datos representan la informaci3n de 307 fallas medidas.

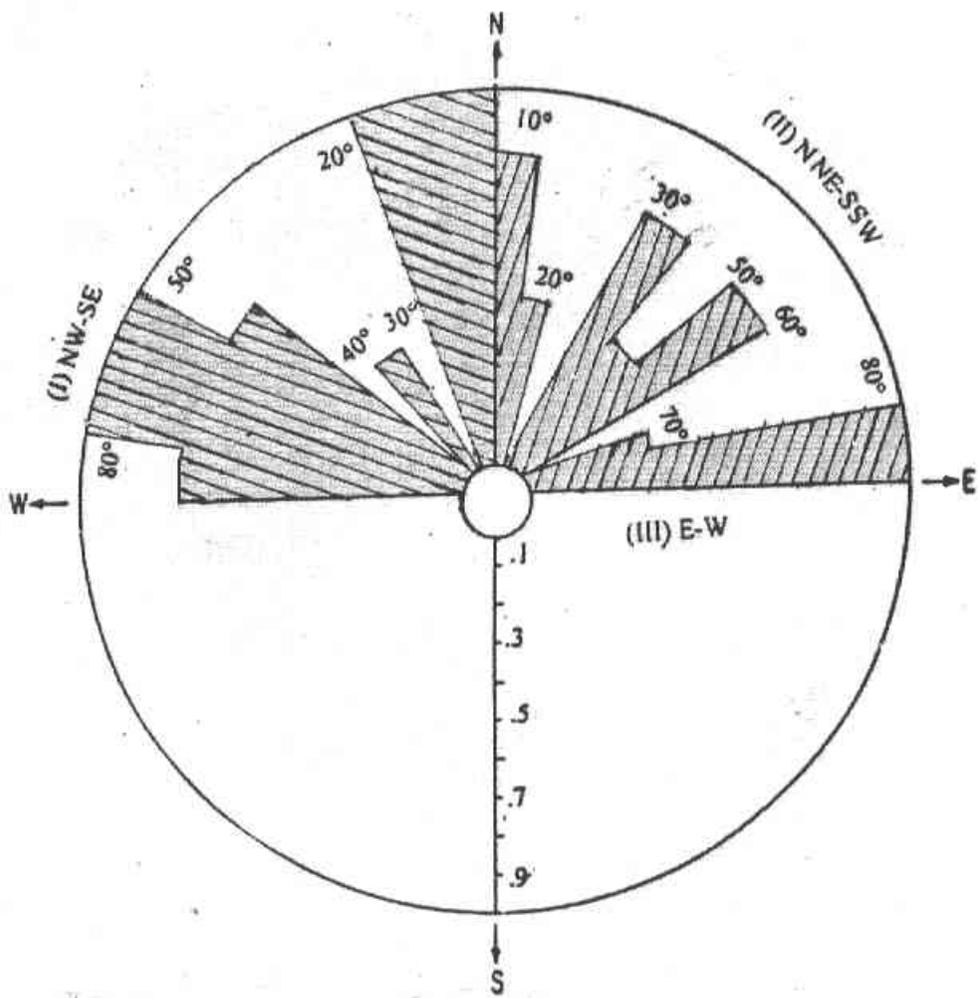


FIGURA 15 DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS DIRECCIONES ESTRUCTURALES DE LAS FRACTURAS PRINCIPALES QUE SE OBSERVAN EN EL BLOQUE LA BOLSITA

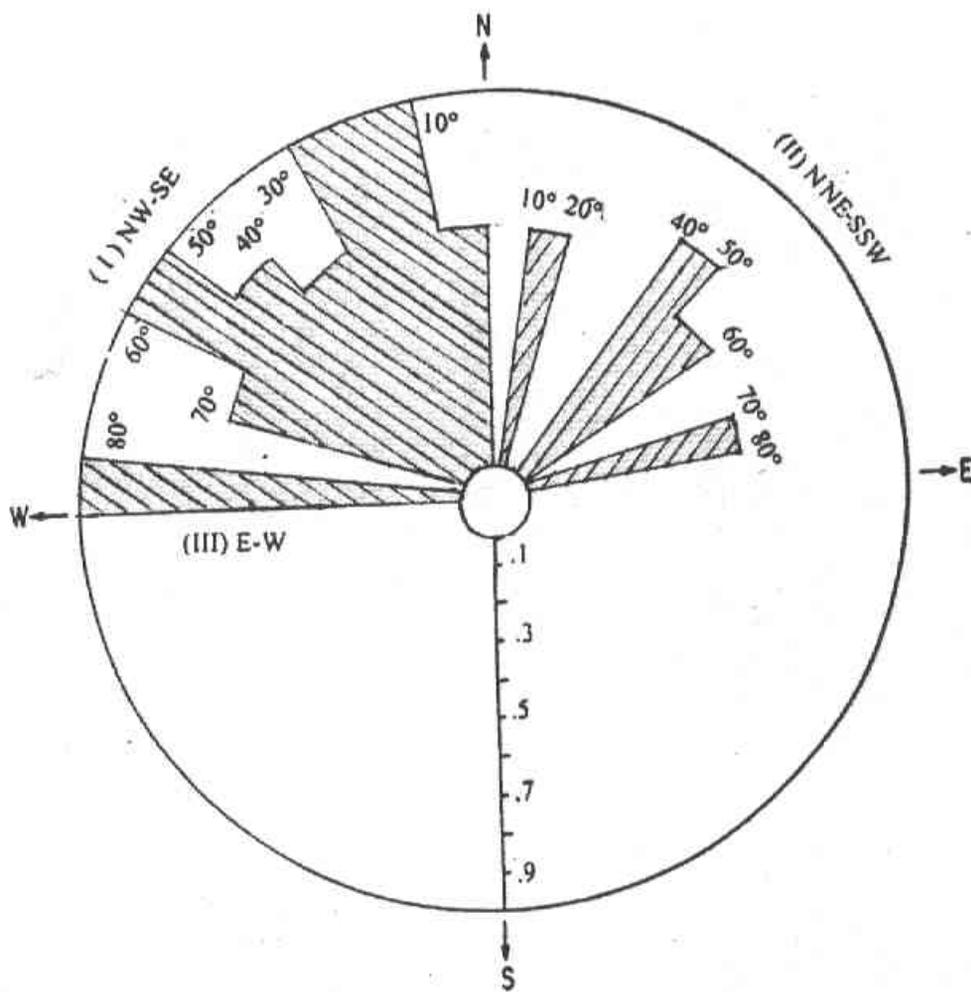


FIGURA 16 DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS DIRECCIONES ESTRUCTURA  
RALES DE LAS FRACTURAS Y FALLAS PRINCIPALES QUE SE OB  
SERVAN EN EL BLOQUE CAÑADA LA TUNA

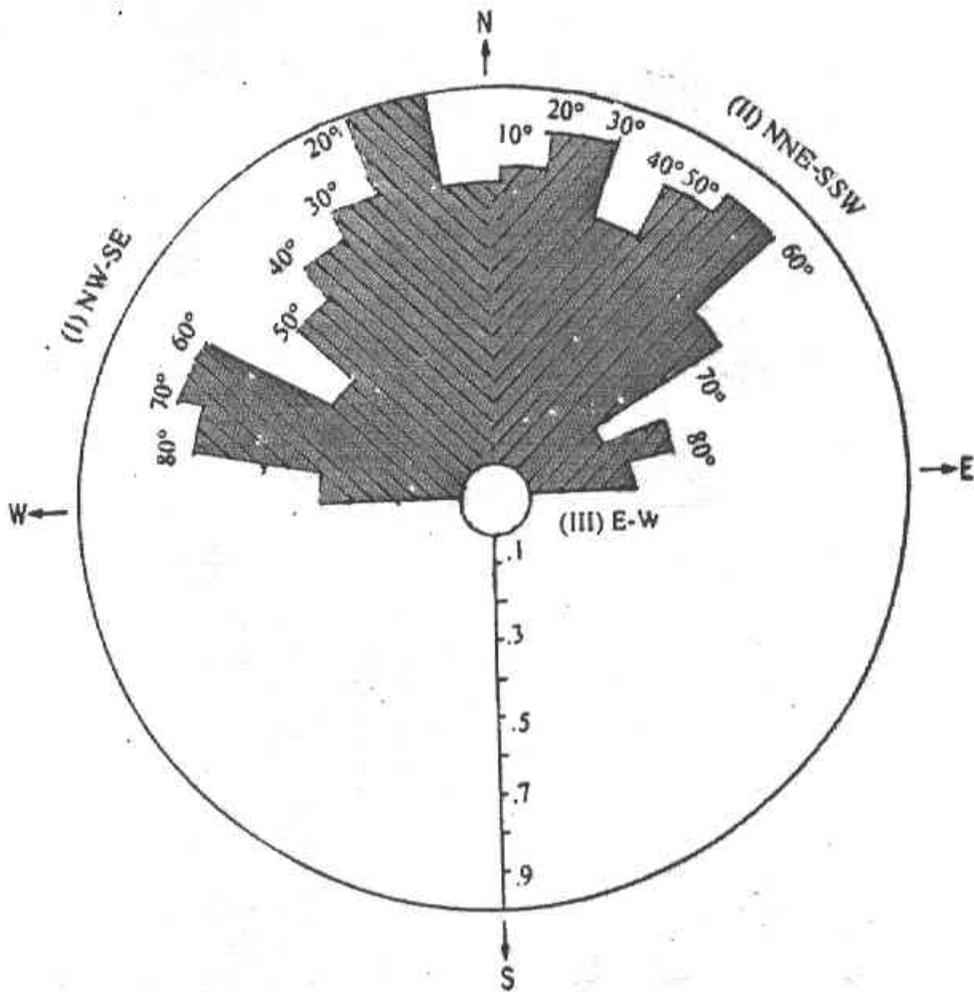


FIGURA 17 DIAGRAMA DE FRECUENCIAS GENERAL DE LAS DIRECCIONES O RUMBOS DE FRACTURAS Y FALLAS PRINCIPALES OBSERVADAS EN ESTE SECTOR

## HISTORIA GEOLOGICA DEL AREA TECORIPA-SIERRA GUAYABILLAL

Las rocas más antiguas de la región Tecoripa-Sierra Guayabillal incluye caliza dolomitizada intercalada con nódulos de pedernal, gasterópodos, braquiópodos y trilobitas de la Formación Cobachi del Paleozoico Inferior. Sugiere que fueron formados en un ambiente de plataforma interna.

Durante el Pérmico Superior y Triásico Inferior se desarrolla una tectónica compresiva en la margen cordillerana originándose la Orogenia Sonorana (Poole y colaboradores, 1988; González-León y col., 1996 y González-León, 1997a, b). Se originan levantamientos con deformación intracontinental, con depósitos de terrígenos del Grupo Barranca en la región central de Sonora incluida el área Tecoripa-Sierra Guayabillal.

Posteriormente se deposita el Grupo Barranca de naturaleza terrígena principalmente. El área fuente de las rocas terrígenas de la Formación Santa Clara debió ser de constitución ígnea, metamórfica, volcánica y terrígena tal como lo evidencia la abundante presencia de cuarzo policristalino y monocristalino y fragmentos de rocas ígneas, metamórficas, volcánicas y terrígenas (descrito más adelante). Por otro lado las lutitas y capas de carbón asociadas presentan fragmentos e impresiones de tafoflora y amonitas y bivalvos con edad del Cárnico-Nórico (Silva-Pineda, 1961) que indican que por lo menos el ambiente de depósito es en parte marino somero, próximo a la costa, con abundante flujo de sedimentos terrígenos, sugiriendo como alternativa, en especial para la litarenita y limolita, un ambiente deltáico.

La Formación Coyotes representa un episodio de sedimentación terrígena continental en ambientes fluviales (descrito más adelante). Se infiere un ambiente de alta a moderada

energía con flujo de material terrígeno, que provenía de una provincia orogénica reciclada (Dickinson, 1970; Anderson y Silver 1979).

El origen y edad del fracturamiento o fallamiento normal fue resultado de un fenómeno de compresión, estuvo relacionado con la tectónica de plegamiento y deformación de la Orogenia Sonorana a lo largo del margen continental que ocasionó compensaciones isostáticas diferenciales complejas. Este margen de Sonora fue afectado por procesos de tipo "rift" marginales, la que comprende el área Tecoripa-Sierra Guayabilla estuvo ocupado en el Paleozoico Inferior por depósito de carbonato. La erosión parcialmente peneplanó el área y se tiene conglomerados polimicticos

Durante el Cretácico Inferior se desarrolla una cuenca marina donde ocurren plataformas con depósito de carbonatos (Dickinson, 1981). Posteriormente al final del Cretácico y principios del Terciario ocurrió la deformación compresiva de la Orogenia Laramide, tiempo durante el cual también se desarrolló el arco volcánico que dio origen a la Formación Tarahumara y al emplazamiento del Granito Tecoripa en el área de estudio (Gastil and Miller, 1984; Dickinson, 1981). Esa fue la última, o más reciente fase compresiva que hubo en Sonora. La Unidad Tobácea que es más joven que este evento, dado que sobreyace al Granito Tecoripa, debe de ser parte del volcanismo del Oligoceno y no está asociada a fase de compresión alguna.

Posteriormente se desarrollan períodos de distensión que dan origen a fallamiento normal del sistema "Basin and Range" (Dickinson, 1981) y al depósito de la Unidad Conglomerática y de la Formación Báucarit. El volcanismo básico se produce asociado a esta fase de distensión continental. El basculamiento de la secuencia litoestratigráfica, responsable de la Formación Coyotes, debió ocurrir posteriormente también durante la fase

de "Basin and Range". Dickinson (1981) consideró que la edad más probable de dicho fallamiento y fracturamiento es Oligoceno-Mioceno, que corresponde a una fase postorogénica Laramide.

#### IV. LA FORMACIÓN COYOTES EN EL ÁREA TECORIPA-GUAYABILLAL

Las rocas terrígenas triásicas en Sonora han sido reportadas desde principios de siglo XX (Dumble, 1900a, b; Hess, 1909; Flores, 1929; King, 1939) y a causa de su estratigrafía, paleontología, y de su posible potencial petrolero y carbonífero, han sido objeto de diferentes estudios (Wilson y Rocha, 1949; Alencáster, 1961; Silva-Pineda, 1961; Menicucci, 1975; Roidán-Quintana y Anderson, 1979; Peiffer y Rangin, 1979; Anderson y Silver 1979; González-León, 1980; Noël, 1981; Buitrón, 1982; Weber y colaboradores, 1984; Potter y Cojan, 1985; Rodríguez-Castañeda, 1986 y Cojan y Potter, 1991). La diversidad lítica consiste de capas de litarenita, cuarzoarenita, sublitarenita, conglomerado polimíctico y limolita.

En su trabajo sobre el Grupo Barranca en la región central de Sonora, Alencáster (1961) describe la Formación Coyotes como una secuencia de litarenita, cuarzoarenita, sublitarenita, conglomerado polimíctico y limolita a la cual le asigna una edad del post-Cárnico y pre-Cretácico, con base en su posición estratigráfica. Afloramientos bien expuestos de esta formación se presentan a lo largo del camino Tecoripa-Tonichí en el centro de Sonora. La relación estratigráfica con otras unidades del Grupo Barranca son las siguientes: El contacto inferior de esta unidad es gradacional sobre la Formación Santa Clara y discordante sobre las rocas paleozoicas. Esta última relación se aprecia en la columna y sección estratigráfica de la Sierra López-Mina La Verde donde la Formación Murrieta (Carbonífero) subyace en discordancia a la Formación Coyotes. Estas relaciones se aprecian también en las secciones estratigráficas de la Sierra Guayabillal, La Flojera, La Barranca y Sierra Coyotes. El contacto superior de la Formación Coyotes está cubierto en discordancia por la Formación Tarahumara o por depósitos aluviales.

En la Carta Geológica de Sonora elaborada por el Instituto de Geología de la U.N.A.M., a escala 1: 500, 000 (López-Ramos, 1974) en sus ediciones 2ª a 4ª, se distinguen para la zona correspondiente al área Sierra Guayabillal, las subáreas ocupadas por la secuencia de litarenita, cuarzoarenita, sublitarenita, conglomerado polimictico y limolita asignados al Triásico Superior.

En las Hojas Geológica Sierra Libre H12-11 y Tecoripa H12-12, escalas 1: 250, 000 (INEGI, 1982a,b), se ha cartografiado en el área de la Sierra Guayabillal a una unidad de litarenita, cuarzoarenita, sublitarenita, conglomerado polimictico y limolita designada como del Triásico Superior por su relación con los cuerpos subyacentes sedimentarios de la Formación Santa Clara. Finalmente, en la última edición de la Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1: 2000, 000 ahora acompañada de un texto explicativo (Ortega-Gutiérrez y colaboradores, 1992), se reconoce para el área de la Sierra Guayabillal, la Formación Coyotes del Triásico Superior. Por otro lado, en la porción noroccidental y norte del área estudiada, se cartografía esta formación y sus equivalentes designados como Formación Coyotes. Resumiendo, la información presentada muestra la necesidad de describir con detalle a la Formación Coyotes para caracterizarla adecuadamente.

En la Sierra Guayabillal, la Formación Coyotes junto con la Formación Santa Clara afloran formando un monoclinal con rumbo de capas en dirección NW 45° SE y con inclinaciones de 35° a 65° hacia el NNE y formando altitudes de entre los 400 a 900 m. s.n.m.

