

00364
3
2e

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

G E O L O G I A

ESTRATIGRAFIA Y PALEOGEOGRAFIA DEL CRETACICO DEL AREA DE

CERRO DE ORO, MPIO. DE RAYON SONORA

T E S I S

Que presenta:

Carlos Manuel González León

Para obtener el grado de *Maestro en Ciencias*

MEXICO, D.F.

1 9 8 9

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

RESUMEN.....	v
RECONOCIMIENTOS.....	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	viii

CAPITULO I

INTRODUCCION.....	1
Propósitos y Objetivos.....	1
Localización y acceso.....	2
Método de trabajo.....	4
Trabajos Previos.....	7

CAPITULO II

MARCO GEOLOGICO.....	9
Regional.....	9
Local.....	12
Formación Las Víboras (nombre informal).....	13
Rocas Igneas.....	19
Estructuras del Area.....	22

CAPITULO III

ESTRATIGRAFIA CRETACICA.....	24
Formación Cerro de Oro (nombre informal).....	24
Secuencia del Cerro El Cobrizo.....	25
Secuencia de la Cañada Los Tubos.....	30
Edad.....	32
Correlación.....	34
Grupo Bisbee (nombre formal).....	34
Formación Morita (nombre formal).....	36
Edad.....	38
Correlación.....	39
Caliza Mural (nombre formal).....	39
Edad.....	52

Correlación.....	53
Formación Cintura (nombre formal).....	53
Edad.....	56
Correlación.....	56
Formación La Palma (nombre informal).....	57
Edad y Correlación.....	61

CAPITULO IV

AMBIENTES DE DEPOSITO DE LAS UNIDADES CRETATICAS.....	63
Formación Cerro de Oro.....	63
Formación Morita.....	64
Caliza Mural.....	67
Formación Cintura.....	68
Formación La Palma.....	69

CAPITULO V

PALEOGEOGRAFIA DEL CRETACICO INFERIOR.....	71
Introducción.....	71
El basamento pre-Cretácico.....	72
Paleogeografía.....	74

CAPITULO VI

CONCLUSIONES.....	82
Estratigrafía.....	82
Paleogeografía.....	84
Estructuras.....	85

CAPITULO VII

REFERENCIAS CITADAS.....	86
APENDICE I.....	94

RESUMEN

Las rocas del Cretácico Inferior del Área de Cerro de Oro, localizada en la parte central de Sonora, están constituidas de la base a la cima por la Formación Cerro de Oro y el Grupo Bisbee que la sobreyace discordantemente. Dentro de este último se reconocen las Formaciones Morita, Caliza Mural y Cintura. La Formación Cerro de Oro sobreyace en discordancia angular a areniscas y dolomías de más de dos mil metros de espesor (Formación Las Víboras) de probable edad Precámbrica Tardía-Cámbrica Temprana. La Formación La Palma del Cretácico Tardío, sobreyace discordantemente a la Formación Cerro de Oro en los lugares donde el Grupo Bisbee está ausente.

La Formación Cerro de Oro (Barremiano tardío-Aptiano temprano) de 147 m de espesor, presenta en su base un delgado espesor de conglomerados (25 m) sobreyacido por una secuencia de lodolitas, limolitas, areniscas de grano fino y calizas en capas delgadas; en su cima se presenta un nivel de calizas masivas, que constituyen un "boundstone" de corales, estromatopóridos y braquiópodos que lateralmente y hacia arriba pasan a calizas con orbitolinas y gasterópodos. La sobreyace la Formación Morita de 260 m de espesor, formada por areniscas, lodolitas, limolitas y lentes locales de conglomerados de origen fluvial. La Caliza Mural (150-400 m) sobreyace transicionalmente a la Morita y esta formada por varios niveles bihermales de corales coloniales, estromatopóridos y rudistas separados por paquetes de caliza arcillosa, arenisca de grano fino y lodolitas de colores claros; su edad es Aptiano tardío-Albiano medio. La Formación Cintura de espesor mayor de 289 m, sobreyace transicionalmente a la Mural y está formada por una secuencia litológica semejante a la Formación Morita. En la secuencia del Cretácico Inferior del área estudiada, se reconocen las formaciones del Grupo Bisbee del norte de Sonora y sureste de Arizona y dicha secuencia es cronocorrelacionable con el Grupo El Chanate del noroeste de Sonora, así como con las formaciones reportadas de la región de Lampazos en el centro-oriente del

Estado. Se considera que fué depositada dentro de la Cuenca de Sonora, la cual se desarrolló como una característica de "retro-arco" durante el Cretácico, iniciándose tal vez desde el Jurásico Tardío. Se registran en la cuenca tres eventos transgresivos marinos seguidos por sus respectivos eventos regresivos y en base al análisis de las columnas sedimentarias de Sierra El Chanate, Cerro Pimas, Sierra Azul, Arizpe, Cabullona, Lampazos y el área estudiada, se presenta una reconstrucción paleogeográfica para las Edades del Neocomiano al Albiano. La Formación La Palma que sobreyace discordantemente a la Formación Cerro de Oro y esta en contacto por falla con las unidades mas antiguas, se interpreta como un depósito sintectónico de la Orogénia Laramide que afectó a las rocas del área con cabalgamientos y pliegues muy localizados. Se distinguen además varios eventos de plutonismo y volcanismo, así como fallamiento distensivo del Terciario.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura	Página
1 Mapa de localización del área estudiada.....	3
2 Mapa topográfico del área estudiada. Se muestran los caminos de acceso, así como la localización de las secciones descritas.....	6
3 Mapa de localización de las áreas mencionadas en el texto.....	10
4 Columna estratigráfica general del área estudiada.	14
5 Mapa geológico con secciones estructurales del área estudiada.....	15
6 Columnas estratigráficas de la Formación Las Víboras.....	17
7 Columna estratigráfica de la Formación Cerro de Oro en el Cerro El Cobrizo.....	26
8 Columna litoestratigráfica del Cretácico Inferior - del área de Cerro de Oro.....	31
9 Columna de correlación entre las áreas de Cerro de Oro y Lampazos, Sonora.....	35
10 Columna de correlación de las secuencias del Cretácico Inferior del norte de Sonora.....	40
11 Columna estratigráfica de la Formación La Palma....	58
12 Secuencias de grano fino hacia arriba de las formaciones Morita y Cintura.....	66
13 Mapas paleogeográficos para el Cretácico Inferior - del área de Cerro de Oro y el norte de Sonora.....	76
 Lamina	
1 Fotografías de la Formación Las Víboras.....	96

2	Fósiles de las Formaciones Cerro de Oro y Mural.....	98
3	Fotografías de afloramientos y fósiles de las Formaciones Cerro de Oro y Mural.....	100
4	Fotografías de la Formación Mural.....	102
5	Fotografías de la Formación Cintura.....	104
6	Fotografías de la Formación Cintura.....	106
7	Panoramica de la Formación La Palma.....	108

CAPITULO I

INTRODUCCION

Propósitos y objetivos

Este estudio constituyó un proyecto de investigación dentro del Instituto de Geología, UNAM, en su Estación Regional del Noroeste, en Hermosillo, Sonora y fue desarrollado bajo la dirección del M. en C. Cesar Jacques-Ayala, enfocado a la litoestratigrafía y paleontología, de una área clave para el entendimiento de las secuencias que se formaron dentro de la cuenca cretácica de Sonora y a su arreglo paleogeográfico. Se considera que la secuencia del Cretácico Inferior del área de Cerro de Oro es importante para entender el Cretácico de Sonora, ya que da información de una región localizada en la parte central del Estado en la cual no se tenía información detallada de estas rocas; asimismo contiene un arreglo formacional que la hace transicional entre las secuencias del Cretácico Inferior que afloran en la parte norte (Grupo Bisbee), noroeste (Grupo El Chanate) y centro-oriente (región de Lampazos) de Sonora lo cual aunado a su contenido fosilífero, que proporciona edades bastante precisas para sus unidades, permite elaborar una reconstrucción paleogeográfica para el norte de Sonora.