**LEYENDA**

**LITOLOGIA**

- FACIES FLUVIALES**
- ARENISCA
  - LIMOLITA
  - LUTITA
  - CONGLOMERADO
  - SEMICUBIERTO
- ESTRATIFICACION**
- GRUESA ( 80 - 160 cm )
  - MEDIANA ( 30 - 80 cm )
  - DELGADA ( 15 - 30 cm )

- LAMINAR**
- CRUZADA**
- IGRADADA**
- IMBRICADA**
- ONDULITAS**
- CORTE Y RELLENO**
- LENTICULAR**
- fg** FRACTURAMIENTO DE GRANOS
- ff** FUERTEMENTE FRACTURADA

- A C C E S O R I O S**
- Qzmp CUARZO METAMORFICO POLICRISTALINO
  - Qzmm CUARZO METAMORFICO MONOCRISTALINO
  - fm FRAGMENTOS DE ROCA METAMORFICA
  - Bt BITUMINOSO
  - M MICA
  - Ox OXIDOS
  - S SERICITA
  - \* MATERIA ORGANICA
  - Cl CLORITA
  - Zf CIRCON
  - Cs CEMENTANTE DE SILICE
  - Ch CEMENTANTE DE HEMATITA
  - Mh ESTILOLITOS

**FACIES FLUVIALES**

- ff Qzmp frm \* M C fg Ox
- Ox
- DEPOSITOS DE BARRAS
- ff Qzmp frm M \* Zr Ox
- DEPOSITOS DE BARRAS
- ff Qzmp frm \* M G fg Ox
- ff Qzmp frm M \* C fg Ox

**DEPOSITOS DE CANALES**

- Qzmp \* M Ox G fg
- Qzmp frm \* G Q Ox fg
- DEPOSITOS DE CANALES
- f Qzmp frm \* M C

**DEPOSITOS DE CANALES**

- ff Qzmp M Cl fg Cs
- DEPOSITOS DE CANALES
- \* Qzmp frm \* M Ox Cs
- ff Qzmp frm \* M Cl Ox Mh
- DEPOSITOS DE BARRAS
- Qzmp frm \* M Ox Mh

**DEPOSITOS DE CANALES**

- f Qzmp frm M \* Cs
- DEPOSITOS DE CANALES
- Qzmp frm M \* fg Cs
- f Qzmp frm M \* Cs
- Qzmp frm M \* fg Cs

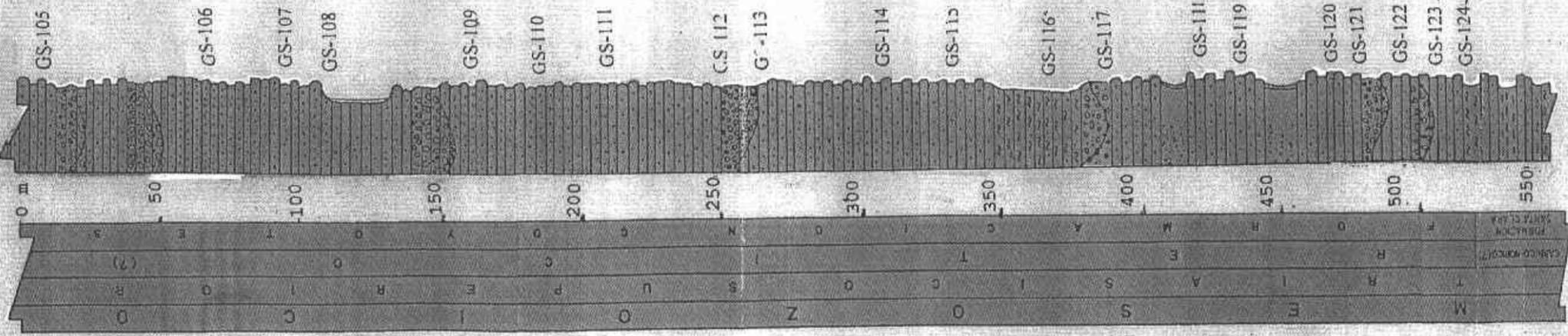
**DEPOSITOS DE BARRAS**

- Qzmp frm M Ox fg C
- f Qzmp frm M \* Cs
- Qzmp frm M \* G fg
- DEPOSITOS DE CANALES
- Qzmp frm M Zr \* fg Cs
- ff Bt \* Qzmp frm Cl M Ox
- Qzmp Bt ff frm Cl M Ox

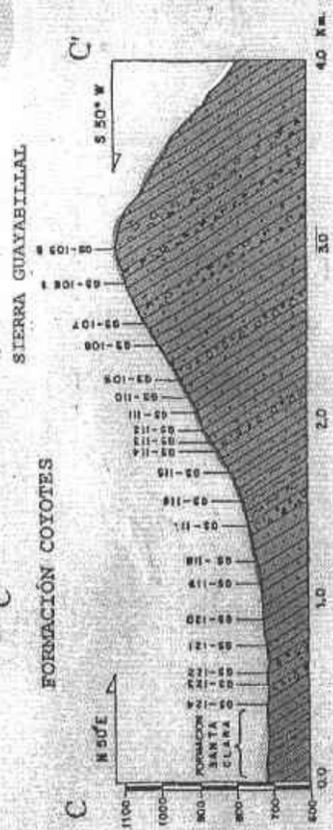
**DEPOSITOS DE PANIANO-MIXTO**

- Qzmp Bt ff frm Cl M Ox

No. DE MUESTRA  
SERIE-GS

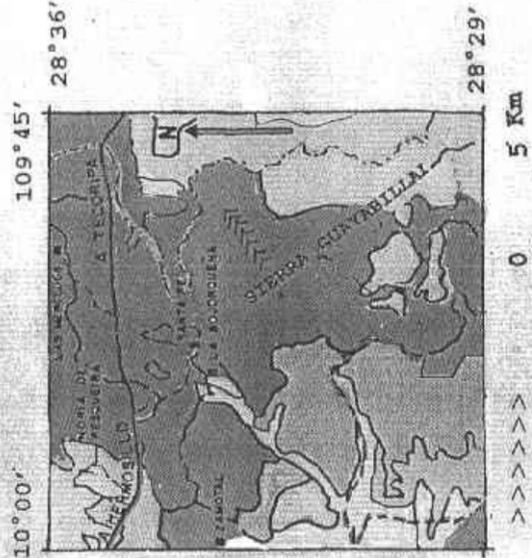


FORMACION COYOTES



SECCION ESTRATIGRAFICA DE LA SIERRA GUAYABILLAL

FIGURA 18 COLUMNA ESTRATIGRAFICA Y LA SECCION DE LA SIERRA GUAYABILLAL, SE OBSERVA LA LITOLOGIA DE LA FORMACION COYOTES, SUS FACIES Y ESTRUCTURAS PRIMARIAS



SECCION ESTRATIGRAFICA MEDIDA

## ESPESOR Y LITOLOGIA

### Espesor

La Formación Coyotes aflora al SW del poblado de Tecoripa (Figura 6) formando las expresiones topográficas más elevadas del área como son la Sierra Guayabillal, Cerro Bojorqueña, Cerro La Bola, Cerro Las Arenas y Cerro Zamotal entre otros. En conjunto, sus afloramientos alcanzan una extensión aproximada de 135 km<sup>2</sup> que corresponde al 45 % del total del área estudiada. Sus afloramientos de roca terrígena bien consolidada son resistentes a la erosión, por lo que altitudinalmente, la mayor parte de esta unidad se ubica entre los 800 y 900 m.s.n.m.

Para propósitos de este trabajo, se midió una sección y columna estratigráfica de la Formación Coyotes en el flanco noreste de la Sierra Guayabillal (Figuras 6, 18 y 19) la cual alcanza un espesor de 550 m. A continuación se describen las características litoestratigráficas de dicha sección medida.

### Litología

La Formación Coyotes esta compuesto por arenisca, conglomerado y limolita y sus principales rasgos litológicos se pueden observar en la columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal (Figuras 6 y 19). El reporte y descripción de esta columna y sección estratigráfica es el objetivo principal del presente trabajo de tesis, aunque en el Apéndice I se describen otras columnas complementarias de la misma unidad que fueron medidas en localidades adyacentes de la región central de Sonora. Estas secciones son usadas para realizar correlaciones en la región y con base en ellas se elaboraron los mapas paleogeográficos inferidos del Grupo Barranca.

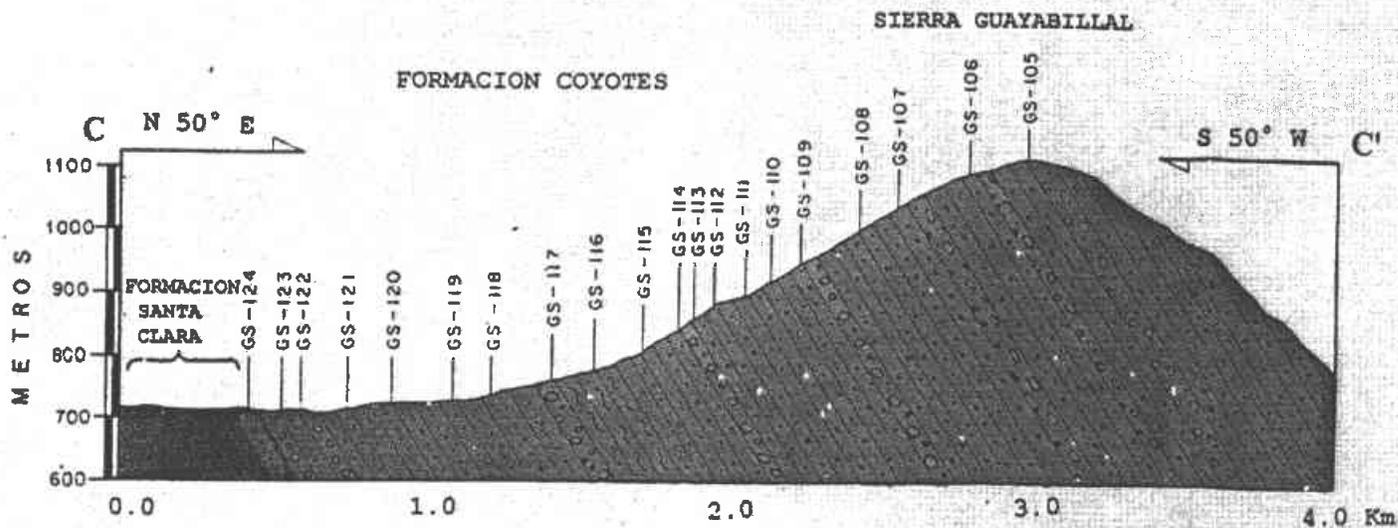


FIGURA 19 SECCION ESTRATIGRAFICA DE LA SIERRA GUAYABILLAL

Las litologías de la Formación Coyotes presentan colores crema y blanco en superficies frescas, que están presentes en el 80 % de las muestras recolectadas, mientras que las tonalidades grisáceas, son menos frecuentes. La coloración de intemperismo está representada por colores crema y gris con tonos amarillentos y negros, siendo las tonalidades intermedias las más abundantes. Por su textura y composición petrográfica las variedades líticas más frecuentes son la litarenita, cuarzoarenita y sublitarenita en las areniscas (Figura 20). El cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas son los componentes principales de estas rocas. Los conglomerados polimícticos están presentes, aunque su frecuencia de aparición es baja (Figura 19, Láminas II, III, IV y V).

Con objeto de apreciar los cambios verticales y laterales que muestra la composición lítica de la Formación Coyotes, se describe una columna y sección estratigráfica medida en la Sierra Guayabillal, la cual se propone como la Sección Tipo de la Formación Coyotes en el centro de Sonora. Esta sección se ubica en la parte central de la Sierra Guayabillal a lo largo del curso del arroyo Tinajas, hasta el contacto con la Formación Santa Clara (Figura 19). La inclinación de los estratos de la Formación Coyotes es de 35° a 60° hacia el NNE en promedio. La sección se midió con cinta metálica de 50 m y brújula Brunton. Se puede observar que la columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal presenta estructuras sedimentarias bien definidas y los rasgos principales de esta sección se describen a continuación, de la base a la cima.

CUARZO

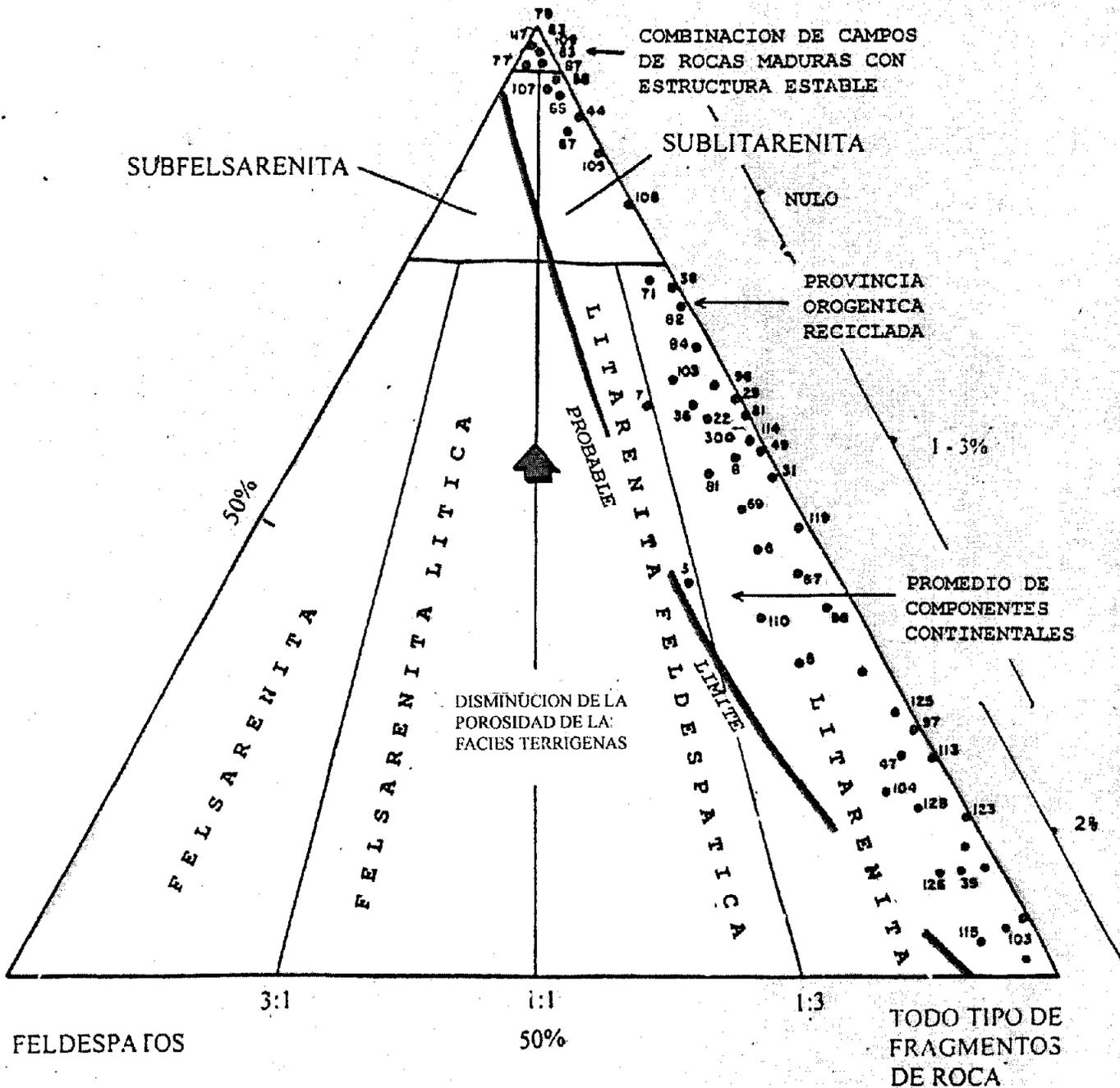


FIGURA 20 DIAGRAMA TERNARIO (FOLK, 1968) ADAPTADO A LA DISTRIBUCION DE MUESTRAS DE ARENISCAS DEL GRUPO BARRANCA

## **Columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal (Figuras 5, 18 y 19)**

El contacto inferior con rocas de la Formación Santa Clara (Cárnico) es gradacional.

Intervalo 1. Espesor 13 m. Cuarzoarenita, sublitarenita y litarenita con trazas de materia orgánica de color crema que intemperiza en el mismo color. El espesor de las capas varía de delgada a mediana y presenta estratificación cruzada paralela y con estructuras de ondulitas y su textura es samítica. Su facies se interpreta como fluvial. (Lámina II. Fotomicrografía de una cuarzoarenita).

Intervalo 2. Espesor 10 m. Conglomerado polimíctico de color blanco que intemperiza en color crema con tonos negros. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenita, cuyos diámetros varían de 5 a 8 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de cuarzoarenita con estratificación gruesa a mediana, gradada y localmente paralela cruzada, paralela discontinua y de corte y relleno. Sus clastos presentan imbricamiento y su textura es sefítica. Su facies representa depósitos de relleno de canales fluviales.

Intervalo 3. Espesor 10 m. Litarenitas con trazas de materia orgánica de color crema que intemperiza en el mismo color con tonos rojizos. Presenta estratificación mediana a delgada con laminación paralela continua y paralela cruzada y su textura es samítica. Su facies representa barras fluviales.

Intervalo 4. Espesor 10 m. Conglomerado polimíctico de color blanco que intemperiza en color crema con tonos negros. Consiste de clastos de cuarzo y litarenita, cuyos diámetros son de 3 a 5 cm. Son subangulosos a subredondeados. La estratificación es gruesa, localmente gradada, paralela cruzada, paralela discontinua y con estructuras de corte y relleno. Los clastos presentan imbricación y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales (Lámina III. Afloramiento de conglomerado polimíctico).

Intervalo 5. Espesor 60 m. Cuarzoarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos rojizos. La estratificación es mediana y laminar paralela continua y su textura es samítica. Su facies representa barras fluviales formadas en las planicies de inundación.

Intervalo 6. Espesor 27 m. Cuarzoarenita y sublitarenita de color crema que intemperiza en color gris. La estratificación es mediana y laminar paralela continua y cruzada y su textura es samítica. Su facies se interpreta como barras fluviales en las planicies de inundación.

Intervalo 7. Espesor 10 m. Conglomerado polimíctico de color blanco, que intemperiza en color crema con tonos grises. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenita, cuyos diámetros varían de 3 a 8 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de cuarzoarenitas, su estratificación es mediana, paralela discontinua y su textura es sefítica. Se intercalan capas delgadas con laminación paralela y cruzada de limolita arenosa con trazas de materia orgánica y litarenita de colores café y gris que intemperiza en colores crema con tonos negros. Se tiene la presencia de óxidos de hierro y sus texturas son sefítica, pelítica y samítica. Su facies representa barras formadas en canales fluviales.

Intervalo 8. Espesor 32 m. Limolita con trazas de materia orgánica de color café que intemperiza en color café y crema con tonos negros. La estratificación es mediana, delgada y laminar paralela continua y cruzada y su textura es pelítica. Su facies representa planicies de inundación.

Intervalo 9. Espesor 50 m. Litarenita de colores blanco y crema que intemperiza en color crema con tonos negros. Presenta estratificación mediana a delgada, laminar paralela continua y cruzada y su textura es samítica. Ocurren estilólitos en disposición irregular anastomosados, estilo brechado que está en asociación a un sistema de fracturas conjugadas.

Su facies representa barras formadas en canales fluviales (Lámina IV. Fotomicrografía de una limolita).