Debido a que el objetivo principal de este estudio se enfoca al Cretácico Inferior y porque se incluye aquí un

mapa geológico en el cual se muestra la presencia de rocas pre y post Cretácias, solamente se mencionará de una manera breve las características litológicas mas importantes de estas últimas, así como las estructuras de deformación que afectan a las rocas del área.

Localización y acceso

El área de estudio (Figura 1) se localiza en la parte central del Estado de Sonora, 60 km al noreste de Hermosillo, entre las coordenadas 29° 34.4' y 29° 38.6' de latitud norte y 110° 31.5' y 110° 39.9' de longitud oeste. El cuadrángulo estudiado comprende una área aproximada de 96 km².

El área es fácilmente accesible a través de la ruta Hermosillo-Ures-Rayón; el tramo Hermosillo-Ures es una carretera pavimentada de 60 km de longitud, la cual se continúa hacia el norte por el camino de terracería Ures-Rayón. A la altura del Km 18 de este último tramo, se desvía hacia el oeste un camino de terracería el cual, después de un recorrido de 8 km, llega al Ejido Ranchito de Aguilar ubicado en la esquina suroriental del área.

Otras rutas de acceso al área (Figura 1) son por la Carretera Federal 15 (Hermosillo-Nogales), tomando la desviación hacia el poblado de Carbo, en el Km 65, por la cual después de 8 km se alcanza dicha localidad y se continúa por la carretera de terracería hacia Rayón; en el Km 35 de la Carretera Carbo-Rayón, se encuentra una desviación hacia el sur la cual conduce, después de 6 km, al Ejido Cerro de Oro,

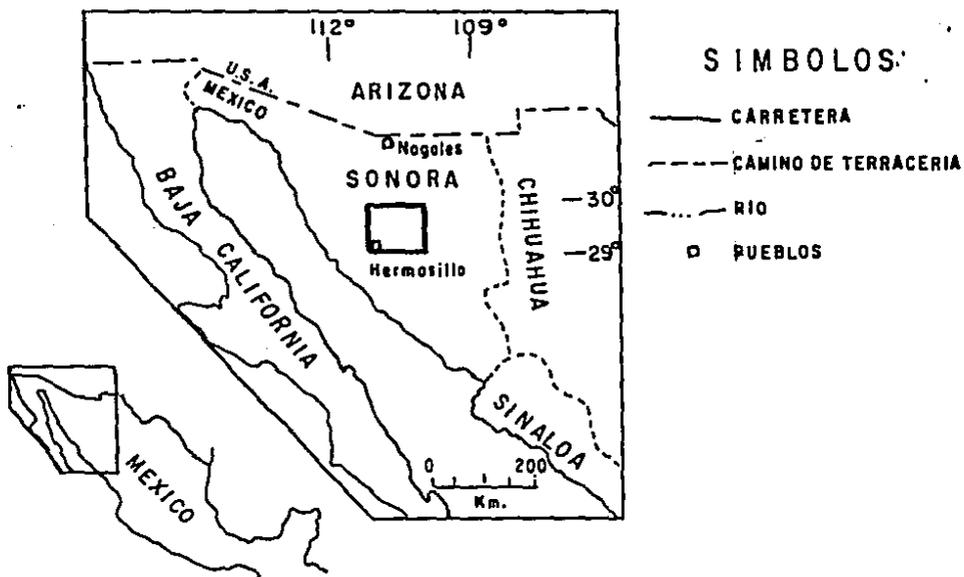
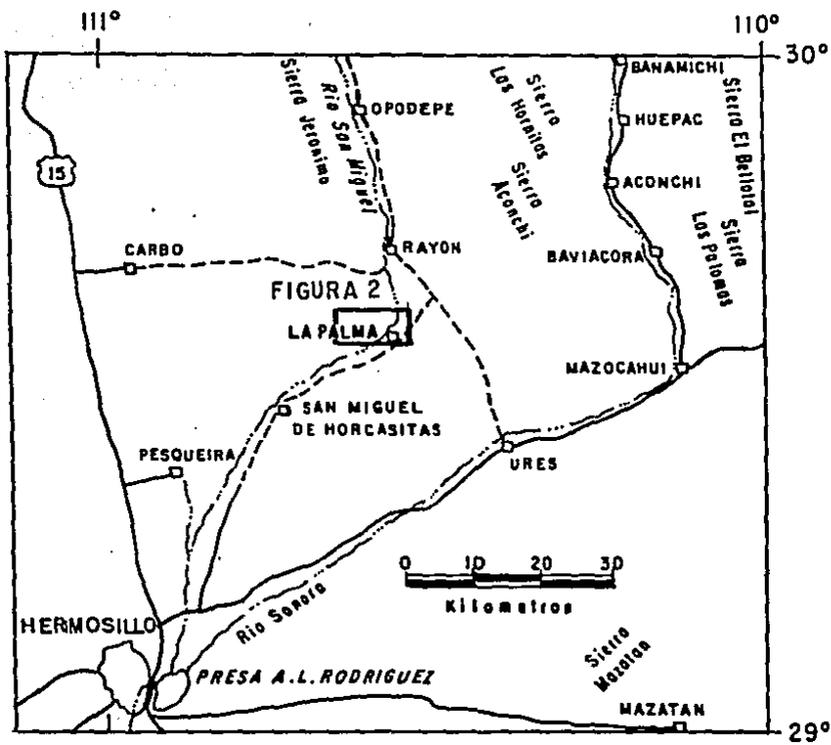


Figura 1.- MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

el cual se encuentra en la esquina noroccidental del área. Una tercera ruta de acceso menos transitada debido a que en su mayor parte es terracería, es la que en el Km 11 de la Carretera Hermosillo-Ures se desvía hacia el norte-noreste, pasando por los poblados de El Tronconal, Real del Alamito y San Miguel de Horcasitas, llegando a Ranchito de Aguilar. Debido a que esta última carretera cruza en varios puntos el Río San Miguel, su comunicación es interrumpida durante el verano en época de lluvias.

Método de trabajo

Para la realización de este estudio se utilizaron la Carta Topográfica RAYON, H12D22 (SPP-INEGI, 1975), así como las fotografías aéreas 13 a 16, 16 a 19 y 14 a 16 de las líneas 6, 7 y 8, respectivamente, correspondientes a la zona 61 A. Este material ha sido editado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, a una escala de 1:50,000.

El trabajo de campo se realizó durante varias visitas al área a partir del mes de abril de 1987 hasta febrero de 1988. Una última salida de campo con el propósito de revisar algunos datos, se realizó durante los primeros días de junio de 1988.

Con la ayuda del material fotográfico se hizo un mapa fotogeológico preliminar el cual se transfirió a la carta topográfica escala 1:50,000. En él se identificaron los principales cuerpos de roca, así como las estructuras mayores. Este mapa se amplió a una escala 1:33,000 y con él se

procedió a efectuar el trabajo de campo, modificándolo según fuera necesario. Se midieron 11 secciones estratigráficas con brújula y cinta tratando de seguir los mejores afloramientos que fueran representativos de cada una de las unidades sedimentarias; con ellas se elaboraron las columnas litoestratigráficas reportadas, correspondientes a las diferentes unidades. El espesor total de estas columnas es de 3570 m y la localización de las secciones se presenta en la Figura 2. Se colectaron aproximadamente 220 muestras de roca con el fin de hacer estudios petrográficos, así como material fósil el cual es abundante. Para su identificación, parte de ese material fósil fue estudiado por especialistas a quienes se menciona en el apartado de agradecimientos.

Con la información obtenida a la escala de 1:33,000, se elaboró el mapa geológico escala 1:50,000, el cual se presenta en este trabajo a una escala aproximada de 1:45,000.

En el desarrollo del texto se describen primeramente y de una manera general las rocas pre y post cretácicas, así como las estructuras del área; se pasa después a una descripción litológica y paleontológica detallada de las unidades del Cretácico Inferior; en seguida se hace una interpretación de los probables ambientes de depósito de estas últimas y al final se hace una interpretación paleogeográfica del Cretácico Temprano, incluyéndose al área de Cerro de Oro en el marco regional de parte del norte de Sonora.

En este trabajo se utiliza la terminología de Dunham

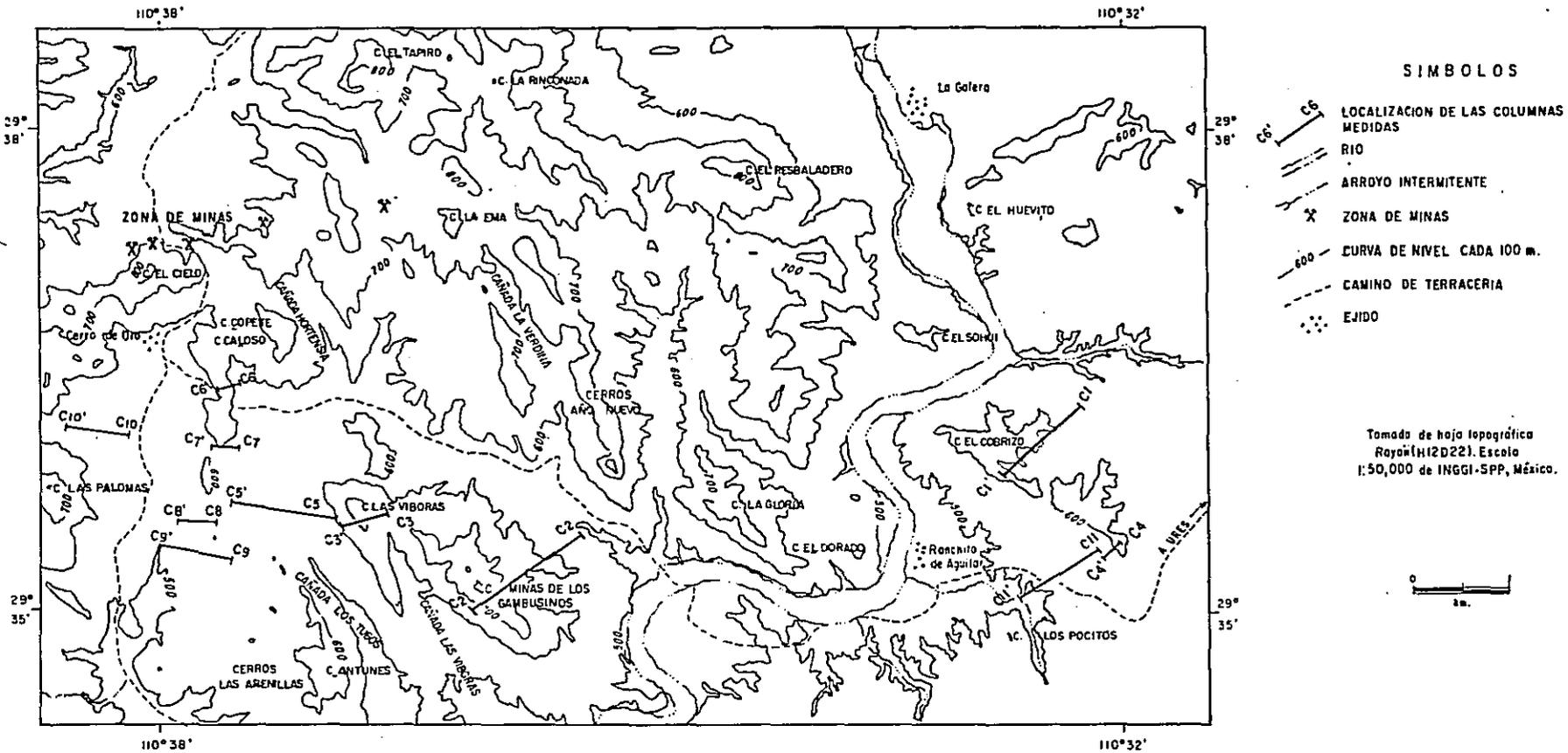


Figura 2.- MAPA TOPOGRAFICO DEL AREA ESTUDIADA. SE MUESTRAN LOS CAMINOS DE ACCESO ASI COMO LA LOCALIZACION DE LAS SECCIONES DESCRITAS.

(1962) para referirse a las rocas carbonatadas, a excepción de la descripción de los niveles de donde no se contó con láminas delgadas para su estudio y en estos casos se reporta la descripción megascópica de campo. Para las rocas terrígenas se usó la clasificación de Folk (1969) y para indicar el espesor de las capas sedimentarias se utilizó la clasificación de Pettijohn (1957).

Trabajos previos

En la área estudiada existen varios trabajos, los cuales se refieren principalmente al reconocimiento de las rocas cretácicas.