Intervalo 10. Espesor 35 m. Litarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos negros, su estratificación mediana a delgada, laminar paralela continua y paralela cruzada y su textura es samítica. Su facies probablemente representa bordos de canales fluviales.

Intervalo 11. Espesor 13 m. Conglomerado polimíctico con trazas de materia orgánica de colores blanco, crema y gris que intemperiza en los mismos colores con tonos negros. Consiste de fragmentos de cuarzo y sublitarenita, cuyos diámetros varían de 2 a 10 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de litarenita, su estratificación es mediana, de corte y relleno, gradada y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. Su facies representa rellenos de canales fluviales.

Intervalo 12. Espesor 40 m. Conglomerado polimíctico de color blanco y gris que intemperiza en color crema con tonos negros. Se presenta en capas medianas y consiste de fragmentos de cuarzo y sublitarenita y litarenita, cuyos diámetros varían de 5 a 10 cm. Los clastos son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de sublitarenita y litarenita y su estratificación es media a gruesa localmente gradada, con estructuras de corte y relleno y su textura es sefítica. Se intercalan capas medianas a delgadas de arenisca de color blanco y gris que intemperiza en el mismo color con tonos negros. Tienen laminación paralela, y su textura es samítica. Su facies representa relleno de canales fluviales.

Intervalo 13. Espesor 55 m. Litarenita de color blanco que intemperiza en color café con tonos amarillentos. La estratificación es mediana, delgada y laminar paralela continua y su

textura es samítica. Su facies se interpreta como depósitos de barras fluviales y bordos de canales.

Intervalo 14. Espesor 15 m. Conglomerado polimíctico con trazas de materia orgánica de colores blanco, crema y gris que intemperiza en los mismos colores con tonos negros. Consisten de fragmentos de cuarzo y sublitarenita, cuyos diámetros varían de 2 a 10 cm. Son subangulosos, subredondeados, consolidados en una matriz de litarenita. Presenta estratificación mediana a laminar paralela continua, gradada y con imbricamiento de clastos. Su textura es sefítica. Su facies representa rellenos de canales fluviales.

Intervalo 15. Espesor 50 m. Sublitarenita y cuarzoarenita de color blanco que intemperiza en color crema. La estratificación es mediana a delgada con laminación paralela y cruzada local y su textura es samítica. Su facies representa barras fluviales.

Intervalo 16. Espesor 38 m. Litarenita con trazas de materia orgánica de color blanco que intemperiza en color crema con tonos rojizos. Su estratificación es mediana, laminar paralela continua a discontinua, lenticulares, cruzada y con ondulitas. Su textura es samítica. Su facies representa depósitos de bordos y barras de arena formadas en canales fluviales.

Intervalo 17. Espesor 15 m. Conglomerado polimíctico de color blanco, crema y gris que intemperiza en los mismos colores con tonos negros y rojizos. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenita, cuyos diámetros varían de 4 a 12 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de sublitarenita y litarenita con trazas de materia orgánica. Su estratificación es mediana, cruzada y paralela discontinua y su textura es sefítica. Su facies representa rellenos de canales fluviales.

Intervalo 18. Espesor 17 m. Sublitarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos amarillentos. Su estratificación es mediana a delgada, laminar paralela continua,

cruzada y con ondulitas y con textura es samítica. Su facies representa depósitos de planicie de inundación del sistema fluvial. La secuencia se encuentra metamorfizada (Lámina V. Fotomicrografía de una sublitarenita).

Intervalo 19. Espesor 10 m. Conglomerado polimíctico de color blanco crema y gris que intemperiza en los mismos colores con tonos negros y rojizos. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenita, cuyos diámetros varían de 3 a 10 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de sublitarenita y litarenita con trazas de materia orgánica. Su estratificación es mediana gradada, cruzada, paralela discontinua lenticular y su textura es sefítica. Su facies representa rellenos de canales fluviales.

Intervalo 20. Espesor 30 m. Sublitarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos amarillentos. Su estratificación es mediana a delgada, cruzada, con ondulitas y textura samítica. Su facies representa barras formadas en canales fluviales y depósitos de bordos de ríos. La secuencia se encuentra metamorfizada.

La descripción anterior y las presentadas en el Apéndice I permiten establecer que la Formación Coyotes tiene una modesta diversidad lítica, tal como lo muestra el estudio petrográfico de areniscas y conglomerado polimíctico que a continuación se describe (Figura 20).

### **Petrografía**

**Litarenita.** Está caracterizada por colores blanco y crema, con cambio muy pequeño de intemperismo. Está constituida por cuarzo y fragmentos de roca ígnea, metamórfica y volcánica y terrígena cuyos granos son del tamaño de las arenas de grano medio, angulosos a subangulosos, con un grado de empacamiento planar, suturado, sintaxial, cóncavo-convexo y

fractura en los granos (representa el 70 % de esta fracción). El cuarzo está constituido por granos del tamaño de la arena media, esfericidad baja a media, subangulosos y de clasificación regular; volumétricamente corresponden al 30 % de las muestras. Incluye al cuarzo de tipo policristalino, con extinción ondulante, indicativo de un origen metamórfico. La roca muestra fractura concoidal, así como una película de óxidos de hierro. Las láminas de silicatos hidrolizables (micas) y materia orgánica es una fracción muy pequeña. Están asociados a minerales accesorios, como son las micas, clorita y sericita. En la cementación se efectuaron reacciones químicas y físicas por la precipitación a partir de una solución que puede derivarse de la roca o de soluciones ricas en sílice que cementa a los granos; estos cambios se asocian a las relaciones químicas entre las fases mineral y líquida presente en el espacio poroso. Proceso observado en la sección estratigráfica Sierra Guayabillal (partes inferior, media y superior).

**Cuarzoarenita y sublitarenita.** Para la Formación Coyotes, el estudio petrográfico mostró que el contenido mineralógico es de cuarzo y fragmentos de roca ígnea, metamórfica, volcánica y carbonato. Esta variedad es una arenisca submadura a madura y está constituida por granos del tamaño de la arena media a fina (subredondeados), esfericidad media, subangulosos a subredondeados y de clasificación regular a pobre. El cuarzo es el mineral más abundante (representa un 95 % de esta fracción) e incluye cuarzo de tipo policristalino, con sobrecrecimientos sintaxiales, indicando un origen metamórfico y monocristalino de un origen volcánico e ígneo. Otros minerales como las arcillas y minerales accesorios representan la fracción restante. En la cuarzoarenita, con la profundidad, se originó una compactación química con precipitación mineral que dio origen a los cementantes. Se efectuaron reacciones químicas y físicas por la precipitación a partir de una solución que

puede derivarse de la roca o de soluciones ricas en sílice que cementan a los granos. En la sección estratigráfica se les ubica en las partes inferior media, y superior.

**Conglomerado polimíctico.** Sus colores comunes son blanco y crema que intemperiza en los mismos colores y tonos rojizos y rosas. Consiste de fragmentos de cuarzo y arenisca, cuyos diámetros varían del tamaño de gijas a gravas que tienen dimensiones de hasta 15 y 10 cm (subangulosos a subredondeados). La esfericidad es baja a media y de clasificación regular. Volumétricamente corresponden al 85 % de la roca. Los fragmentos de rocas pobremente clasificados están dispuestos en una matriz de litarenita. Esta variedad presenta estratificación gruesa y mediana, gradada, cruzada, paralela localmente discontinua o de corte y relleno, con imbricamiento de clastos y acuñamientos por pérdida de espesor y su textura es sefítica. Este conglomerado polimíctico presenta deformación plástica de los clastos y la matriz y fracturas. El proceso se observa en la columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal (partes inferior, media y superior).

## **V. INTERPRETACION GENETICO AMBIENTAL DE LA FORMACION COYOTES**

Con objeto de entender mejor cómo ocurrió la sedimentación de la Formación Coyotes, se recabó información sobre esta unidad no sólo en el área de estudio, sino en otras secciones conocidas en áreas cercanas (ver Tabla 1 y Figuras 21 a 26). Con base en estos estudios se hicieron líneas de correlación lítica que permitieron determinar y caracterizar las facies y ambientes de depósito del Grupo Barranca, y en especial de la Formación Coyotes.

La litología de la Formación Coyotes se interpreta que representa depósitos de sedimentos terrigenos que fueron formados en diferentes subambientes de un ambiente

puede derivarse de la roca o de soluciones ricas en sílice que cementan a los granos. En la sección estratigráfica se les ubica en las partes inferior media, y superior.

**Conglomerado polimíctico.** Sus colores comunes son blanco y crema que intemperiza en los mismos colores y tonos rojizos y rosas. Consiste de fragmentos de cuarzo y arenisca, cuyos diámetros varían del tamaño de gijas a gravas que tienen dimensiones de hasta 15 y 10 cm (subangulosos a subredondeados). La esfericidad es baja a media y de clasificación regular. Volumétricamente corresponden al 85 % de la roca. Los fragmentos de rocas pobremente clasificados están dispuestos en una matriz de litarenita. Esta variedad presenta estratificación gruesa y mediana, gradada, cruzada, paralela localmente discontinua o de corte y relleno, con imbricamiento de clastos y acuñamientos por pérdida de espesor y su textura es sefítica. Este conglomerado polimíctico presenta deformación plástica de los clastos y la matriz y fracturas. El proceso se observa en la columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal (partes inferior, media y superior).

## **V. INTERPRETACION GENETICO AMBIENTAL DE LA FORMACION COYOTES**

Con objeto de entender mejor cómo ocurrió la sedimentación de la Formación Coyotes, se recabó información sobre esta unidad no sólo en el área de estudio, sino en otras secciones conocidas en áreas cercanas (ver Tabla 1 y Figuras 21 a 26). Con base en estos estudios se hicieron líneas de correlación lítica que permitieron determinar y caracterizar las facies y ambientes de depósito del Grupo Barranca, y en especial de la Formación Coyotes.

La litología de la Formación Coyotes se interpreta que representa depósitos de sedimentos terrígenos que fueron formados en diferentes subambientes de un ambiente

fluvial con un alto flujo de material terrígeno. El área-fuente debió ser una región cercana de naturaleza ígnea, metamórfica y de sedimentos terrígenos.

La composición litológica, sucesión, texturas primarias, estructuras y espesor de la columna estratigráfica de la Formación Coyotes en el área de estudio se interpreta como depósitos de sedimentos terrígenos que fueron formados en canales, barras, bordos y planicies de inundación de sistemas fluviales. Estos sistemas debieron localizarse en zonas de mesetas y valles montañosos y en regiones de bajo relieve que representan planicies de inundación.

Los canales fluviales se iniciaban en zonas de altas pendientes, no necesariamente asociadas a un fuerte gradiente hidráulico. Debido a la velocidad de descarga asociada a grandes cantidades de material grueso, de composición variable (pobre a moderadamente clasificado), se formaron montículos que posteriormente, mediante procesos de acreción de sedimentos, daban lugar al desarrollo de barras longitudinales y transversales. Las barras longitudinales se encontraban en la porción interna de los canales y se desarrollaron aguas arriba con estratificación laminar paralela continua y discontinua; la parte gruesa correspondía a la porción central y depositada durante las etapas de alto flujo, formando facies de alta irregularidad. Las barras transversales, con su mayor elongación perpendicular a las corrientes pudieron tener diversas geometrías; en el área de estudio fueron comunes las de tipo arqueado.

Los bordos de canal fueron areno-arcillosos y se depositaron en los periodos de inundación como resultado de una disminución de la velocidad de las corrientes originando depósito de sedimentos gruesos, paralelos al canal. Los bordos y las planicies de inundación eran originados por acreción. Las planicies de inundación recibieron sedimentos arcillosos

que se depositaron en los periodos de inundación a partir de sedimentos de litarenita y limolita transportados hidráulicamente en suspensión.

En la columna estratigráfica de la Sierra Guayabillal, los rellenos de canales fluviales se documentaron en las partes inferiores de la columna medida y están constituidos por conglomerados polimícticos. Estos consisten de clastos de cuarzo y litarenita cuyos diámetros varían de 5 a 15 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de cuarzoarenitas. Presentan estratificación gruesa y mediana, gradada, cruzada, paralela localmente discontinua, de corte y relleno, con imbricamiento de clastos, con ondulitas y acuñaientos por pérdida de espesor; la textura es sefítica. En la parte media de la columna medida se presentan entre los 263 y 210 m, constituidos de conglomerado polimíctico. Estos consisten de fragmentos de cuarzo y litarenita cuyos diámetros varían de 2 a 15 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de sublitarenita. Presenta estratificación gruesa y mediana, gradada, cruzada, de corte y relleno y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. En la parte superior, se documentan entre 155 y 140, 52 y 37 y entre 20 y 10 m, constituidos de conglomerado polimíctico. Estos consisten de fragmentos de cuarzo y litarenita cuyos diámetros varían de 4 a 12 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de sublitarenita. Presentan estratificación mediana, gradada y lenticular: se acuña y su textura es sefítica. Su distribución es masiva irregular, donde intervinieron factores de alta energía con descarga promedio grande.

En la columna estratigráfica de la Sierra Guayabillal las barras de canal fluviales se documentan en las partes inferiores, entre 497 y 487, 477 y 390 y entre 380 y 348 m, constituidas de cuarzoarenita, sublitarenita, litarenita y limolita con trazas de materia

orgánica. Presentan estratificación mediana, delgada y laminar, cruzada, con ondulitas y su textura es samítica. En la parte media de la columna se documentan entre 348 y 263 y entre 210 a 155 m, constituidas de litarenita con trazas de materia orgánica con cementantes de sílice y óxidos. Presenta estratificación laminar, delgada y mediana, cruzada y lenticular y su textura es samítica. En la parte superior de la columna se documentan entre los 140 y 52, 20 y 0 m, constituidas de litarenita con estratificación delgada y mediana, cruzada y lenticular y su textura es samítica. La granularidad es gruesa en los canales y fina en las barras. Gran parte de la secuencia sugiere transporte distante y un ambiente de alta energía con descarga promedio alta.

La diversidad lítica descrita sugiere un ambiente continental probablemente cercano a la línea de costa. Las variedades clásticas sugieren un ambiente fluvial. El área-fuente de los clastos terrígenos debió de ser de constitución ígnea, metamórfica, volcánica y de sedimentos terrígenos, ya que se pudo observar cuarzo metamórfico policristalino y monocristalino y fragmentos de rocas ígneas y metamórficas que sugiere una provincia orogénica reciclada. Estas condiciones de sedimentación pudieron darse en una región donde prevalecía una subsidencia tectónica alta. De esta manera, las distintas clases de depósitos en la columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal se interpreta que representan subsistemas fluviales.

## **VI. EDAD, CORRELACION Y MARCO PALEOGEOGRAFICO DE LA FORMACION COYOTES**

Las relaciones estratigráficas de la sección y la escasez de fósiles (aporte de restos mal preservados de tafoflora que ocurren en areniscas de la parte inferior de la sección

orgánica. Presentan estratificación mediana, delgada y laminar, cruzada, con ondulitas y su textura es samítica. En la parte media de la columna se documentan entre 348 y 263 y entre 210 a 155 m, constituidas de litarenita con trazas de materia orgánica con cementantes de sílice y óxidos. Presenta estratificación laminar, delgada y mediana, cruzada y lenticular y su textura es samítica. En la parte superior de la columna se documentan entre los 140 y 52, 20 y 0 m, constituidas de litarenita con estratificación delgada y mediana, cruzada y lenticular y su textura es samítica. La granularidad es gruesa en los canales y fina en las barras. Gran parte de la secuencia sugiere transporte distante y un ambiente de alta energía con descarga promedio alta.

La diversidad lítica descrita sugiere un ambiente continental probablemente cercano a la línea de costa. Las variedades clásticas sugieren un ambiente fluvial. El área-fuente de los clastos terrígenos debió de ser de constitución ígnea, metamórfica, volcánica y de sedimentos terrígenos, ya que se pudo observar cuarzo metamórfico policristalino y monocristalino y fragmentos de rocas ígneas y metamórficas que sugiere una provincia orogénica reciclada. Estas condiciones de sedimentación pudieron darse en una región donde prevalecía una subsidencia tectónica alta. De esta manera, las distintas clases de depósitos en la columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabilla se interpreta que representan subsistemas fluviales.

## **VI. EDAD, CORRELACION Y MARCO PALEOGEOGRAFICO DE LA FORMACION COYOTES**

Las relaciones estratigráficas de la sección y la escasez de fósiles (aporte de restos mal preservados de tafoflora que ocurren en areniscas de la parte inferior de la sección

estudiada) impiden tener un alcance estratigráfico preciso para la Formación Coyotes. Sin embargo y de acuerdo a la edad de la Formación Santa Clara que la subyace gradacionalmente, o en algunas áreas con leve discordancia erosional, se considera que la edad de la Formación Coyotes pudiera ser del Triásico Superior (post Cárnico) al Jurásico Inferior (Alencáster, 1961; Silva-Pineda, 1961; González-León 1980; Weber, 1984; Potter y Cojan, 1985; Stewart y Roldán-Quintana, 1991; Stanley y González-León, 1994; Lucas y colaboradores, 1994 y González-León, 1997a, b).

De igual manera, por su carácter litológico y edad inferida, la sección aquí reportada de la Sierra Guayabillal se considera correlacionable con las columnas y secciones estratigráficas, también estudiadas, que afloran en las Sierras López-Mina La Verde, La Flojera y Coyotes. Para este propósito la base de esta formación se tomó como "datum" (nivel de referencia base) para realizar la correlación, a nivel regional, de las columnas estratigráficas analizadas. Tabla 1. Correlación estratigráfica de las formaciones triásicas de Sonora Central. El objetivo fue obtener elementos que permitan determinar la extensión lateral regional de las facies. Dos de las columnas mencionadas se ubican al noroeste del área estudiada: Sierra La Flojera y Sierra López-Mina La Verde (ubicadas a 50 km y a 100 km al NW del área de estudio respectivamente). La otra se ubica hacia el SE, en la Sierra Coyotes localizada a 50 km del área estudiada (ver Apéndice I).