Keller (1928) en sus notas sobre la estratigrafía de Sonora, reportó la presencia de calizas albianas en varias partes del Estado, incluyendo a las del Cerro Copete, en el área de Cerro de Oro. Flores (1929) reconoció en el área la existencia de "cuarcitas y pizarras arcillosas" que él asignó al Neocomiano y de "...ciertas cuarcitas y calizas metamórficas (que) alternan con los sedimentos mesozoicos; pero otras veces se ven debajo de ellas en estratificación discordante, pudiendo en esos casos ser más antiguas que las rocas mesozoicas que las cubren, quizá de edad paleozoica" (Flores, op. cit., p. 154). Burckhardt (1930), en su estudio sobre el Mesozoico de México, asignó una edad Neocomiana a la fauna colectada por Flores (1929), tanto de esta área como de las regiones de Santa Ana, determinando la presencia de *Exogyra* sp. y gasterópodos en Cerro de Oro.

Juhas (in de Cserna 1970, p. 109) reportó la presen-

cia de calizas albianas interestratificadas con rocas volcánicas en un área localizada cerca de Carbo al norte de Hermosillo. Dacco (1984) describió las rocas volcánicas e intrusivas terciarias, así como los eventos de mineralización del área. Rangin (1986, p. 76, fig. 43) reporta en esta área, la presencia de dos unidades del Cretácico Inferior: una volcanogénica que corresponde al complejo de Alistos, la cual según dicho autor, reposa estructuralmente sobre otra serie detrítica y calcáreo-arcillosa fosilífera.

Menicucci y colegas (1982) y Radelli (1986, fig. 25) mencionan la presencia en el área de sedimentos y rocas volcánicas de edad cretácica bajo de las cuales afloran calizas fosilíferas de edad pérmica. Sitten (1987) presentó un estudio geológico detallado de los depósitos minerales del área, enfatizando sobre los eventos ígneos y mineralizantes.

Dos resúmenes preliminares del presente estudio (González-León, 1988 y González-León y Jacques-Ayala, 1988) y el mapa geológico de la Hoja Rayón (escala 1: 50,000) (Castro y Morfin 1988) constituyen las aportaciones más recientes al conocimiento geológico del área.

De los datos obtenidos durante el presente estudio, se puede afirmar que las observaciones de algunos de los anteriores autores no son precisas, ya que en el área de estudio no existen la serie volcanogénica ni volcanismo asociado a los sedimentos del Cretácico Inferior, así como tampoco rocas pérmicas, comprobándose por determinaciones faunísticas que estas son cretácicas.

CAPITULO II

MARCO GEOLOGICO

Regional

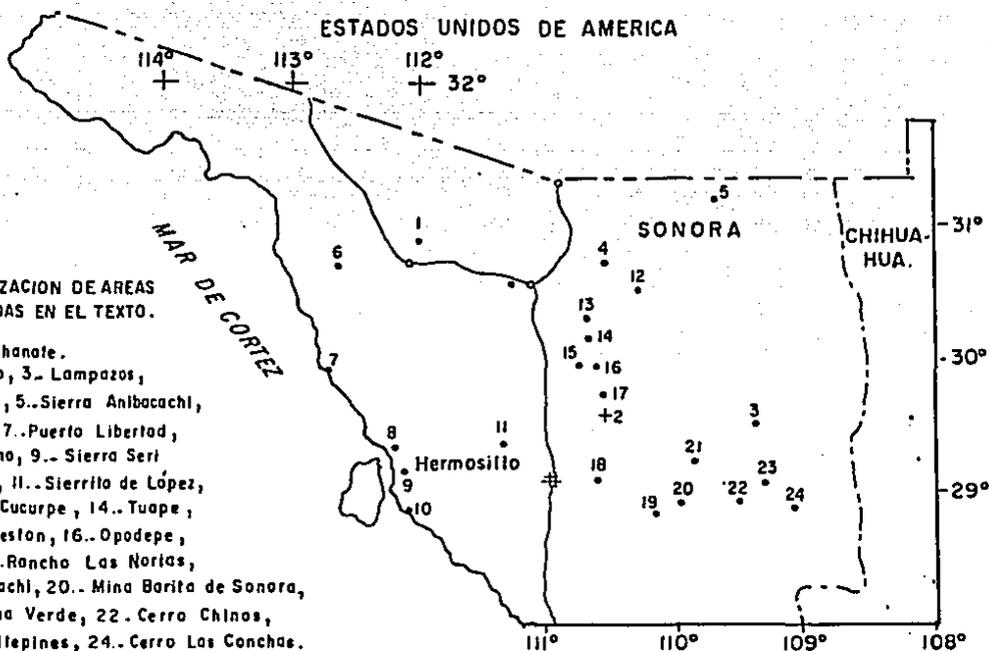
El área estudiada se encuentra ubicada dentro de la parte occidental de la subprovincia fisiográfica de Sierras y Valles Paralelos de la Sierra Madre Occidental (Raisz, 1959).

De las regiones circunvecinas al área (Figura 3) se ha citado la presencia de rocas precámbricas igneas y metamórficas en afloramientos aislados. En la mina El Crestón, localizada a 30 km al norte del área, Leon y Miller (1981) describieron filitas, rocas metavolcánicas y gneises; más hacia el norte en el área de Tuape-Cucurpe, el basamento esta formado por gneises y granitos que por sus características petrográficas, Rodríguez-Castañeda (1984) les asigna una edad precámbrica. Del mismo modo, a 50 km al noreste de esta area, en la Sierra Los Hornitos, Roldán (1988) reporta rocas metamórficas intrusionadas por granitos y granodioritas de 1700-1800 Ma (Anderson y Silver, 1979). Los afloramientos más cercanos de rocas sedimentarias de probable edad

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

FIGURA 3.- LOCALIZACION DE AREAS MENCIONADAS EN EL TEXTO.

- 1.- Sierra El Chanate.
- 2.- Cerro de Oro, 3.- Lampazos,
- 4.- Sierra Azul, 5.- Sierra Anibacachi,
- 6.- Antimonio, 7.- Puerto Libertad,
- 8.- Sierra Bacho, 9.- Sierra Seri
- 10.- Bahía Kino, 11.- Sierrita de López,
- 12.- Anizpe, 13.- Cucurpe, 14.- Tuape,
- 15.- Mina El Creston, 16.- Opodepe,
- 17.- Rayón, 18.- Rancho Las Norias,
- 19.- Cerro Cobachi, 20.- Mina Barita de Sonora,
- 21.- Sierra Agua Verde, 22.- Cerro Chinos,
- 23.- Sierra Chiltepines, 24.- Cerro Las Conchas.



precámbrica son los que están a 30 Km al oriente de Hermosillo, en el área del rancho Las Norias, donde se presentan calizas, dolomías y areniscas (Vega y Araux, 1987) y los de Sierrita de López, 40 Km al noroeste de Hermosillo (Amaya y Calmus, 1985).

Al parecer, las rocas paleozoicas están ausentes en una amplia extensión de la región centro-septentrional de Sonora, pero sus afloramientos son abundantes en la parte centro-oriental y centro-occidental. Las rocas del Paleozoico inferior son secuencias detritico-carbonatadas fosilíferas del Cámbrico, Ordovícico y Devónico expuestas en Sierrita de López (Avila, 1987) y en el Rancho Las Norias, las cuales descansan discordantemente sobre los sedimentos precámbricos (Vega y Araux, 1987). Más hacia el oriente afloran sedimentos detritico-carbonatados de plataforma en la Sierra Agua Verde (Stewart y col., 1984) y de cuenca profunda, en el Cerro Cobachi y en el área de la Mina Barita de Sonora (Noll, 1981, Ketner y Noll, 1987, Poole y col., 1983, Bartolini, 1988); estas últimas secciones varían en edad desde el Ordovícico al Pérmico.