En la columna y sección estratigráfica de la Sierra La Flojera se infieren los siguientes ambientes de depósito. En la parte inferior y media de la columna se observan facies sedimentarias fluviales que corresponden a depósitos de planicies de inundación. Enseguida, entre los 140 y 135 m, y de 98 a 40 m se tienen facies fluviales que corresponden a depósitos de planicies de inundación, canales y barras. En la parte superior de la columna

ERA	SISTEMA	SERIE	PIBO	TIEMPO SEGUN LOS MILLONES DE AÑOS	AREA DE ESTUDIO LOPEZ-MINA VERDE	AREA DE ESTUDIO SIERRA LA FLOJERA	SAN JOSE DE MORADILLAS	RANCHO LA VIRGEN-MINA CASABEL	SIERRA VERDE- SUAYAVILLAL	SAN JAVIER	MINA LA REINA-RANCHO JACALITOS	SIERRA LA BARRANCA COYOTES	SIERRA LA BARRANCA (Llanillo, 1961)	LA BARRACA SAN MARCIAL MORADILLAS (Vossell, 1955)	
MESOZOICO	JURASICO	INFERIOR	LIASICO	205											
	TRIASICO	SUPERIOR	RETICO	215	FORMACION COYOTES	FORMACION COYOTES	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION COYOTES	FORMACION COYOTES	FORMACION COYOTES	FORMACION COYOTES			
			ROBICO	216			FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA		
			CARNICO	230					FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA
	PERMICO	SUPERIOR	LADNIANO	236					FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA	FORMACION SANTA CLARA
			ANISIANO	236											
			ESCLIPHO	240											
	CENOZOICO	SUPERIOR													

 AUSENTE POR EROSION O NO DEPOSITO
  NO AFLORA

TABLA I MUESTRA LA CORRELACION ESTRATIGRAFICA DEL TRIASICO DE SONORA CENTRAL

se tienen facies costeras y canales fluviales. La columna y sección estratigráfica de la Sierra La Flojera sobreyace a rocas carbonatadas del Pérmico Superior constituidas por caliza arenosa y caliza con fusulínidos, caliza limosa, caliza arenosa con gasterópodos y bivalvos calizas con fusulínidos (*Schwagerina youngquisti*) (Stewart et al., 1990), limolita con cementante de dolomita, conglomerado polimítico, litarenita con braquiópodos y fusulinidos retrabajados, limolita con braquiópodos y bentonita, grava polimítica, caliza limosa, y caliza arenosa con gasterópodos y bivalvos. El contacto entre estas rocas y la sección triásica correlacionable con la Formación Coyotes es discordante.

En la columna y sección estratigráfica de la Sierra López-Mina La Verde se observan facies sedimentarias fluviales que corresponden a depósitos de rellenos de canales y barras fluviales. La columna y sección estratigráfica correlacionable con la Formación Coyotes de la Sierra López-Mina La Verde descansa en discordancia angular sobre rocas carbonatadas marinas de la Formación Murrieta (Carbonífero). Esta discordancia implica por lo menos un basculamiento tectónico.

La columna y sección estratigráfica de la Sierra Coyotes presenta facies sedimentarias fluviales que corresponden a planicies de inundación, rellenos de canales y barras fluviales. En la columna y sección estratigráfica de la Sierra Coyotes, las rocas subyacentes son las de la Formación Santa Clara y el contacto es concordante (Figura 6).

En el Apéndice I se detalla la constitución sedimentológica de estas secciones. Las correlaciones estratigráficas de las facies de la columna con las observadas en las zonas cercanas se describen a continuación.

Las facies fluviales que se documentan en la Formación Coyotes en la Sierra Guayabillal se correlacionaron con la facies fluvial que representan barras y canales de la

columna y sección estratigráfica de la Sierra Coyotes. De igual manera para la facies fluvial de la columna y sección estratigráfica de la Sierra Guayabillal se pueden encontrar equivalentes en la columna y sección estratigráfica de la Sierra La Flojera, lo cual permite inferir una continuidad lateral regional de estas facies fluviales. Para la facies de ambientes costeros marinos en la parte superior de la columna y sección estratigráfica de la Sierra La Flojera no se encuentran equivalentes laterales en ninguna de las áreas mencionadas lo cual puede indicar que no existía una continuidad de dichos ambientes de depósito entre estas columnas o bien, que se presentó una interdigitación marina en este tiempo solo en el área de la Sierra La Flojera. Las Figuras 27 y 28 muestran una correlación de litofacies entre estas áreas. De acuerdo a estas correlaciones tentativas, vemos que durante el Triásico Superior había continuidad en los ambientes de depósito desde la Sierra López-Mina La Verde (a 100 km al NW del área de estudio) hasta la Sierra Coyotes (a 50 km al SE del área de estudio) pasando por la Sierra la Flojera.

Durante el Triásico y principios del Jurásico, en el noroeste de Sonora también ocurría depósito de sedimentos en ambientes marinos reconocidos en las Formaciones Antimonio y Sierra de Santa Rosa (Hardy, 1973; González-León, 1979; Roldán-Quintana y Anderson, 1979; González-León, 1980; Buitrón 1982 y González-León, 1997a, b). Estas rocas se exponen cerca de la mina El Antimonio (Formación Antimonio), en la parte norte de la Sierra El Alamo, a 45 km al oeste de Caborca (a 250 km al noroeste de Hermosillo) y en la Sierra de Santa Rosa (Formación Sierra de Santa Rosa) que se ubica a 70 km al sureste de Caborca (a 150 km al noreste de Hermosillo).

La Formación Antimonio está constituida por depósitos terrígenos de grano fino y carbonates marinos. Los fósiles indicativos del Triásico y Jurásico Inferior son amonitas,

SE

FORMACION COYOTES  
(RETICO ?)

1  
SIERRA LOPEZ  
MINA LA VERDE

NW

2  
SIERRA LA FLOJERA

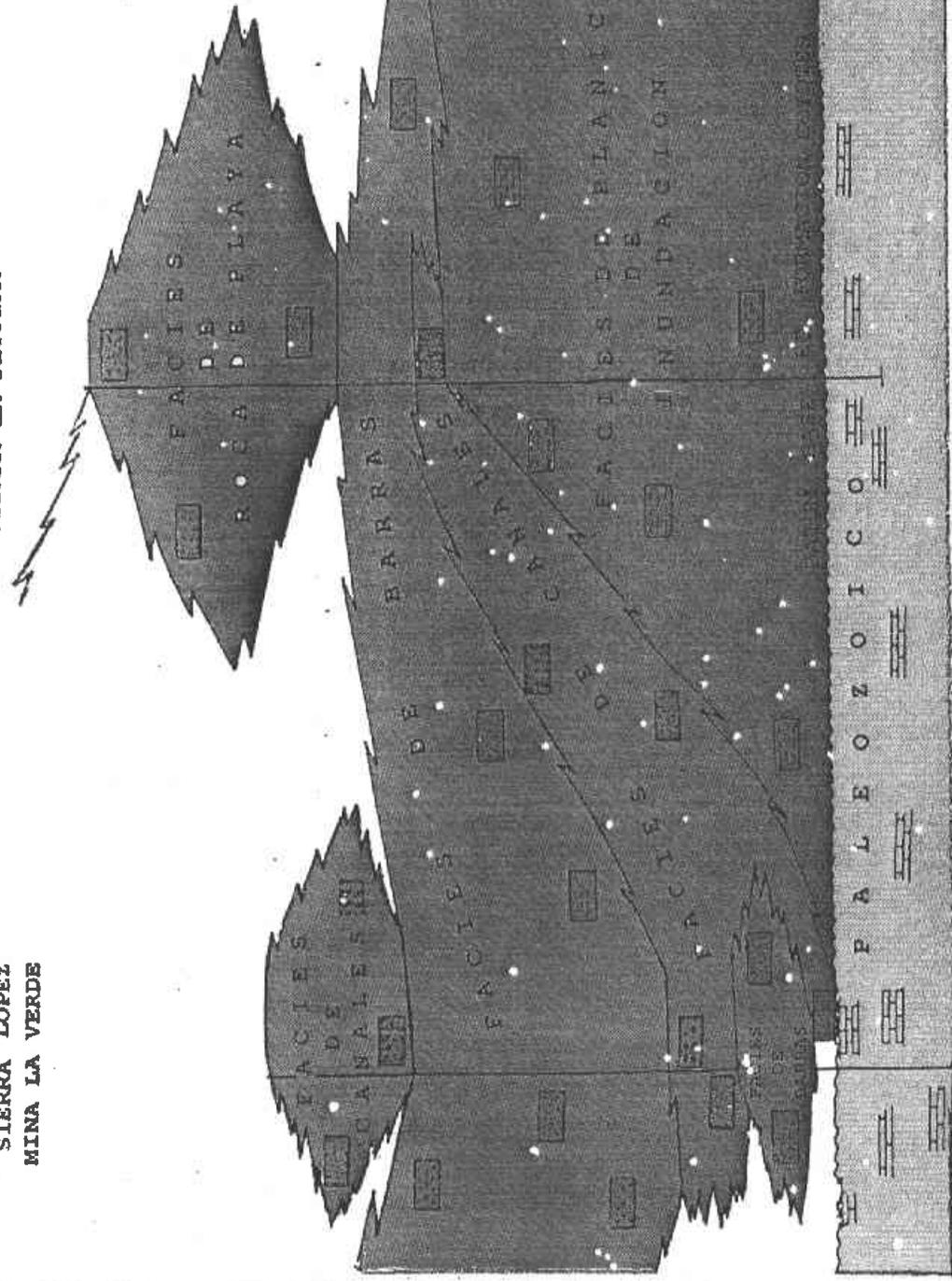


FIGURA 27 DISTRIBUCION DE LITOFACIES "VERTICAL", CORRELACION ESTRATIGRAFICA RUMBO "A"

SE

NW

5  
SIERRA GUAYABILLAL

11  
SIERRA COYOTES

LEYENDA

LITOLOGIA

- ARENISCA
- LIMOLITA
- LUTITA
- CONGLOMERADO

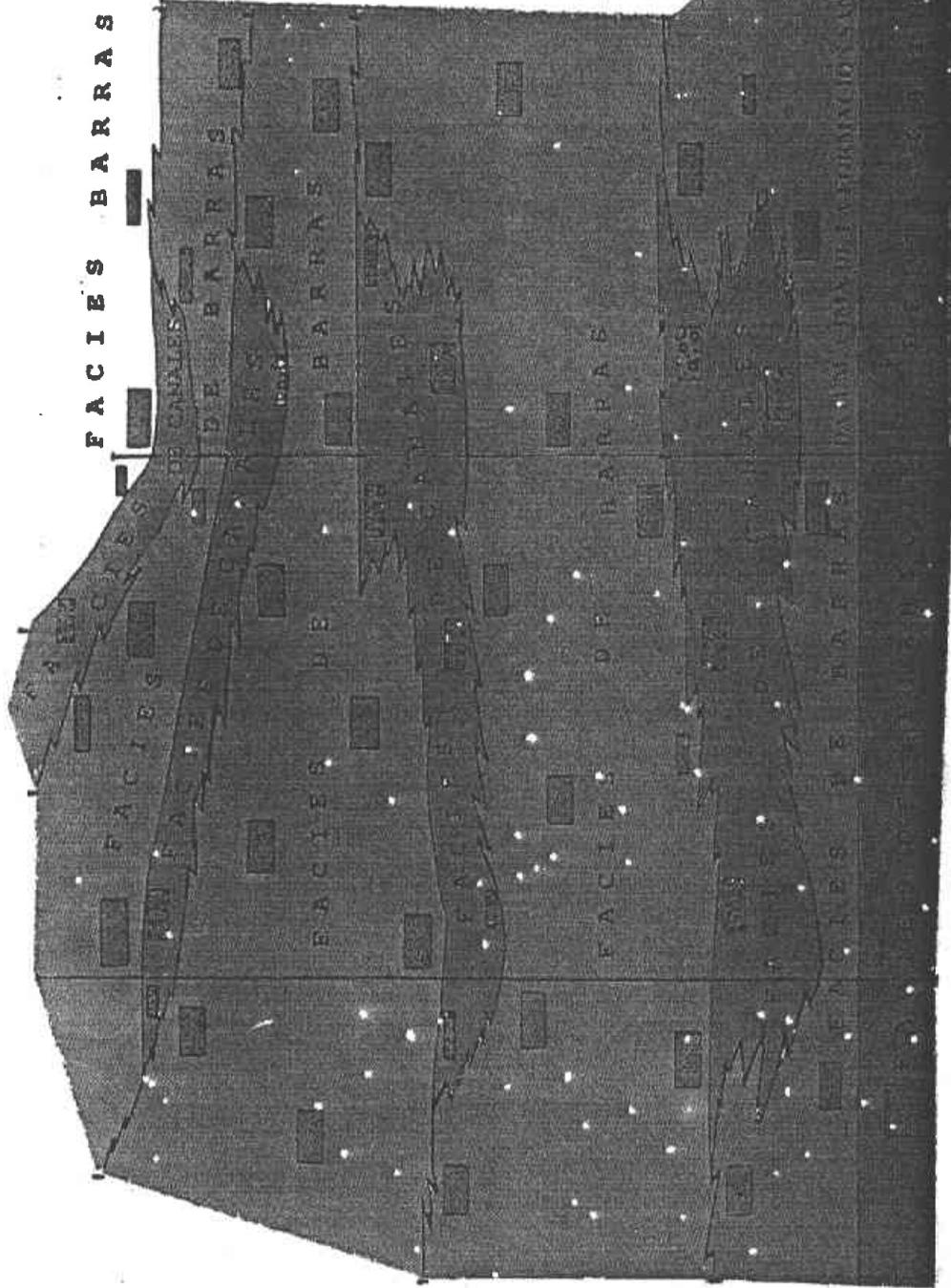
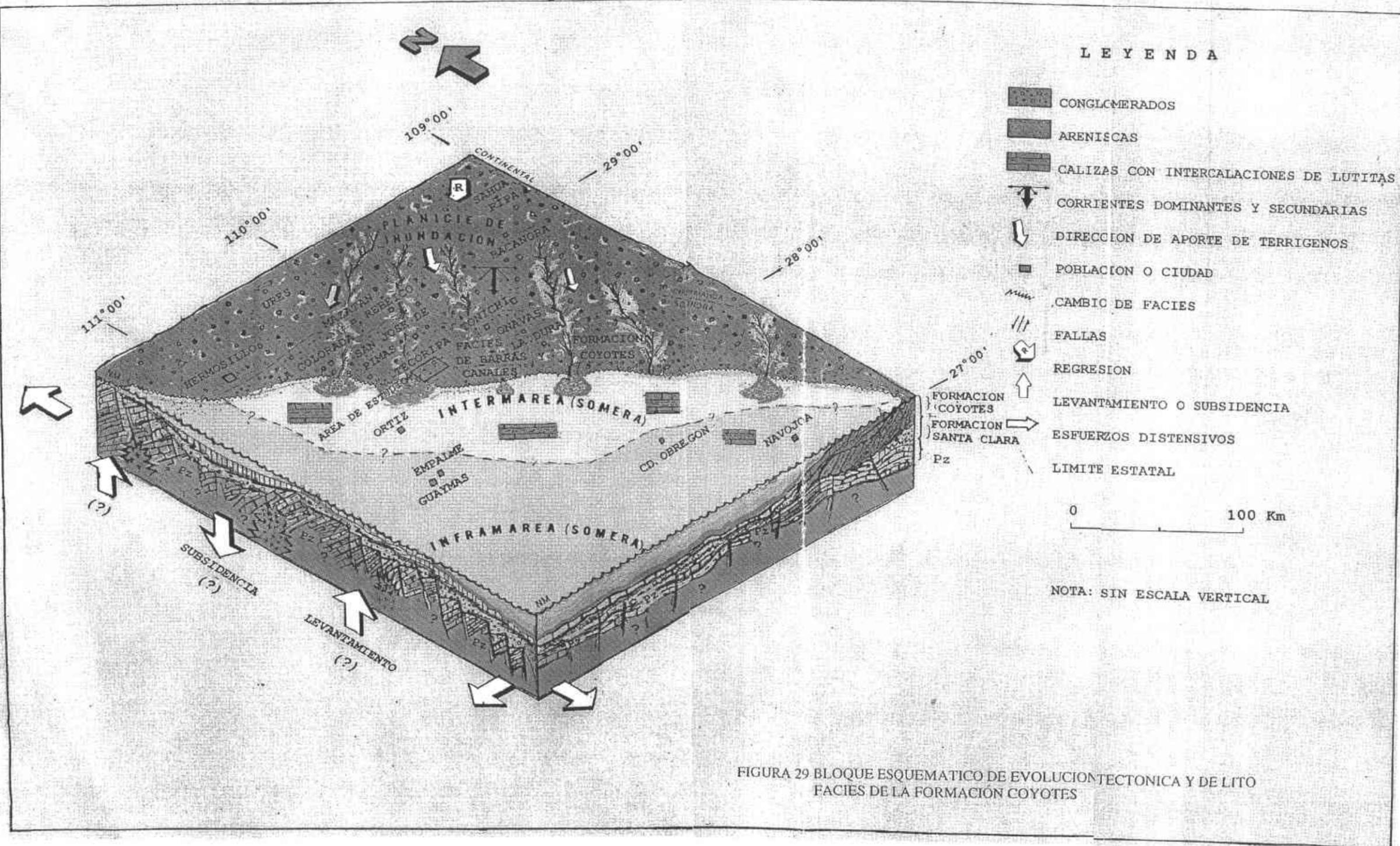


FIGURA 28 DISTRIBUCION DE LITOFACIES "VERTICAL", CORRELACION ESTRATIGRAFICA RUMBO "B"

pelecípodos, belemnitas y gasterópodos entre otros. Los fragmentos fósiles de reptiles costeros colectados son Ichthyosaurus, Mixosaurus y Shastasauridae (Calloway y Massare, 1989) de edad triásica. El área fuente de la Formación Antimonio debió ser de naturaleza ígnea, metamórfica y volcánica de composición intermedia. Esto se infiere por la composición petrográfica de sus rocas terrígenas (Stanley y col., 1991).

La Formación Santa Rosa (Jurásico Inferior de acuerdo con Hardy, 1973) se ubica a 70 km al sureste de Caborca. Aflora en la parte central de la Sierra de Santa Rosa y está formada por conglomerado polimictico, arenisca, limolita, caliza fosilífera y lutita fosilífera. Presenta abundantes fósiles de bivalvos y amonitas que indican edad Jurásico Inferior. Los ambientes de depósito son marinos someros a profundos.

La edad de Mesozoico Inferior de las Formaciones Antimonio y Santa Rosa nos permite inferir que había continuidad en el ambiente de depósito entre estas unidades y las secciones estudiadas de la Formación Coyotes en el centro de Sonora. Así podemos correlacionar estas dos formaciones con los depósitos terrígenos del Triásico Superior del Grupo Barranca tal como se describió en la columna estratigráfica de la Sierra La Flojera (González-León 1996, 1997a, b; Radelli y colaboradores, 1987a, b; Pérez y Jacques, 1991; Stanley y col., 1994). También podemos concluir que en esta región y el norte del Estado de Sonora se tenía el margen continental que representaba ambientes de depósito de planicies de mareas y plataformas internas. Figura 29. Bloque esquemático de evolución tectónica y de litofacies de la Formación Coyotes que presenta el modelo paleogeográfico de depósito del Grupo Barranca en el centro de Sonora, cercano a un mar marginal que se extendía en dirección NW-SE, desde el centro de Sonora.