El Paleozoico Superior de plataforma aflora en varias áreas del centro del Estado, tales como en el Rancho Las Norias y al oriente de Hermosillo (Rodríguez-Castañeda, 1983; Vega y Araux, 1987), así como en la región centro-oriental (Schmidt, 1970, Pubellier 1987).

En los alrededores del área afloran rocas mesozoicas en lugares aislados. Sedimentos triásicos han sido reportados inmediatamente al oriente de Hermosillo (Roldán y González,

1985, Rodríguez-Castañeda, 1983), mientras que en la Sierrita de López se han reportado secuencias del Jurásico Inferior (Calmus y Amaya, 1985; Avila, 1987). Las rocas sedimentarias del Jurásico Superior y del Cretácico Inferior afloran en la región de Cucurpe, a 80 km al norte del área estudiada (Bangin, 1977, 1982), así como en Tuape a 60 km hacia el norte (Rodríguez-Castañeda, 1984, 1986). Entre Magdalena y Cucurpe afloran secuencias de probable edad Cretácica Tardía (Bangin 1978; J. Nourse, com. pers. 1988).

Las rocas intrusivas y volcánicas del Terciario están ampliamente distribuidas alrededor del área, formando las principales sierras de la región. Las rocas intrusivas corresponden principalmente a batolitos del Cretácico Tardío-Terciario temprano (40-90 Ma) que fueron definidos por Damon y colaboradores (1983) como el Batolito de Sonora. Las rocas volcánicas están constituidas por derrames y piroclásticos de composición riolítica, andesítica y basáltica, de las cuales las más antiguas pueden ser contemporáneas con los batolitos más antiguos (Boldán, 1988).

Las rocas clásticas del Terciario afloran a lo largo de los valles de orientación casi norte-sur, rellenando las fosas tectónicas formadas desde el Mioceno por la deformación regional de "Basin and Range".

Local

Dentro del área estudiada afloran secuencias gruesas de rocas sedimentarias, deformadas por fallamiento y plegamiento y cubiertas discordantemente por rocas volcánicas.

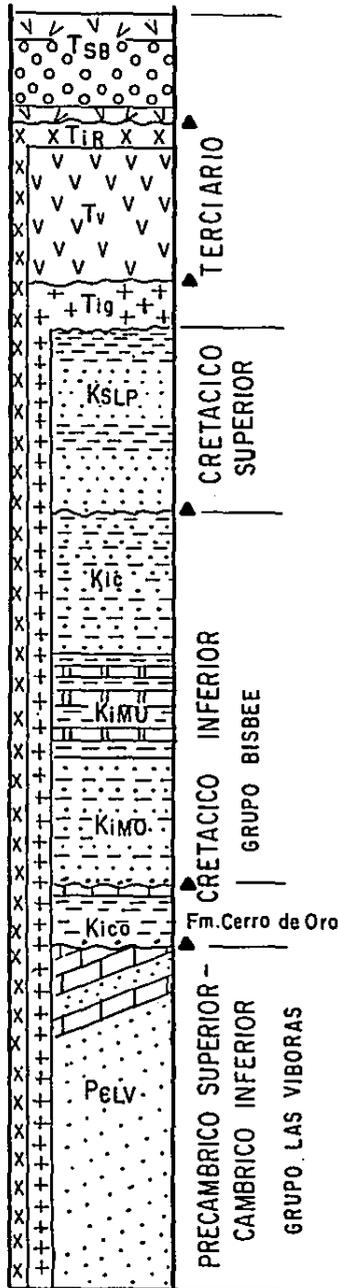
Para propósitos descriptivos y de correlación regional, las rocas sedimentarias se han dividido en seis formaciones y un grupo. La Formación Las Víboras (nombre informal) es la más antigua en el área; esta formada por espesores potentes de areniscas maduras y en su cima presenta gruesos espesores de dolomías con niveles estromatolíticos; esta cubierta discordantemente por la Formación Cerro de Oro (nombre informal), la cual a su vez subyace al Grupo Bisbee (Ransome, 1904) dentro del cual se reconocen las Formaciones Morita, Mural y Cintura (nombres formales). El Grupo Bisbee esta cubierto discordantemente por la Formación La Palma (nombre informal) que es la más joven. Las rocas ígneas intrusivas y extrusivas están distribuidas ampliamente en el área y afectan a los sedimentos anteriores. La Figura 4 es una columna estratigráfica que resume los principales eventos estratigráficos que se presentan en el área.

A continuación se menciona brevemente las características más importantes de las rocas pre y post-cretácicas así como los rasgos estructurales que las afectan, ya que las rocas cretácicas que son el objetivo principal de este estudio, se discuten en el próximo capítulo.

Formación Las Víboras (nombre informal)