L E Y E N D A

- CONGLCNERADOS
- ARENISCAS
- CALIZAS CON INTERCALACIONES DE LUTITAS
- CORRIENTES DOMINANTES Y SECUNDARIAS
- DIRECCION DE APORTE DE TERRIGENOS
- POBLACION O CIUDAD
- CAMBIO DE FACIES
- FALLAS
- REGRESION
- LEVANTAMIENTO O SUBSIDENCIA
- ESFUERZOS DISTENSIVOS
- LIMITE ESTATAL

FIGURA 29 BLOQUE ESQUEMATICO DE EVOLUCION TECTONICA Y DE LITO FACIES DE LA FORMACION COYOTES

## VII. CONCLUSIONES

Con base en el estudio cartográfico (a escala de 1:50,000), litoestratigráfico y estructural del área Tecoripa-Sierra Guayabillal ubicada en el centro de Sonora se obtienen las siguientes conclusiones principales:

Se determinaron y delimitaron varias unidades litoestratigráficas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas que son reconocidas regionalmente. Entre estas se tienen a las Formaciones Santa Clara y Coyotes del Grupo Barranca, de edad Triásica Superior, siendo la Formación Coyotes el objetivo del presente estudio.

A partir de la elaboración del mapa estructural se infirieron secciones estructurales esquemáticas del área de estudio. Como parámetros se tienen longitudes de 18.5 km con dirección N-S y 31 km con dirección E-W, a escala 1: 50 000. De los datos anteriores se realizaron diagramas de frecuencia de las fallas normales y del fracturamiento, el cual se agrupa en varios sistemas. También se estableció la relación de la edad y origen del fallamiento Terciario.

La Formación Coyotes sobreyace de manera concordante a la Formación Santa Clara y consiste de por lo menos 500 m de areniscas y conglomerados polimíticos en estratos medianos de color crema. Se estudió en detalle la sección litoestratigráfica de la Sierra Guayabillal y se determinaron sus facies y ambientes de depósito al igual que las columnas estratigráficas de las Sierras López-Mina La Verde, La Flojera y Coyotes. Se observó que las facies sedimentarias representadas en estas secciones corresponden a ambientes de depósito fluviales, de planicies de inundación, canales, bordos y barras, por lo que se nota similitud en los ambientes de depósito de estas columnas y se hace una correlación regional entre ellas.

Considerando también la distribución de las facies marinas de las rocas triásicas del noroeste de Sonora, que corresponden a las Formaciones Antimonio y Sierra de Santa Rosa en la región de Caborca, se propone que estas secciones son cronocorrelativas con las rocas del Grupo Barranca y la Formación Coyotes en el centro de Sonora y que su posible entorno paleogeográfico corresponde a una sola cuenca sedimentaria. La Formación Coyotes sería la facies continental, cercana a la línea de costa, que se formó en este ambiente paleogeográfico.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencaster, G., 1961, Estratigrafía del Triásico Superior de la parte central del Estado de Sonora: in Paleontología del Triásico Superior de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana, No. 11-18, p.
- Anderson, T H., and Silver, L.T., 1979, The role of the Mojave Sonora megasher in the tectonic evolution of northern Sonora, in Anderson, T .H., and Roldán-Quintana. Instituto de Geología, U.N.A.M., p. 59-68.
- Best, E.M., 1982, Igneous and metamorphic petrology, W.P., Freeman and Company, San Francisco, 616 p.
- Buitrón, B. E., González, L. C., 1982. Biostratigrafía de la Sierra del Alamo, Noroeste de Sonora, Mexico. Translated title: Biostratigraphy of Sierra del Alamo, north western Sonora, Mexico. Univ. Nac. Auton. Mexico, Inst. Geol., México, D.F., México, Quinto Congreso Latinoamericano de Geología. I, p. 721-730.
- Callaway, J.M. Massare, J.A., 1989, Shastasaurus altispinus (Ichthyosauria, Shastasauridae) from the Upper Triassic of the El Antimonio District, northwestern Sonora, Mexico. Journal of Paleontology, 63 p. 930-939.
- Cojan, I., Potter, P., 1991, Depositional environment, petrology and provenance of the Santa Clara Formation Upper Triassic Barranca Group, eastern Sonora, Mexico; in: Perez Segura, E. and Jacques Ayala (eds.) Studies in Sonora geology: Geological Society of America, Special Paper 254, p. 369-426.
- Cooper, G.A., 1965, Fauna Pérmica de EL Antimonio del oeste de Sonora, U.N.A.M., Inst. de Geol. Bol. 58, 1-15 (Traducción).
- De La Madrid, H.M., 1987, Los Municipios de Sonora, Colección: Enciclopedia de los Municipios de México, Secretaria de Gobernación y Gobierno del Estado de Sonora, p. 345.
- Dickinson, W.R., 1970, Interpreting detrital modes of graywacke and arkose: Jour. Sed. Petrology, 40, p. 695-707.
- Dickinson, W.R., 1972, Evidence for plate-tectonic regimen in the rock record, AAPG. 272, p. 551-600.
- Dickinson, W.R., 1981, Plate tectonic evolution of the southern cordillera, Laboratory of Geosciences, University Arizona, AAPG, 58, 3, p.113-133.

- Dumble, E.T., 1900a, Triassic Coal and Coke in Sonora, Mexico, Bull Geological Society America, 11, p. 10-14.
- Dumble, E.T., 1900b, Notes on the geology of Sonora, Mexico: Mining Engs. Transaction 29: 122-152 (Geological Society of America, Special Paper 254).
- Flores, T., 1929, Reconocimientos geológicos de la region central del Estado de Sonora: Instituto de Geología, U.N.A.M., México, Bol. 49, 267 p.
- Folk, L.R., 1968, Bimodal supermature sandstones: Product of desert floor. International Geological Congress, 8, p. 9-32.
- Folk, L.R., 1974, Petrology of Sedimentary rocks, Laempiaill Publishing Co. (Book).
- Gastil, G. and Miller, R., 1984, Prebatholithic paleogeography of peninsular California and adjacent, Mexico, Geology of the Baja California, S.E.P.M., 39, p. 9-36.
- González-León, C., 1979, Geology of the Sierra del Alamo. Anderson T.H., Roldan Quintana, J. Guidebook, field trip 27: Geology of northern Sonora p. 23-31, Refs. Univ., Pittsburgh, Univ. Nac. Auton. México, Hermosillo, Sonora.
- González-León, C., 1980, La Formación Antimonio (Triásico Superior-Jurásico Inferior) en la Sierra El Alamo, Estado de Sonora. Univ. Nac. Auton. Mex., Hermosillo, México. Revista del Instituto de Geología. 4. (1), p.13-18.
- González-León, C., 1989, Evolución de terrenos mesozoicos en el noreste de México: Universidad de Sonora, Boletín del Departamento de Geología, v. 6, nos 1-2, p. 39-54.
- González-León, C.; Taylor, D.G.; and Stanley, G.D., Jr., 1996, The Antimonio Formation in Sonora, México and the Triassic-Jurassic boundary: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 33, no.3 p. 418-428.
- González-León, C., 1996, The Antimonio Formación in Sonora, México and the Triassic-Jurassic boudary: Canadian Journal of earth Sciences, V. 33, no. 3 p. 418-428.
- González-León, C., 1997a, The Triassic-Jurassic boudary in the Antimonio from new evidences in González-León, C., and Stanley, G., Geology of Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, Publicaciones Ocasionales No. 1, p. 33-36.
- González-León, C., 1997b, Stratigraphy and paleogeographic setting of the Antimonio Formation, Sonora, Mexico, in González-León, C. M., and Stanley, the Geology of Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, Publicaciones Ocasionales No. 1, p. 23-33.

- Hardy, L.R., 1973, Geology of an allochthonous Jurassic sequence in Sierra of Santa Rosa, Northwest Sonora, Mexico: Masters's o Ph. D. Thesis. San Diego State University, 92 p.
- Hess, F.L., 1909, Graphitic minig near La Colorada, Son. Eng. Mg 28, 26-48. (Revista del Instituto de Geología, U.N.A.M.)
- INEGI, 1982a, Hoja Sierra Libre H12-11: México, D. F., Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Secretaria de Programación y Presupuesto, Carta Geológica escala 1: 250 000.
- INEGI, 1982b, Hoja Tecoripa H12-12: México, D. F., Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Secretaria de Programación y Presupuesto, Carta Geológica escala 1: 250 000.
- INEGI, 1984a, Hoja Tecoripa H12D64: México, D.F., Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Secretaria de Programación y Presupuesto, Carta Geológica, escala 1: 50 000.
- INEGI, 1984b, Hoja Buenavista H12D63: México, D.F., Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Secretaria de Programación y Presupuesto, Carta Topográfica 1: 50 000.
- King, E.R., 1934, Geological Reconnaissance of Sonora: Am. Jour. Soc. Fifth Series Vol. XXVIII No. 164, p. 81-101 (Revista del Instituto de Geología, U.N.A.M.).
- King, E.R., 1939, Geological Reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of México, Bull. Geol. Soc., 50, p. 1625-1722,
- López, R.E., 1974, Cartas Geológicas Estatales. Carta Geológica del Estado de Sonora, fecha de compilación 1968, Sonora (dos partes), Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Cartografía y Dibujo. (primera fecha de Actualización 1974), segunda fecha de actualización en preparación, Escala 1:500 000.
- Lucas, S.G., González-León, C., 1994, Marine Upper Triassic strata at Sierra La Flojera, Sonora, Mexico. New Mexico Mus. Natur. Hist. Neues Jahrbuch fuer Geologie and Palaeontologie Monatshefte (1). p. 34-40.
- Menicucci, S., 1975, Reconnaissance geologique et miniere de la region entre Hermosillo et le Rio Yaqui (Sonora, Central, Mexique); Revista del Instituto de Geología, U.N.A.M., 211 p.

- Noll, J.H., 1981, Geology of Picacho Colorado area, Northern Sierra Cobachí, central Sonora, Mexico: (M.S.Thesis): Northern Arizona University, p. 69.
- Ortega-Gutiérrez., Mitre, S.L.M., Roldán-Quintana, Q.J., Aranda, G.J., Morgan, Z.D., Alanis, A.S. y Nieto, S., 1992, Carta Geológica de la Republica Mexicana: Escala 1: 2000 000, 5 edición, Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de México.
- Peiffer y Rangin, F., 1979, Les zones isopiques du Paleozoique inferieur du nord-ouest mexicain, temoins du relais entre les Appalaches et la cordillere ouest-americane: *Compte Rendues Acad. Paris, D.*, 228, p. 1517-1519.
- Pérez, S.E., Jacques, C.A., 1991, Studies of Sonora Geology: Special Paper 254. The Geological Society of America, 130 p.
- Pesqueira, V.R., Carbonell, C.M. y Almanza, V.E., 1960, Geología y exploración de los depósitos de carbón de la región de San Marcial, Estado de Sonora. México, Consejo Recursos Naturales No Renovables, Bol., 5939 p.
- Poole, F.C., Madrid, R.J., y Morales-Ramírez, J.M., 1988, Paleozoic eugeoclinal rocks of the Sonoran orogen in the Barita de Sonora mine area, central Sonora, Mexico. Resúmenes. Segundo Simposio de Geología y Minería de Sonora, Instituto de Geología, U.N.A.M., p. 50-51.
- Potter, P. E. and Cojan, I., 1985, Descripción and interpretation of the type section of the Barranca Group east of Rancho La Barranca Municipio de San Javier Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Memoria, p. 101-105.
- Radelli, L., Calmus, T., Menicucci, S., Araux, E., 1987a, Of Permian and Triassic of Sonora. Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, vol. 4, Nos. 1 y 2, p. 31-39.
- Radelli, Menicucci, Mesnier, Ph., Araux, E. Calmus, Amaya, M.R., Barrera, M.E.: Dominguez, P.E., Navarro, M.L., Soto, C.L., 1987b, Allochthonous Paleozoic bodies of Central Sonora: Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, vol. 1, nos. 1-2, p. 1-15.
- Raisz, E., 1964, Landforms of Mexico: Cambridge Mass, map escal 1:3000 000.
- Rodríguez, Castañeda y Roldan-Quintana J. y Jacques, A.C., 1986, Nuevas Aportaciones a la Geología de Sonora, Comité Organizador, Centenario 1886-1986, Instituto de Geología, UNAM, Estación Regional del Noroeste, Hermosillo, Sonora 2-5 p. 91

- Roldán-Quintana J., Anderson, H.T., 1979, Geology of Northern Sonora, Guidebook-Field Trip 27 prepared for the 1969. Annual Meeting in San Diego, The Geological Society of America, Inst. de Geología de la UNAM, Hermosillo, Sonora, The University of Pittsburgh, USA, p. 1-92 (Book).
- Roldán-Quintana J., González- León C., 1985, Notas sobre el Triásico Superior de La Sierra de la Flojera, Sonora: 3er Congreso Latinoamericano de Paleontología, México, Universidad de Sonora, Memoria, p. 83-85.
- Roldán-Quintana J., Cruz, F.P., 1993, Nuevos datos sobre la geología de la Hoja Dura en Sonora, Centro oriental (res.) En: Gonzalez, L.C. y V.G.E.L. Libro de resúmenes. Simposio de la geología de Sonora y áreas adyacentes 3o. p.109-111.
- Silva, P.A., 1961, Paleontología del Triásico Superior de Sonora Pt. 2, Flora fósil de la Formación Santa Clara (Cárnico) del Estado de Sonora. México Univ. Nac. Auton., Inst., Geologia Paleontología Mexicana. 11, 36 p.
- Silva, P.A., 1978, La flora triásica de México. Univ. Nac. Auton. Mex., México. Translated title: IV. Convección Geológica Nacional: Resúmenes. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 39.(1). p. 35.
- Silva, P.A., 1979, La flora triásica de Mexico. Translated title: The triassic flora of México. Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. 3.(2). p. 138-1.
- Stanley, G.D. Jr., Sandy, M. R., and González-León, C., 1991, Upper Triassic fossils from the Antimonio Formation, northern Sonora, support for the Mojave-Sonora megashear. Geol.Soc. Amer., Progr., 23: 127-128.
- Stanley, G.D. Jr. González, L.C., Sandy, M. R., Senowbari, D.E., Doylep, Tamura M., Erwin, D.H., 1994, Upper Triassic invertebrates from the Antimonio Formation, Sonora, Mexico. Memoir Paleontological Society, 36, 33 p.
- Stewart, J.H., Poole, F.G., Ketner, K.B., Madrid, R.J., Roldán-Quintana J., and Amaya, R., 1990, Tectonic and stratigraphy of the Paleozoic and Triassic southern margin of North America, Sonora, Mexico: Geologic excursions through the Sonoran Desert region. Arizona Geological Society Special Paper State of Arizona. p. 183-202.
- Stewart, J.H., Roldán-Quintana J., 1991, Upper Triassic Barranca Group: Nonmarine and shallow marine rift-basins deposits of northwestern Mexico, in Pérez S.E., and Jaques A.C., eds. Studies of Sonoran geology: Geological Society of America, Special Paper 254, p. 19-36.

- Stewart, J.H., Amaya, M.R., Stamm, G.R., Wardlaw, R.B., Stanley, D.G., y Stevens, H.C., 1997, Stratigraphy and Regional Significance of Mississippian to Jurassic Rocks in Sierra Santa Teresa, Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, V. 14, N.2, p. 115-135.
- Weber, R., 1964, Helechos nuevos y poco conocidos de la taoflora Santa Clara (Triásico Tardío, Sonora) NW Mexico En: Reinhard, Weber (ed.) *Memorias. Congreso Latinoamericano. De Paleontología*, 3o., Oaxtepec, Mor., p.125-137.
- Weber, R., Trejo, C.R., Torres, R.A., Garcia, P.A., 1980 (1982), Hipotesis de trabajo acerca de la paleoecología de comunidades de la taoflora Santa Clara (Triásico Tardío, Sonora) NW México. Cuarto coloquio sobre paleobotánica y palinología. *Revista Instituto de Geología*. 4. (2). p. 138-154.
- Weber, R., Zambrano, G.A., Amozurrutia, S.F., 1982, Nuevas contribuciones al conocimiento de la taoflora de la Formación Santa Clara (Triásico Tardío) de Sonora. Univ. Nac. Auton. Mex., Inst. Geol., Mexico City, México. Weber R. Martínez. Cuarto coloquio sobre paleobotánica. *Revista Instituto de Geología*. 4 (2). p. 125-137.
- Weber, R., 1980 (1982), Megafósiles coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de Mexico y consideraciones generales sobre las coníferas mesozoicas de México. Cuarto coloquio sobre la paleobotánica y palinología. *Revista Instituto de Geología*. 4. p.111-124.
- Weber, R., 1984, Las plantas fósiles de la Formación Santa Clara (Triásico Tardío, Sonora, México) Estado Actual de las investigaciones En: Weber Reinhard (eds.) *Memorias. Congreso Latinoamericano de Paleontología*, 3o., Oaxtepec, Mor. p.107-124.
- Weber, R., and Garcia, A.Z., 1985, La Paleoecología de comunidades de la Taoflora Santa Clara (Triásico Tardío, Sonora): in Weber R., ed., 3er Congreso Latinoamericano de Paleontología, Simposio, Sobre Flora del Triásico Tardío: su Fitografía y Paleoecología (Geological Society of America Special Paper 254) p. 155-163.
- Wilson, I.F., and Rocha, V.S., 1949, Coal deposits of the Santa Clara district, near Tonichi, Sonora, Mexico: U.S. Geological Survey Bulletin 962 A, 80 p.