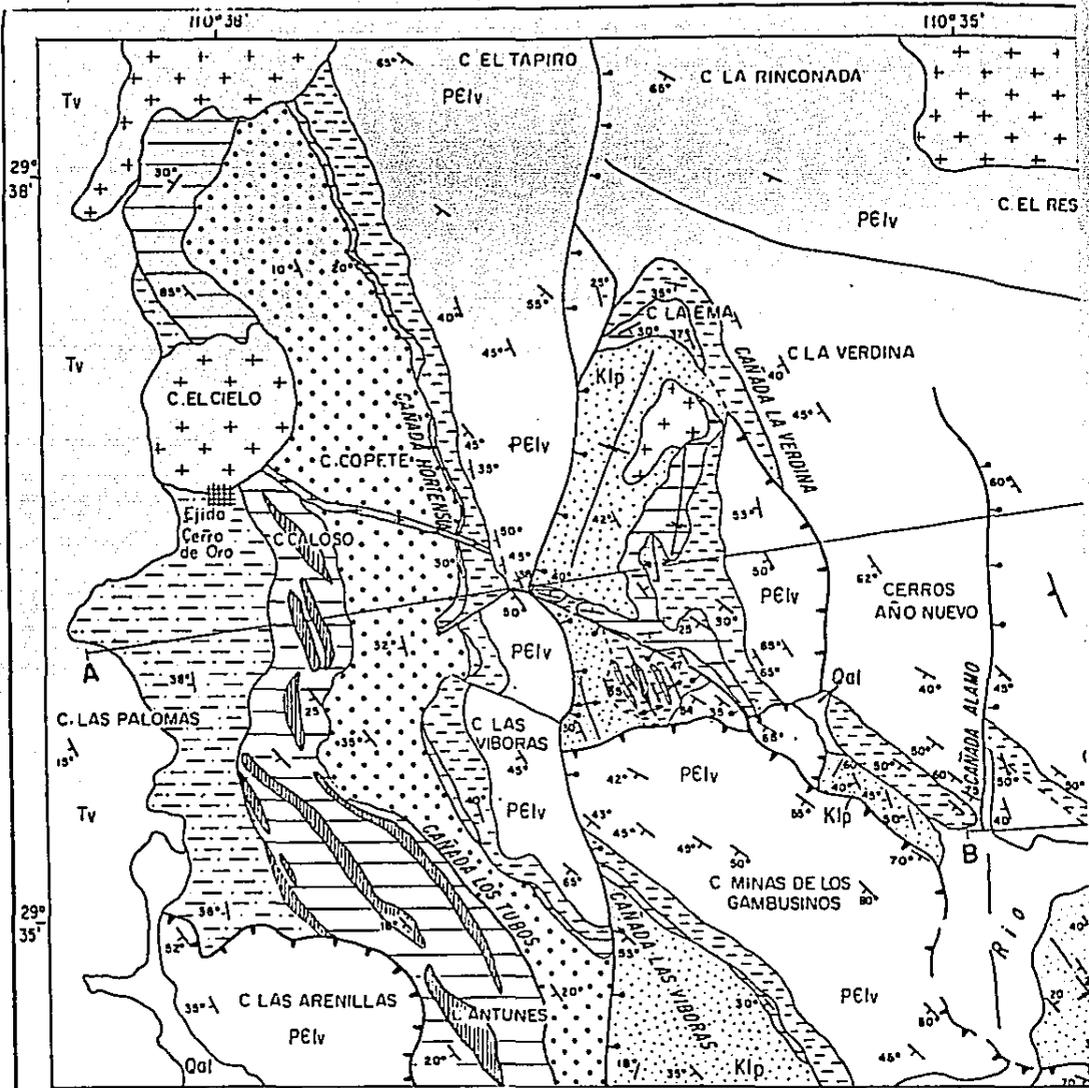
Con este nombre se designa de una manera informal a la secuencia sedimentaria más antigua, la cual abarca la mayor parte de los afloramientos del área (Figura 5). Originalmente a dicha secuencia se le adjudicó el rango de grupo (González-León, 1988, González-León y Jacques-Ayala, 1988).

LEYENDA



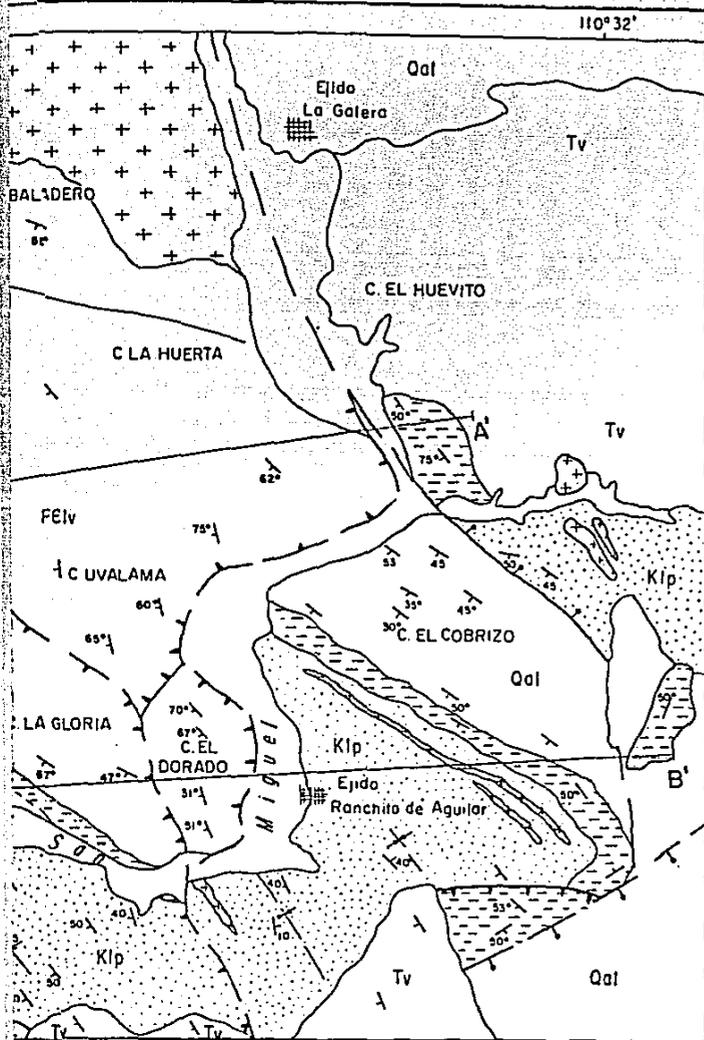
- T SB**- Formación Baucahit. Conglomerados, areniscas y limolitas de origen continental, incluye derrames basálticos y aflora en las inmediaciones del área estudiada. Edad Mioceno- Plioceno.
- TiR**- Porfido riolítico de Cerro El Cielo.
- Tv**- Derrames de andesita porfídica, aglomerados volcanicos, tobas líficas, tobas de cristales y derrames ignimbríticos.
- Tig**- Granito alcalino de composición y características texturales semejantes al Batolito El Jaralito de 51-57 ma. (Eoceno) que aflora en áreas vecinas.
- KSLP**- Formación La Palma, Lodolitas, areniscas y conglomerados, Representa depositos fluviales del Cretácico Tardío.
- Kic**- Formación Cintura, Areniscas, lodolitas y conglomerados de 260 m. de espesor.
- KIMU** Caliza Mural. (Aptiano tardío- Albiano temprano) son calizas masivas arrecifales, separadas por calizas arcillosas, areniscas de grano fino y lodolitas, Espesor variable entre 150 - 450 m.a.
- KIMO**- Formación Cintura, areniscas, lodolitas y conglomerados de mas de 289 m. de espesor.
- KICO**- Formación Cerro de Oro. (Barremiano- Aptiano temprano). Lodolitas, areniscas y calizas. En su cima un horizonte biohermal de corales, estromatopóridos y braquiópodos, 147 m. de espesor.
- PeLV**- Grupo Las Víboras. Su miembro inferior son areniscas, (cuarzarenitas o subarcosas) y su miembro superior son dolomias, dolomia estromatolítica, con intercalaciones, de areniscas. Espesor mayor de 1000 m.
- ▲- Discordancia.

Figura 4.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL AREA DE CERRO DE ORO, SONORA.



GRUPO CERRO DE ORO

→
Continua 1



LEYENDA

- Qal ALUVIONES RECIENTES
- Tv ROCAS VOLCANICAS TERCIARIAS INDIFERENCIADAS
- + + + ROCAS INTRUSIVAS TERCIARIAS INDIFERENCIADAS
- Kip FORMACION LA PALMA (CRETACICO SUPERIOR)

DISCORDANCIA

- [Symbol] FORMACION CINTURA
- [Symbol] CALIZA MURAL (Se indican los niveles biohermales con rayado vertical)
- [Symbol] FORMACION MORITA
- [Symbol] FORMACION CERRO DE ORO (Se indica el nivel carbonatado biohermal que presenta en su cima)

DISCORDANCIA

- PElv FORMACION LAS VIBORAS (PRECAMBRICO - CAMBRICO ?)

- [Symbol] PLIEGUE ANTICLINAL
- [Symbol] PLIEGUE SINCLINAL
- [Symbol] FALLA INVERSA
- [Symbol] FALLA NORMAL
- [Symbol] ESTRUCTURA O CONTACTO INFERIDO
- [Symbol] POBLADO



- [Symbol] ROCAS VOLCANICAS TERCIARIAS
- [Symbol] CUERPOS INTRUSIVOS
- [Symbol] FORMACION LA PALMA
- [Symbol] FORMACION CINTURA
- [Symbol] CALIZA MURAL
- [Symbol] FORMACION MORITA
- [Symbol] FORMACION CERRO DE ORO
- [Symbol] FORMACION LAS VIBORAS



FIGURA.-5
**MAPA GEOLOGICO DEL AREA
 DE CERRO DE ORO SONORA**

Se distinguen en esta formación un miembro inferior y un miembro superior, litológicamente transicionales. Dentro de ella se midieron tres secciones localizadas en los Cerros El Cobrizo (sección C1-C1'), Minas de Gambusinos (sección C2-C2'; Lámina 1 A) y Las Viboras (sección C3-C3') (Figuras 2 y 6). Dichas secciones representan la parte estratigráficamente más alta de la formación, mientras que su parte más baja se reconoció por medio de un caminamiento entre los cerros La Gloria-Uvalama-El Sohúí.

La sección medida en el Cerro El Cobrizo (Figura 6), alcanza 790 m de espesor y representa solamente parte del Miembro Inferior de la formación, estando aquí sobreyacido discordantemente por el Cretácico Inferior. En la sección medida en el Cerro Minas de Gambusinos se observa la transición entre ambos miembros, mientras que la sección del Cerro Las Viboras es la que muestra mejor al Miembro Superior de la formación, el cual alcanza aquí un espesor de 290 m.

El Miembro Inferior esta formado predominantemente por arenisca, y en menor proporción por lodolita y conglomerado. Composicionalmente las areniscas varían de cuarzarenitas (Lámina 1 B) a subarcosas ya sus constituyentes son cuarzo (80-100%) y feldespatos potásicos (0-20%). El Miembro Superior esta formado por dolomías de color gris y amarillo, en capas delgadas a medianas; presenta algunos niveles de dolomías arenosas con diastratificación plana (Lámina 1 C) y son abundantes las capas con laminaciones delgadas formadas por estromatolitos laminares (Lámina 1 D), mientras que en otros niveles ocurren capas formadas por estromatolitos columnares

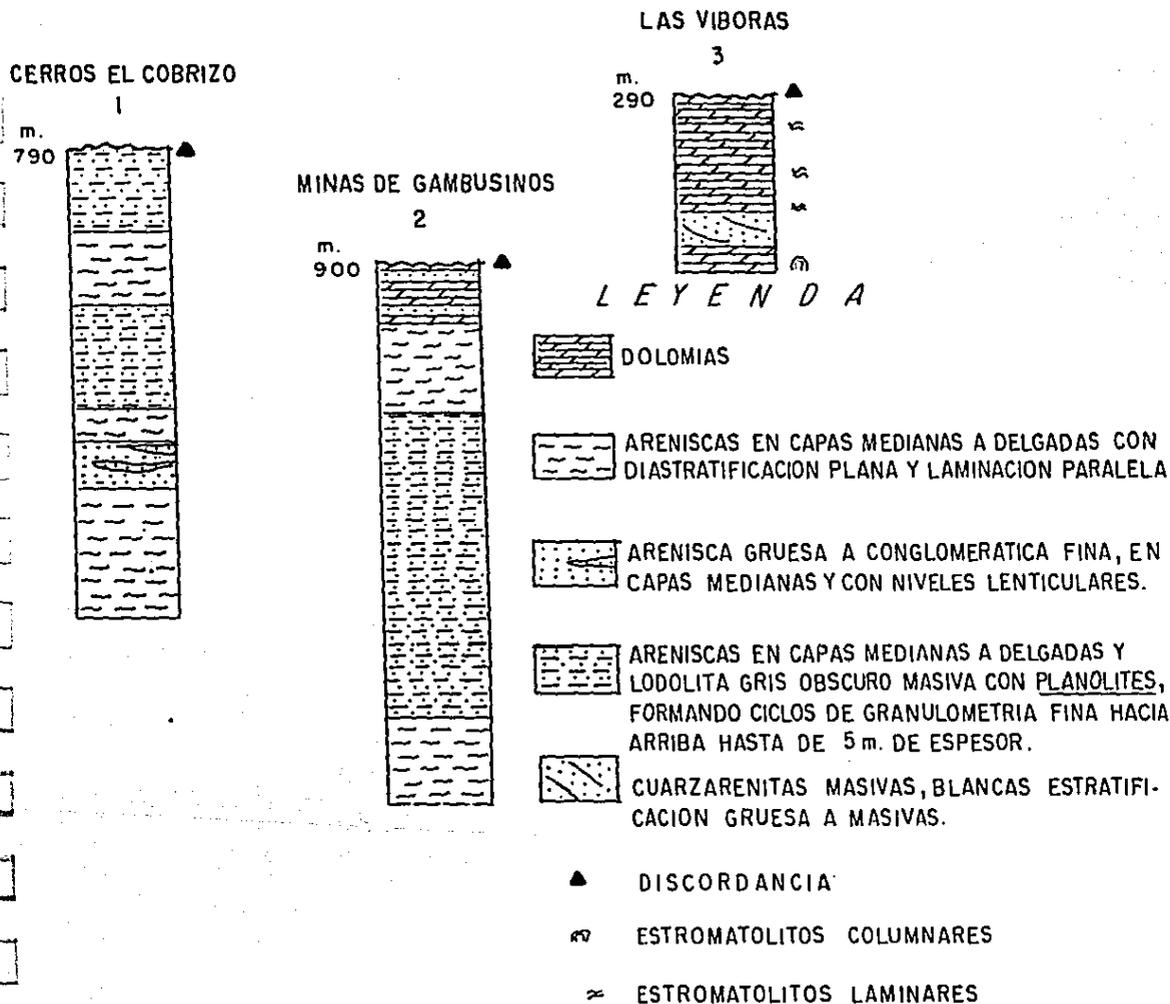


Figura 6. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LA FORMACION LAS VIBORAS EN LOS CERROS EL COBRIZO(1), MINAS DE GAMBUSINOS(2), Y LAS VIBORAS(3).

(Láminas I E y F) de hasta 30 cm de alto y algunos niveles oncolíticos. El Miembro Superior contiene intercalaciones de arenisca en capas delgadas y en horizontes de hasta 50 m de espesor.

El espesor de la Formación Las Víboras se desconoce, aunque se estima mayor a 2,000 m, pues se encuentra en contacto estructural con rocas cretácicas (Figura 5), en tanto que la cima es una superficie de erosión.