- Stewart, J.H., Amaya, M.R., Stamm, G.R., Wardlaw, R.B., Stanley, D.G., y Stevens, H.C., 1997, Stratigraphy and Regional Significance of Mississippian to Jurassic Rocks in Sierra Santa Teresa, Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, V. 14, N.2, p. 115-135.
- Weber, R., 1964, Helechos nuevos y poco conocidos de la taoflora Santa Clara (Triásico Tardío, Sonora) NW Mexico En: Reinhard, Weber (ed.) *Memorias. Congreso Latinoamericano. De Paleontología*, 3o., Oaxtepec, Mor., p.125-137.
- Weber, R., Trejo, C.R., Torres, R.A., Garcia, P.A., 1980 (1982), Hipotesis de trabajo acerca de la paleoecología de comunidades de la taoflora Santa Clara (Triásico Tardío, Sonora) NW México. Cuarto coloquio sobre paleobotánica y palinología. *Revista Instituto de Geología*. 4. (2). p. 138-154.
- Weber, R., Zambrano, G.A., Amozurrutia, S.F., 1982, Nuevas contribuciones al conocimiento de la taoflora de la Formación Santa Clara (Triásico Tardío) de Sonora. Univ. Nac. Auton. Mex., Inst. Geol., Mexico City, México. Weber R. Martínez. Cuarto coloquio sobre paleobotánica. *Revista Instituto de Geología*. 4 (2). p. 125-137.
- Weber, R., 1980 (1982), Megafósiles coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de Mexico y consideraciones generales sobre las coníferas mesozoicas de México. Cuarto coloquio sobre la paleobotánica y palinología. *Revista Instituto de Geología*. 4. p.111-124.
- Weber, R., 1984, Las plantas fósiles de la Formación Santa Clara (Triásico Tardío, Sonora, México) Estado Actual de las investigaciones En: Weber Reinhard (eds.) *Memorias. Congreso Latinoamericano de Paleontología*, 3o., Oaxtepec, Mor. p.107-124.
- Weber, R., and Garcia, A.Z., 1985, La Paleoecología de comunidades de la Taoflora Santa Clara (Triásico Tardío, Sonora): in Weber R., ed., 3er Congreso Latinoamericano de Paleontología, Simposio, Sobre Flora del Triásico Tardío: su Fitografía y Paleoecología (Geological Society of America Special Paper 254) p. 155-163.
- Wilson, I.F., and Rocha, V.S., 1949, Coal deposits of the Santa Clara district, near Tonichi, Sonora, Mexico: U.S. Geological Survey Bulletin 962 A, 80 p.



Lámina I. Acercamiento del contacto nítido de la Formación Santa Clara y Formación Coyotes.

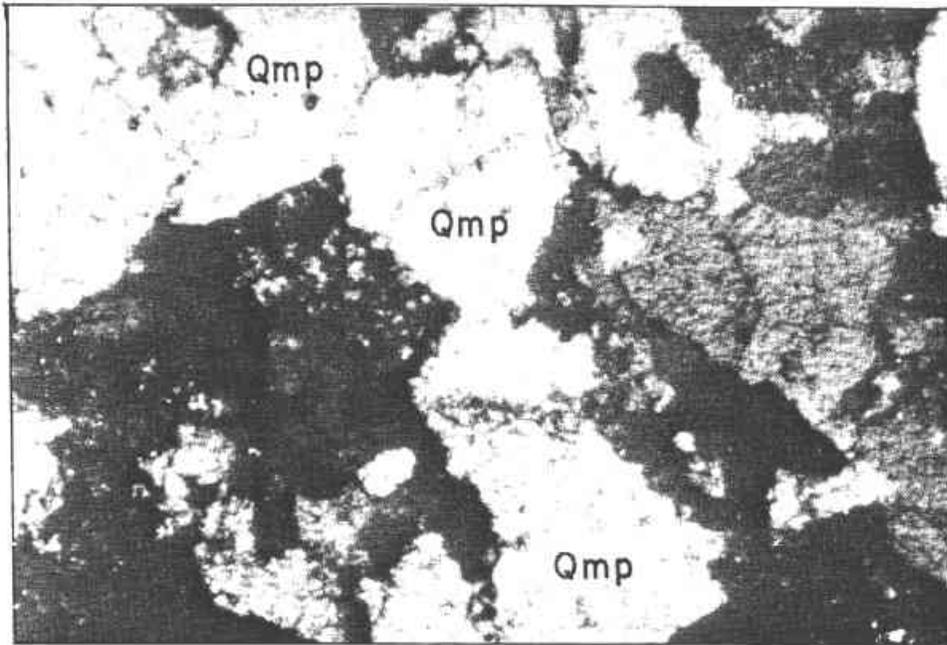


Lámina II. Fotomicrografía de una cuarzoarenita. Consiste de granos de cuarzo metamórfico policristalino (Qmp) y fragmentos de roca metamórfica (frm), anguloso a subanguloso, el contacto del grano es cóncavo-convexo. La porosidad es de 2 %. El campo óptico es 1 mm

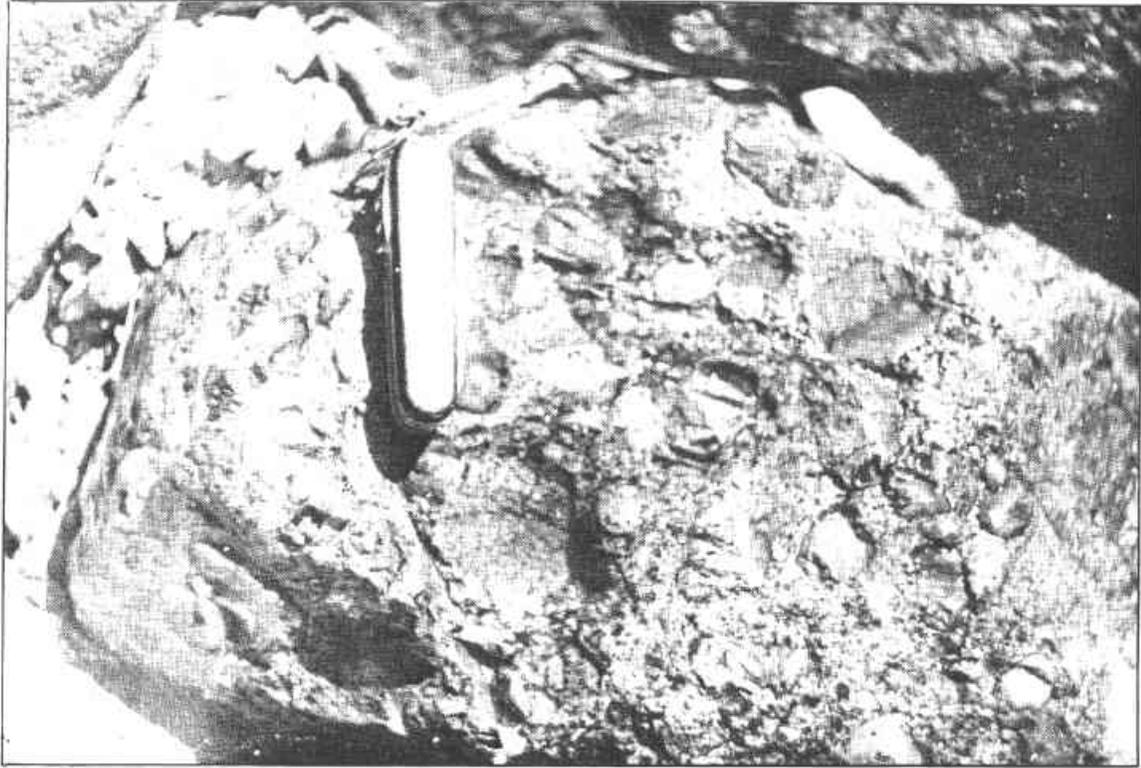


Lámina III. Afloramiento de conglomerado polimíctico. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenita, de 4 a 12 cm, son subredondeado a redondeado, consolidados en una matriz de sublitanita y litarenita con cementante selectivo de carbonato. La estratificación es mediana, gradada, cruzada y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. La navaja mide 8 cm se tomó como escala.

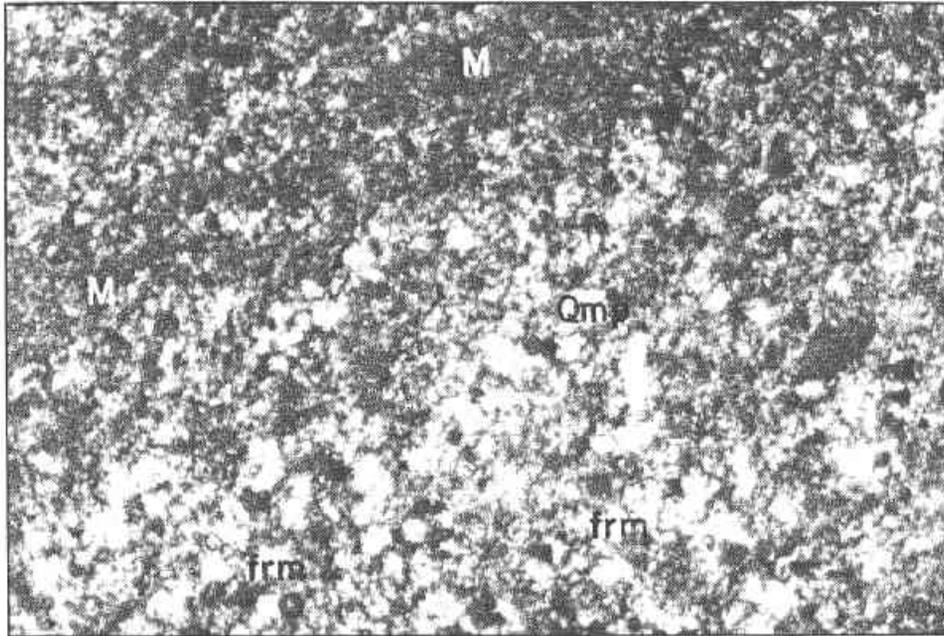


Lámina IV. Fotomicrografía de una limolita. Consiste de granos de cuarzo monocristalino (Qm) y policristalino (Qmp) y fragmentos de roca (frm); son anguloso a subanguloso, con materia orgánica (M) y cementante de sílice. El contacto del grano es tangencial, selectivamente planar y fractura del grano. La porosidad está en el cemento en un 2 %. El campo de visión es de 1 mm.

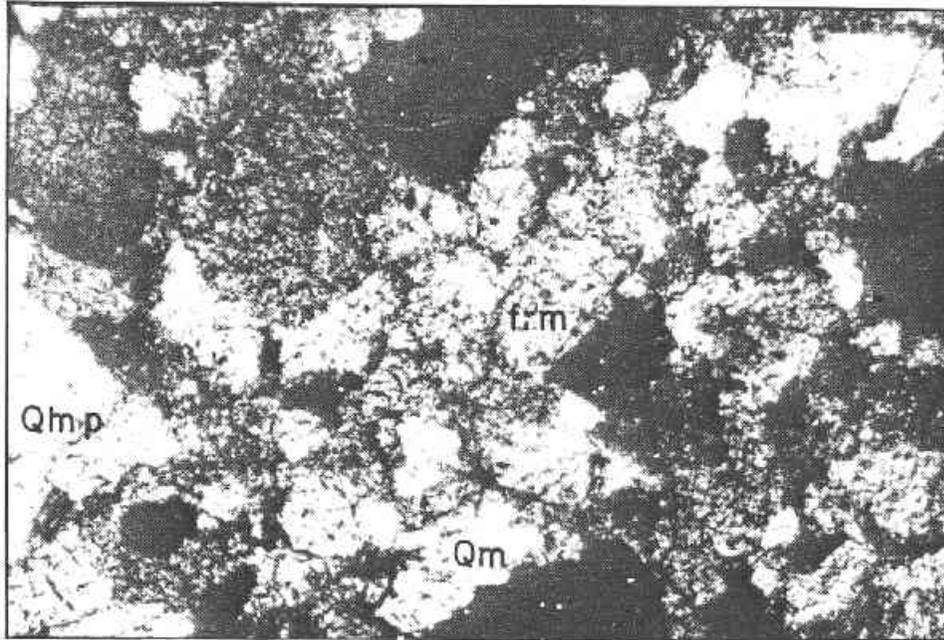


Lámina V. Fotomicrografía de una sublarenita de grano medio. Consiste de cuarzo policristalino (Qmp) y fragmentos de roca metamórfica (frm); son anguloso a subanguloso y materia orgánica. El contacto del grano es planar y cóncavo-convexo. La porosidad está en el cemento en 3%.



Lámina VI. Afloramiento donde se muestra la discordancia de la roca paleozoica y el sedimento terrígeno de un equivalente de la Formación Coyotes (ver Apéndice).

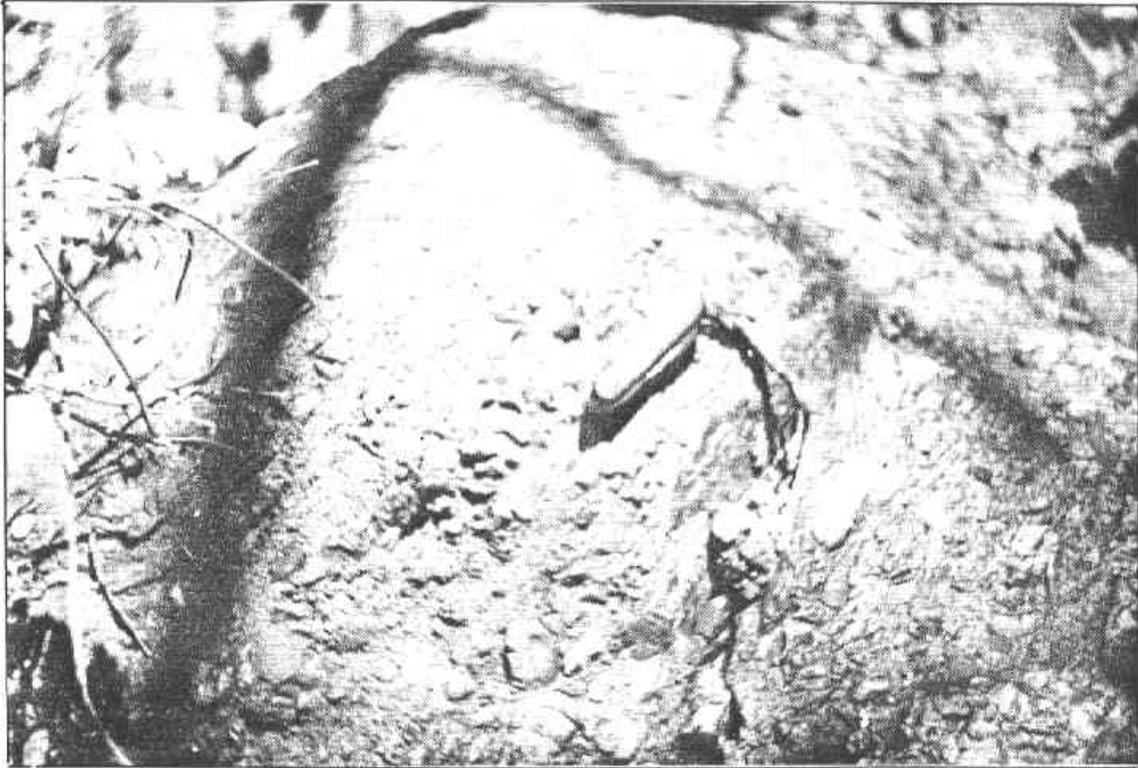


Lámina VII. Afloramiento de conglomerado polimítico de la Formación Coyotes, de color rosa y gris con tonos amarillentos. Consiste de fragmentos de cuarzo metamórfico y litarenita. Los diámetros varían de 3 a 5 cm, consolidado en una matriz de litarenita. La estratificación es gruesa, gradada, cruzada, cóncava e imbricamiento de clastos y su textura es sefítica (ver Apéndice).

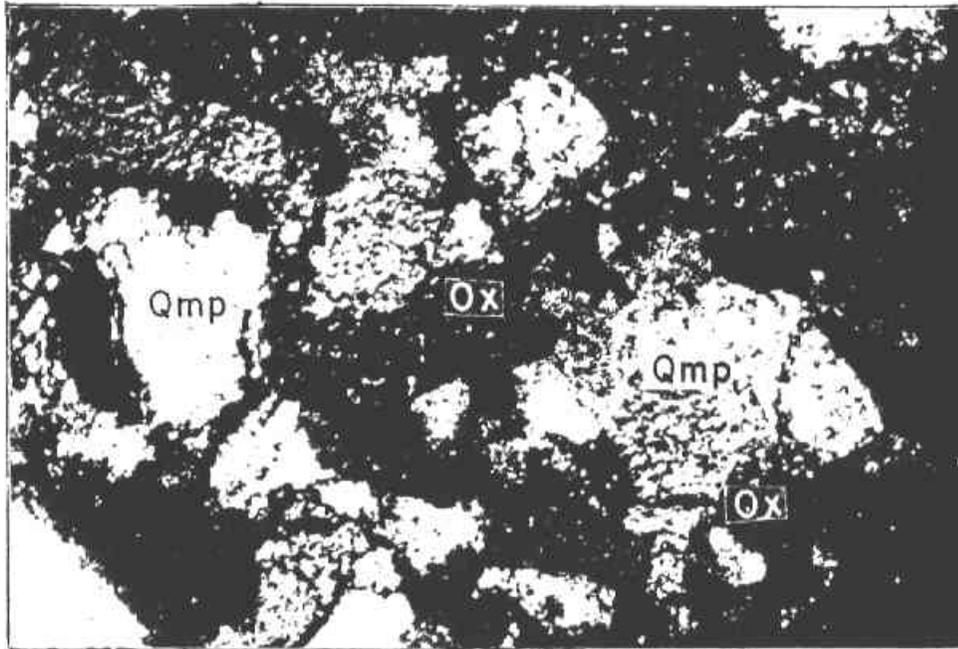


Lámina VIII. Fotomicrografía de una cuarzoarenita de grano grueso. Consiste de cuarzo metamórfico policristalino (Qmp) anguloso a subanguloso, y fragmentos de roca metamórfica (frm), angulosa a subangulosa. El contacto del grano es planar y suturado. Se presenta fractura rellena de óxido de hierro (ox). El campo óptico es de 1mm (ver Apéndice).

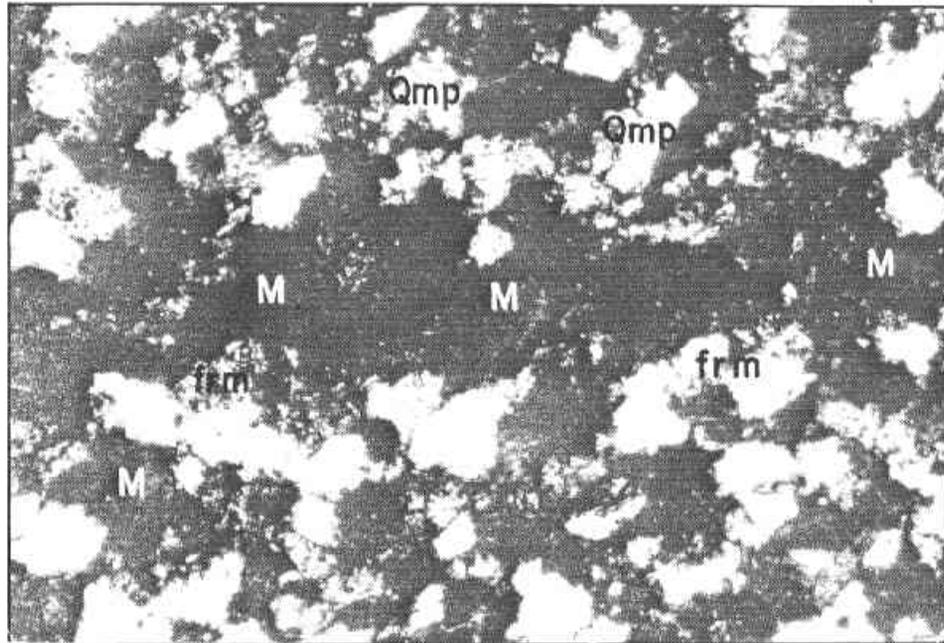


Lámina IX Fotomicrografía de una limolita. Consiste de cuarzo monocristalino (Qm) y policristalino (Qmp) anguloso a subanguloso, fragmentos de roca metamórfica (frm) y materia orgánica (M). El contacto del grano es planar y cóncavo-convexo (ver Apéndice).

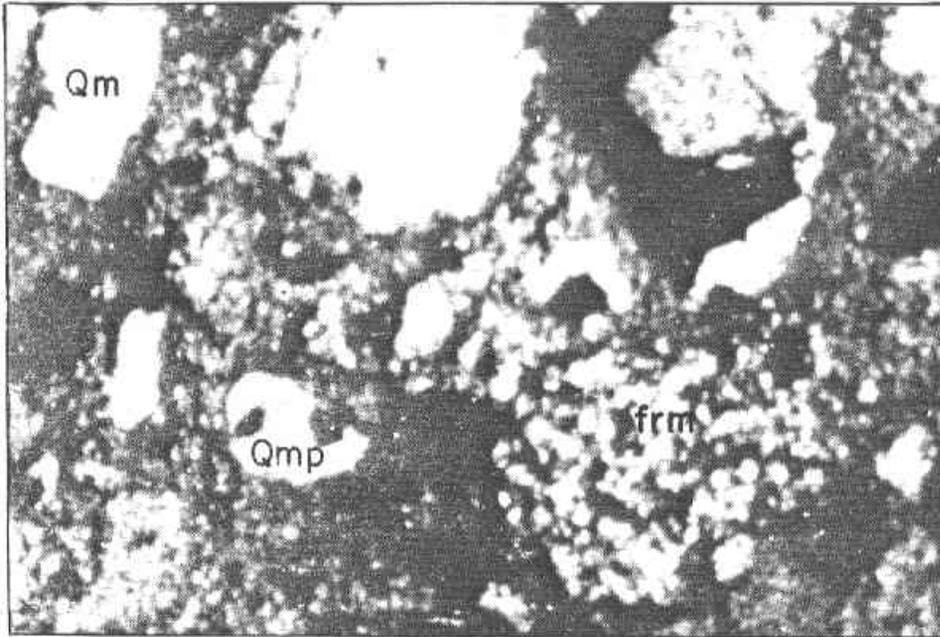


Lámina X. Fotomicrografía de una litarenita de grano medio. Consiste de granos de cuarzo monocristalino (Qm) y policristalino (Qmp), anguloso y subanguloso y fragmentos de roca metamórfica (frm), (El contacto del grano es planar y suturado) (ver Apéndice).

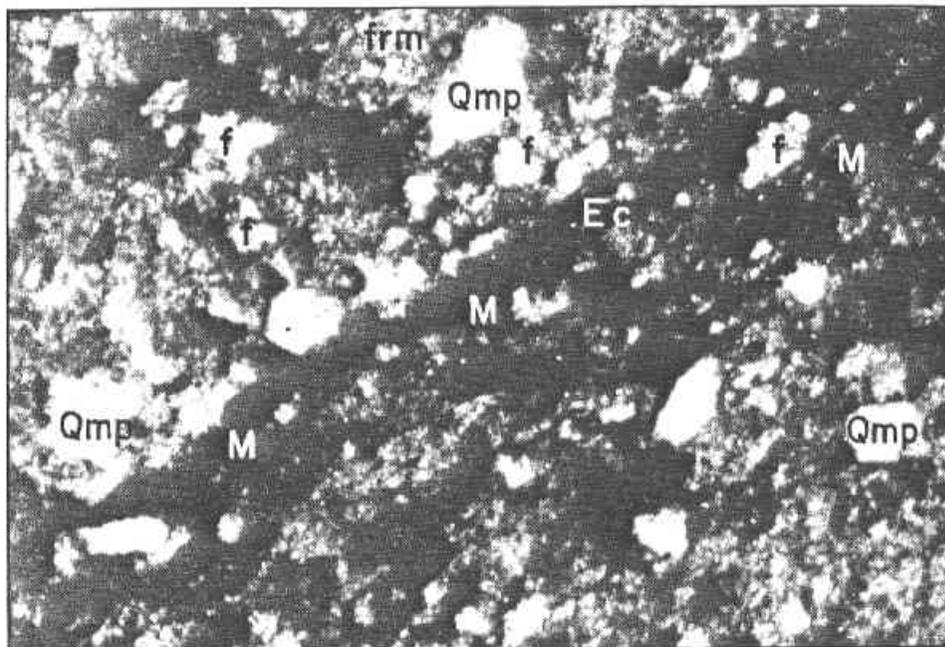


Lámina XI. Fotomicrografía de una litarenita. Consiste de granos de cuarzo metamórfico policristalino (Qmp) y fragmentos de roca metamórfica (Frm) angulosa a subangulosa y materia orgánica (M). El contacto del grano es tangencial y no hay contacto del grano. La porosidad es de 2 % (ver Apéndice).

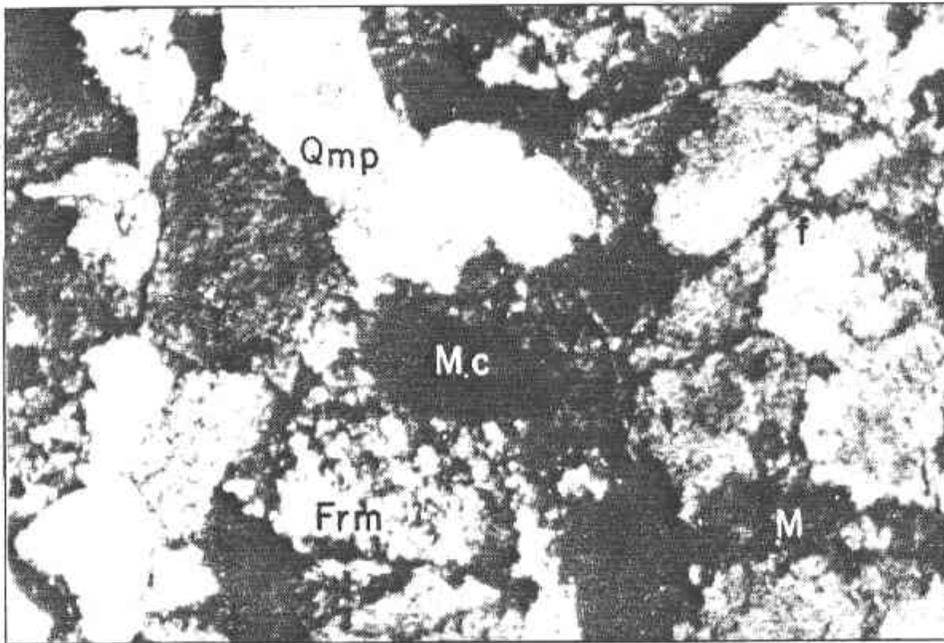


Lámina XII Fotomicrografía de una litarenita. Consiste de granos de cuarzo metamórfico policristalino (Qmp) anguloso a subanguloso, fragmentos de roca metamórfica y materia orgánica (M). El contacto del grano es tangencial y no hay contacto del grano. La porosidad es moldica en 2 % (ver Apéndice).

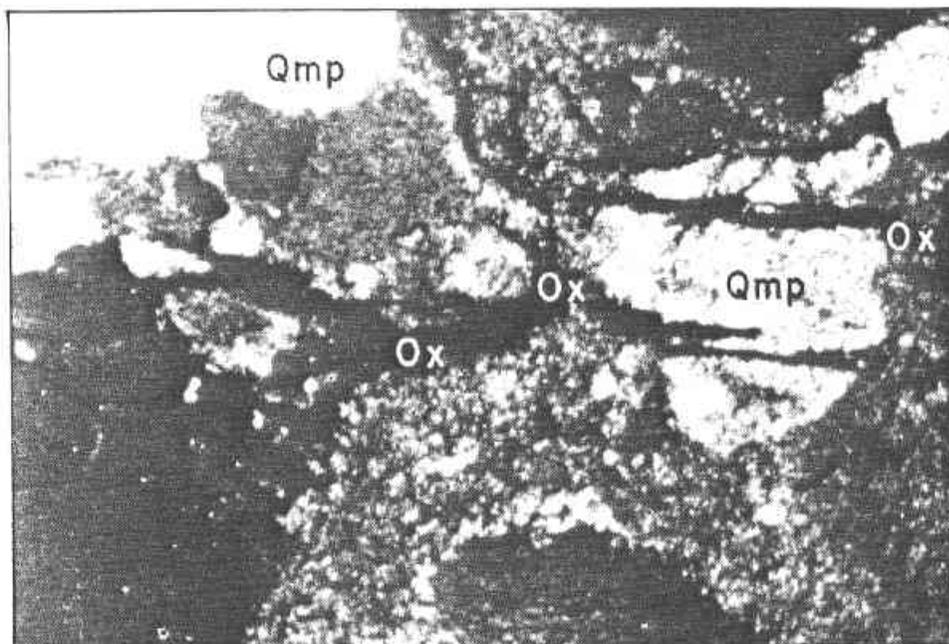


Lámina XIII Fotomicrografía de una litarenita de grano medio. Consiste de cuarzo metamórfico policristalino (Qmp) anguloso a subanguloso y fragmentos de roca metamórfica (frm). El contacto del grano es tangencial y no hay contacto del grano. Presenta fractura rellena de óxido de hierro (ox). La porosidad es moldica en 2% (ver Apéndice).

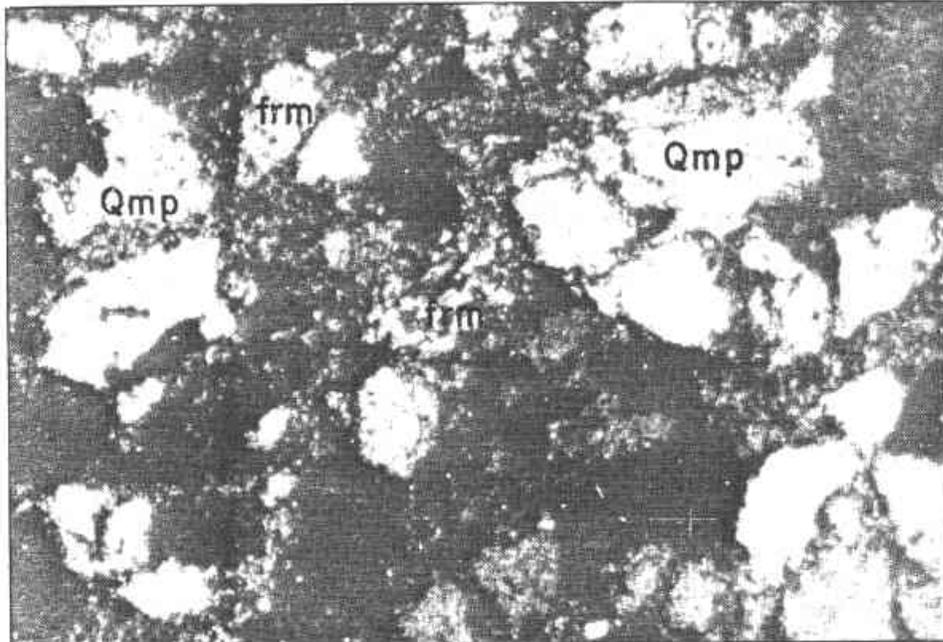


Lámina XIV. Fotomicrografía de una litarenita. Consiste de cuarzo metamórfico policristalino (Qmp), anguloso a subanguloso. El contacto del grano es planar, suturado, sintaxial y fractura del grano (f). La porosidad es nula (ver Apéndice)

## **APENDICE I: COLUMNAS Y SECCIONES ESTRATIGRAFICAS MEDIDAS DE LA FORMACION COYOTES.**

Con objeto de apreciar los cambios verticales y horizontales que muestra la composición lítica de la Formación Coyotes, se describen tres secciones estratigráficas, cuya ubicación se indica en la Figura 5.

La Figura 21 muestra la columna y sección estratigráfica de la Sierra López-Mina La Verde. Se puede apreciar un espesor promedio de 200 m aunque el espesor puede alcanzar los 1000 m. En la Figura 23 muestra la columna y sección estratigráfica de la Sierra La Flojera con espesor de 300 m. La Figura 25 muestra la columna y sección estratigráfica de la Sierra Coyotes con un espesor de 300 m.

### **Columna y sección estratigráfica de la Sierra López-Mina La Verde (Figuras 5, 21 y 22)**

Aquí la Formación Coyotes descansa en discordancia sobre la Formación Murrieta del Carbonífero. La inclinación de sus capas es de  $23^\circ$  al NW. La inclinación del plano de discordancia es de  $20^\circ$  al NW, está en contacto con los sedimentos terrígenos de un equivalente litoestratigráfico de la Formación Coyotes. La inclinación de sus capas varía entre  $35^\circ$  y  $60^\circ$  hacia el noroeste. Esta discordancia implica por lo menos un basculamiento tectónico. (Lámina VI. Afloramiento donde se muestra la discordancia de la roca paleozoica y el sedimento terrígeno de un equivalente de la Formación Coyotes).

Intervalo 1. Espesor 10 m de conglomerado polimíctico de color blanco y crema que intemperiza en el mismo color. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenita, cuyos

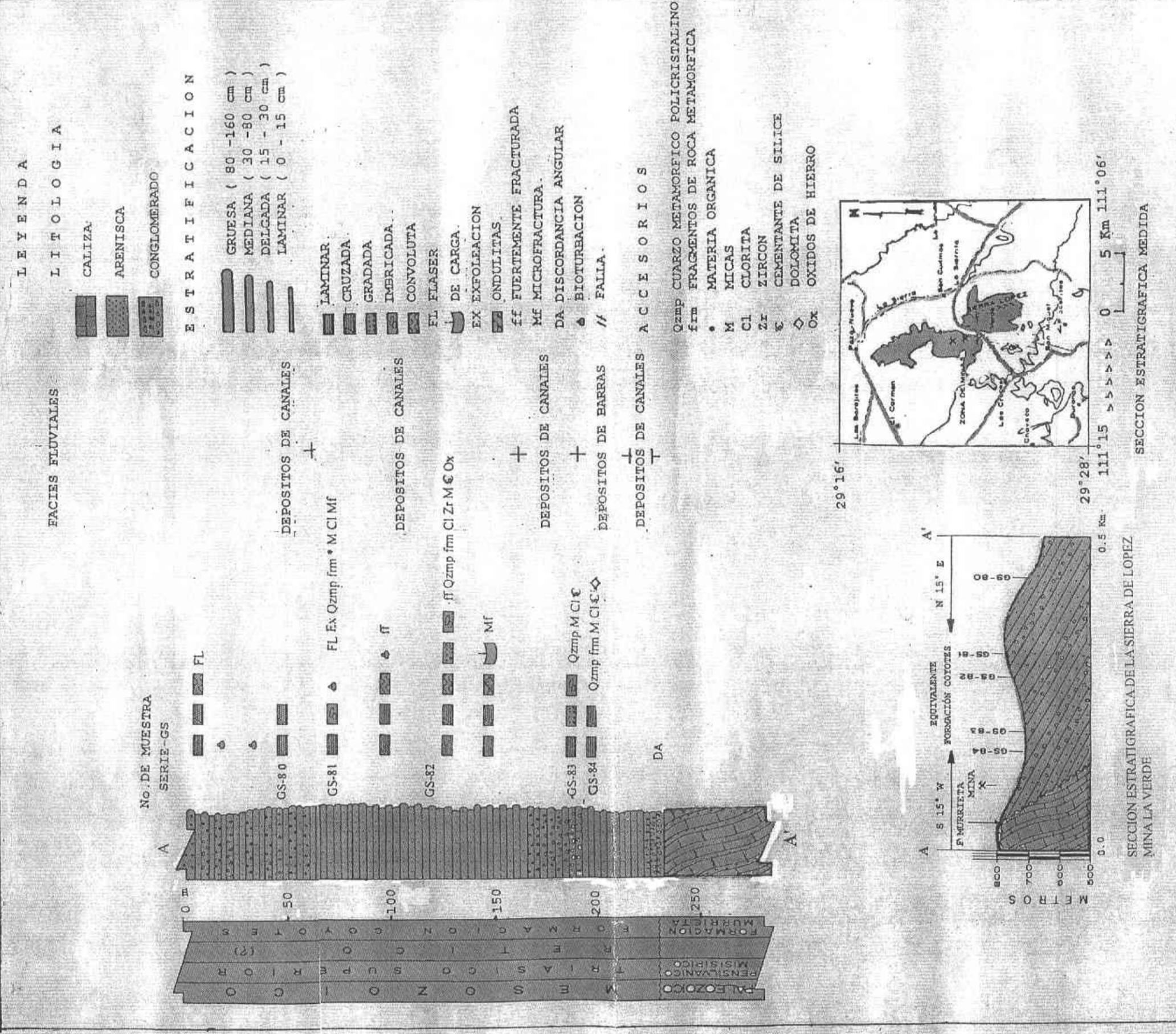


FIGURA 2] COLUMNA ESTRATIGRAFICA Y SECCION DE LA SIERRA LOPEZ-MINA LA VERDE. SE OBSERVA LA LITOLOGIA DE LA FORMACION COYOTES, SUS FACIES Y ESTRUCTURAS PRIMARIAS

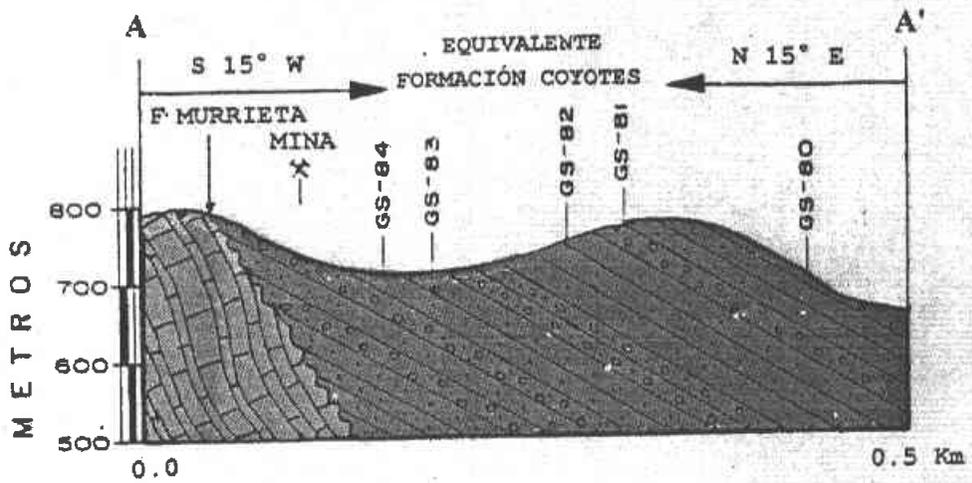


FIGURA 22 SECCION ESTRATIGRAFICA DE LA SIERRA LOPEZ-MINA LA VERDE

diámetros varían de 4 a 12 cm. Son subredondeados y redondeados, consolidados en una matriz de sublitarenita. La estratificación es mediana, gradada y cruzada y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales. (Lámina VII. Afloramiento de conglomerado polimíctico).

Intervalo 2. Espesor 30 m de litarenita con cementante de dolomita y óxidos de hierro de color blanco que intemperiza en color rosa, en estratificación mediana y laminar paralela continua y curva no paralela o cruzada y su textura es samítica. Están en asociación con un sistema de fracturas conjugadas. Su facies representa barras fluviales

Intervalo 3. Espesor 28 m de conglomerado polimíctico de color blanco que intemperiza en color crema con tonos rojizos. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenitas, cuyos diámetros varían de 3 a 5 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de cuarzoarenita. Presenta estratificación mediana y laminar paralela continua, gradada y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 4. Espesor 30 m de sublitarenita y cuarzoarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos amarillentos. La estratificación es mediana y laminar paralela continua, cruzada cóncava, con huellas de carga y con ondulitas y su textura es samítica. Su facies representa canales fluviales; (Lámina VIII. Fotomicrografía de una cuarzoarenita).

Intervalo 5. Espesor 30 m de litarenita, de grano medio de color blanco que intemperiza en color crema. Presentan estratificación gradada y laminar paralela cruzada, flaser y convoluta, con imbricamiento de clastos y con bioturbaciones y su textura es samítica. Están en asociación con un sistema de fracturas conjugadas. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 6. Espesor 45 m de cuarzoarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos amarillentos. Presentan estratificación mediana y con exfoliación y su textura es samítica. Están en asociación con sistema de microfracturas conjugadas. Su facies representa barras formadas en canales fluviales.

Intervalo 7. Espesor 30 m de conglomerado polimíctico de color blanco y gris que intemperiza en los mismos colores. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenitas, cuyos diámetros varían de 3 a 5 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de cuarzoarenita. La estratificación es mediana y gradada, de corte y relleno y con imbricamientos de clastos y su textura es sefítica. También se tienen secuencias de litarenita de grano medio de color blanco. Presentan estratificación mediana, delgada y laminar cruzada, convoluta y flaser y con bioturbaciones y su textura es samítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 8. Espesor 25 m de conglomerado polimíctico de color blanco que intemperiza en color crema. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenita, cuyos diámetros varían de 5 a 10 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de cuarzoarenitas. La estratificación es mediana y delgada, paralela cruzada, convoluta y flaser y con bioturbaciones y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 9. Espesor 20 m de conglomerado polimíctico de color gris que intemperiza en el mismo color. Consisten de fragmentos de cuarzo y litarenita, cuyos diámetros varían de 4 a 15 cm. Son subangulosos a subredondeados y consolidados en una matriz de cuarzoarenita de color blanco y rosa. Presenta estratificación mediana y delgada, paralela cruzada, convoluta y flaser y con bioturbaciones y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales. Esta secuencia se encuentra metamorfizada.

La sección se midió con cinta metálica de 50 m y brújula Brunton.

### **Columna y sección estratigráfica de la Sierra La Flojera (Figuras 5, 23 y 24)**

Se presentan las siguientes características: las rocas infrayacentes del Pérmico Superior, consisten de caliza con fusulínidos, limolita, caliza limosa, caliza arenosa con gasterópodos y bivalvos; se encuentran en discordancia. Se puede observar que la columna estratigráfica de la Sierra La Flojera presenta estructuras sedimentarias bien definidas. Los rasgos principales de esta sección se ilustran en la Figura 23 y se describen a continuación. Desde la base hasta la cima se tienen.

Intervalo 1. Espesor 30 m de limolita con cementante de dolomita, bentonita y/o bioturbaciones de color gris que intemperiza en color rosa. Presenta estratificación laminar paralela continua y convoluta y flaser y su textura es pelítica. Están en asociación con un sistema de fracturas conjugadas. Su facies representa planicies de inundación.

Intervalo 2. Espesor 50 m de limolita con cementante de dolomita, bentonita y/o bioturbaciones, y fragmentos de gasterópodos de color gris que intemperiza en color gris y rosa. La estratificación es mediana, laminar paralela continua, flaser y convoluta y con ondulitas y su textura es pelítica. Su facies representa planicie de inundación. (Lámina IX. Fotonicrografía de una limolita).

Intervalo 3. Espesor 30 m de limolita con cementante de dolomita y materia orgánica de color gris que intemperiza en colores rosa y crema. Presentan estratificación mediana, delgada, y laminar paralela continua y paralela cruzada y su textura es pelítica. Están en asociación con un sistema de fracturas conjugadas. Su facies representa planicie de inundación.



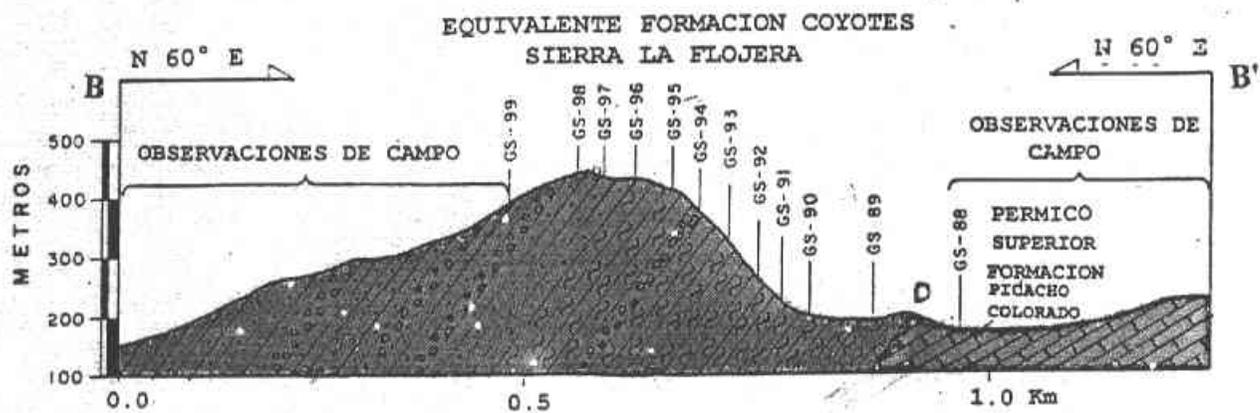


FIGURA 24 SECCION ESTRATIGRAFICA DE LA SIERRA LA FLOJERA

Intervalo 4. Espesor 50 m de limolita con cementante de dolomita y materia orgánica de colores gris y crema que intemperiza en el mismo color. La estratificación es mediana, delgada y laminar, paralela continua, paralela cruzada, y con ondulitas y su textura es pelítica. Su facies representa planicie de inundación

Intervalo 5. Espesor 10 m de conglomerado polimíctico de color blanco que intemperiza en color crema con tonos negros. Consiste de fragmentos de cuarzo y litarenita, cuyos diámetros varían de 2 a 15 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de cuarzoarenitas. La estratificación es gruesa y mediana, gradada de corte y relleno y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 6. Espesor 37 m de limolita con cementante de dolomita y materia orgánica de colores crema que intemperiza en colores blanco y gris. La estratificación es mediana, delgada y laminar paralela continua y cruzada y su textura es pelítica. Su facies representa barras fluviales.

Intervalo 7. Espesor 57 m de litarenita de grano grueso, litarenita con braquiópodos, fusulínidos retrabajados y gasterópodos, litarenita con dolomita, litarenita de grano grueso y limolita calcáreas, de color gris que intemperiza en color café con tonos rojizos. Presenta estratificación mediana y laminar paralela continua, no paralela cruzada, gradada y con imbricamiento de clastos y sus texturas son samítica y sefítica. Su facies representa roca de playa (Lámina X. Fotomicrografía de una litarenita).

Intervalo 8. Espesor 20 m de litarenita de grano grueso con fusulínidos retrabajados y gasterópodos y grava, litarenita con cementante de dolomita, de color gris que intemperiza en color café con tonos rojizos. La estratificación es mediana y delgada, gradada y con

imbricamiento de clastos y sus texturas son samítica y sefítica. Su facies representa roca de playa.

Intervalo 9. Espesor 10 m de microdolomía arenosa con fusulínidos retrabajados y fragmento de braquiópodos de color gris que intemperiza en colores café y gris. Presentan estratificación gruesa y mediana. Su facies representa planicies de inundación o de roca de playa.

Intervalo 10. Espesor 3 m de conglomerao polimictico de color gris que intemperiza en color crema con tonos negros. Consiste de fragmentos de cuarzo, litarenita y sublitarenita, cuyos diámetros varían de 4 a 11 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de cuarzoarenita. La estratificación es gruesa y mediana, cruzada, gradada y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 11. Espesor 20 m de grava y litarenita con cementante de dolomita con fusulínidos retrabajados, gasterópodos y braquiópodos, son de color gris. Presentan estratificación mediana y delgada, gradada y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. Su facies representa roca de playa. Esta secuencia se encuentra metamorfizada (Lámina XI. Fotomicrografía de una litarenita).

La sección se midió con cinta metálica de 50 m y brújula Brunton.

### **Columna y sección estratigráfica de la Sierra Coyotes (Figura 5, 25 y 26)**

Se presentan las siguientes características: las rocas infrayacentes de la Formación Santa Clara (Cárnico) se encuentran en concordancia. Se puede observar la columna estratigráfica de la Sierra Coyotes. Los rasgos principales de esta sección se ilustran en la Figura 25 y se describen a continuación. Desde la base hasta la cima se encuentran:



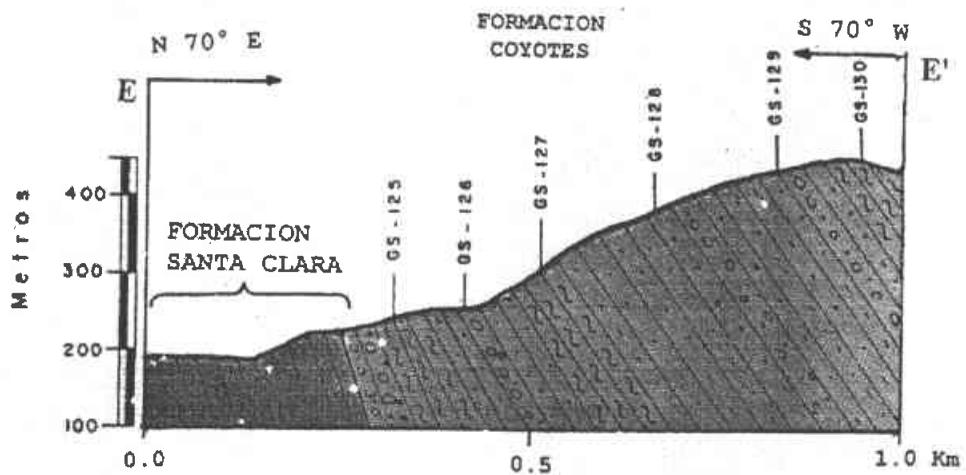


FIGURA 26 SECCION ESTRATIGRAFICA DE LA SIERRA COYOTES

Intervalo 1. Espesor 28 m de litarenita feldespática de color gris y crema que intemperiza en el mismo color. La estratificación es mediana, delgada y laminar paralela continua y cruzada y su textura es samítica. Su facies representa planicie deltaica de inundación (Lámina XII. Fotomicrografía de una litarenita).

Intervalo 2. Espesor 10 m de conglomerado polimíctico de colores blanco, rosa y gris que intemperiza en color crema con tonos cafés, que consiste de fragmentos de cuarzoarenita y sublitarenita, cuyos diámetros varían de 4 a 15 cm. La estratificación es mediana paralela localmente discontinua, de corte y relleno, gradada, con imbricamiento de clastos y con textura sefítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 3. Espesor 10 m de litarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos rojizos y amarillentos. Presenta estratificación mediana y delgada paralela cruzada y su textura es samítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 4. Espesor 17 m de limolita con trazas de materia orgánica de color crema que intemperiza en color gris y crema con tonos amarillentos y rojizos. La estratificación es mediana y delgada paralela cruzada y su textura es pelítica. Su facies representa barras fluviales.

Intervalo 5. Espesor 10 m de conglomerado polimíctico de color crema y rosa que intemperiza en color crema con tonos amarillentos y rojizos, que consiste de fragmentos de cuarzo y sublitarenita, cuyos diámetros varían de 3 m a 10 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de litarenita. La estratificación es mediana, delgada y laminar paralela continua, curvada paralela o cruzada cóncava, gradada y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 6. Espesor 35 m de litarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos rojizos. La estratificación es mediana y laminar paralela cruzada y su textura es samítica. Su facies representa barras fluviales.

Intervalo 7. Espesor 20 m de limolita de color gris y crema que intemperiza en color crema. La estratificación es mediana, delgada y laminar paralela continua y su textura es pelítica. Su facies representa barras fluviales.

Intervalo 8. Espesor 27 m de litarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos rojizos y negros. La estratificación es mediana delgada y laminar, paralela cruzada y su textura es samítica. Su facies representa barras fluviales (Lámina XIII. Fotomicrografía de una litarenita).

Intervalo 9. Espesor 10 m de conglomerado polimíctico de color crema y rosa que intemperiza en color crema con tonos amarillentos y rojizos. Consiste de fragmentos de cuarzo y sublitarenita y litarenita, cuyos diámetros varían de 3 a 10 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de litarenita. La estratificación es mediana y cruzada cóncava y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 10. Espesor 17 m de litarenita de color blanco que intemperiza en color crema con tonos negros. La estratificación es delgada y paralela o curvada cóncava y su textura es samítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 11. Espesor 7 m de conglomerado polimíctico de color blanco, rosa y gris que intemperiza en color crema con tonos negros, que consisten de fragmentos de cuarzo, sublitarenita y litarenita, cuyos diámetros varían de 2 a 8 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de litarenita. La estratificación es mediana,

paralela localmente discontinua o de corte y relleno, gradada y con imbricamiento de granos y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 12. Espesor 26 m de litarenita de color blanco que intemperiza en el mismo color con tonos grises. La estratificación es mediana, delgada y laminar paralela continua y no paralela o cruzada y su textura es samítica. Su facies representa barras fluviales.

Intervalo 13. Espesor 10 m de conglomerado polimítico de colores blanco, rosa y gris que intemperiza en color crema, que consiste en fragmentos de cuarzoarenita y sublitarenita, cuyos diámetros varían de 4 a 10 cm. Son subangulosos a subredondeados, consolidados en una matriz de litarenita. La estratificación es mediana, paralela localmente discontinua o de corte y relleno y gradada, con imbricamientos de granos y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales.

Intervalo 14. Espesor 28 m de litarenita de grano grueso con trazas de materia orgánica de color blanco que intemperiza en color crema. La estratificación es gruesa, mediana y laminar paralela continua, gradada, curvada no paralela o cruzada cóncava y con imbricamiento de clastos y su textura es sefítica. Su facies representa canales fluviales (Lámina XIV. Fotomicrografía de una litarenita).

Intervalo 15. Espesor 10 m de litarenita de color blanco y crema que intemperiza en el mismo color con tonos rojizos y negros. La estratificación es mediana y laminar paralela continua y cruzada y su textura es samítica. Están en asociación con un sistema de fracturas conjugadas. Su facies representa barras fluviales. La secuencia se encuentra metamorfizada.

Intervalo 16. Espesor 45 m de litarenita y limolita de colores blanco y crema que intemperiza en los mismos colores con tonos rojizos y negros. La estratificación es mediana y laminar paralela continua, paralela cruzada, paralela localmente discontinua o de corte y relleno y sus

texturas son samítica y pelítica. Están asociados a un sistema de fracturas conjugadas. Su facies representa barras fluviales. La secuencia se encuentra metamorfizada.

La Figura 20 muestra que el área fuente de los sedimentos terrígenos corresponde a una provincia orogénica reciclada. Esta inferencia se basa en la composición modal y la proporción volumétrica de los granos de cuarzo monocristalino y policristalino, fragmentos líticos, y feldespatos. La descripción y clasificación de las muestras líticas se hizo mediante diagramas ternarios de distribución de las muestras de areniscas del Grupo Barranca. También se basó en el estudio de microscopio petrográfico (Diagrama ternario, Folk, (1968) adaptado a la distribución de muestras de areniscas del Grupo Barranca y adaptado a la distribución de muestras de limolitas y lutitas del Grupo Barranca).

La porosidad es baja, en un rango de 2 al 3 % (tamaño y la frecuencia por unidad de volumen de espacios vacíos en la roca como micro y macroporosidad, por disolución y fracturas). Algunos valores de porosidad se tienen en rocas fracturadas y no fracturadas. En las areniscas cementadas disminuye la porosidad. La porosidad en la matriz tiene dos componentes esenciales: el poro y la garganta de poro. La porosidad aumenta conforme a la permeabilidad, y la geometría de los poros. Este fenómeno se observó en la descripción y clasificación de las muestras líticas y se hizo mediante los diagramas antes mencionados.