La edad de la formación no pudo establecerse objetivamente por la ausencia de fósiles diagnósticos. Dentro de las lodolitas del Miembro Inferior, son comunes las estructuras de bioturbación *Planolites*, las cuales se encuentran en sedimentos que van desde el Precámbrico al Holoceno (Chamberlain, 1978). Asimismo, el Dr. S. M. Awramik (Univ. of California, Sta. Barbara, California), analizó muestras de estromatolitos del Miembro Superior y consideró que dichas formas no presentan una morfología útil para sugerir una edad (J. H. Stewart, com. escrita, 1988). Sin embargo, recientemente, J. Cirett (com. personal, 1989) encontró trilobites bien conservadas pero aún no identificadas, en una secuencia muy parecida al Miembro Inferior de la Formación Las Víboras, la cual aflora a 50 km al sur del área estudiada.

Por su posición estratigráfica, litología y secuencia litoestratigráfica, la Formación Las Víboras se considera litocorrelacionable con las Formaciones Wood Canyon, Cuarcita Zabriskie y Carrara del Precámbrico Tardío-Cámbrico Temprano que afloran en el sureste de California y sur de

Nevada (según observaciones del Dr. J. H. Stewart, quien visitó el área en Marzo de 1988 y por consulta bibliográfica del autor -Stewart, 1970), así como con las Formaciones Puerto Blanco, Cuarcita Proovedora, Buelna, Cerro Prieto y Arrojos de la región de Caborca, las cuales son correlacionables con las anteriormente mencionadas (Stewart, y col., 1984). En base a este criterio, se infiere una probable edad Precámbrica Tardía-Cámbrica Temprana para la Formación Las Víboras.

Rocas Igneas

En el área estudiada aparecen afloramientos de rocas ígneas intrusivas y extrusivas. Las primeras se presentan como troncos, probablemente asociados a otros cuerpos de dimensiones regionales y como diques orientados en varias direcciones y de diferente composición. Las rocas extrusivas son derrames volcánicos y depósitos piroclásticos, dentro de los cuales se diferencian varios eventos.

El cuerpo intrusivo más antiguo corresponde a un granito alcalino (J. Roldán, com. pers., 1988) el cual se extiende desde la parte norte del área (Figura 5), al occidente del Ejido La Galera, hasta el poblado de Rayón (10 km hacia el norte) y se continúa hasta Opodepe unos 30 km hacia el norte. Es de color rosado a blanco grisáceo, de textura porfídica. Su composición y características texturales lo hacen semejante al Batolito El Jaralito (J. Roldán, com. personal, 1988) que aflora en la Sierra de Aconchi, 30 km al oriente del área. Leon y Miller (1981) determinaron una edad

radiométrica K-Ar de 55 Ma para este intrusivo en el Cerro El Creston, al occidente de Opodepe, mientras que Roldán (1988) asigna una edad de 51-57 Ma para el Batolito El Jaralito.

En la parte occidental del área se presenta un dique fácilmente cartografiable de 5 a 20 m de espesor, y de más de 1 km de longitud (Figura 5), que corresponde a un granito porfídico de muscovita. Se considera de edad mas jóvenes que el granito alcalino, ya que en la Sierra de Aconchi este tipo de diques cortan al Batolito El Jaralito (J. Roldán, com. personal, 1988).

Un tercer cuerpo intrusivo es el pórfido riolítico del Cerro El Cielo, al occidente del área, al cual Radelli (1986) considera como un domo riolítico. Es posterior a la secuencia volcánica del área ya que la intrusión. Contiene fenocristales de cuarzo de forma regular, escasa ortoclasa y clorita que probablemente se formó a partir de muscovita; su matriz forma aproximadamente el 80 % del volumen y es de cuarzo, feldespato y sericita de grano fino (J. Roldán, com. personal, 1988). Este intrusivo pudiera tener una relación genética con el granito porfídico de muscovita ya que ambos están en contacto en el Cerro El Cielo, pero la naturaleza de este contacto no es clara debido a la fuerte oxidación y alteración que existe en dicha zona. Presenta otros afloramientos dentro del área en forma de pequeños apófisis.

Otros cuerpos intrusivos corresponden a una serie de diques que afloran en toda el área cortando a las unidades

sedimentarias y cuya relación con las rocas intrusivas anteriores no fue posible determinar. Entre estos se tienen a diques de color blanco, de textura afanítica, muy alterados a cuarzo-sericita que generalmente tienen una orientación NW-SE y a diques dacíticos y andesíticos, muy alterados con orientación casi E-W. Al parecer son anteriores a las rocas volcánicas ya que no se observaron intrusionándolas.

Las rocas volcánicas sobreyacen discordantemente al granito alcalino por lo que deben ser de edad Eoceno tardío a post-eocénica. En el Cerro Las Palomas, en el límite occidental del área, la secuencia volcánica puede dividirse en tres paquetes litológicos. El paquete inferior lo forman derrames de andesita porfídica con fenocristales de hornblenda y plagioclasa que alcanzan un espesor de 40 a 60 m y descansan en discordancia angular sobre los sedimentos del Cretácico Temprano. El paquete intermedio, de espesor entre 250 y 350 m, consiste de intercalaciones de aglomerados volcánicos de composición andesítica, tobas líticas andesíticas, tobas de cristales y algunos "horizontes" ignimbríticos. El paquete superior lo forman derrames de andesita basáltica con intercalaciones gruesas de aglomerados andesíticos, siendo su espesor de 180 m. Las rocas volcánicas anteriores están cortadas por el pórfido riolítico del Cerro El Cielo.

En la parte oriental del área y también hacia la parte occidental, fuera de los límites de este trabajo, afloran las rocas volcánicas más jóvenes que son derrames basálticos, en posición casi horizontal, interestratificados con

conglomerados y arenisca de la Formación Báucarit.

Estructuras del área

Las rocas del área estudiada presentan una deformación de cabalgaduras, pliegues y fallas normales. Aunque las trazas de las fallas son muy difícil de observar en el campo debido a que casi siempre los contactos están cubiertos por derrumbes o regolita, su posición se ha trazado a los lugares donde aparecen relaciones anormales entre las diferentes unidades.

Dentro de las rocas del basamento del área estudiada (i.e. Formación Las Víboras) no se han identificado estructuras que pudieran asignarse a algún evento tectónico anterior al depósito de los sedimentos cretácicos. Entre ambas secuencias se tiene una superficie de discordancia erosional, debajo de la cual se encuentra la Formación Las Víboras que presenta una diferencia no mayor de 10 a 20° en sus echados, con respecto al Cretácico Inferior.

Las estructuras mayores del área corresponden a cabalgamientos y pliegues, asociados a una fase de deformación compresiva; dichas estructuras presentan una dirección NNW y una vergencia hacia el NE. Las fallas de cabalgamiento superponen a la Formación Las Víboras sobre las rocas cretácicas (Figura 5) y se consideran estructuras de bajo ángulo cuyo transporte tectónico es difícil de cuantificar en este trabajo. Al parecer, el cabalgamiento más importante es aquel cuya traza sigue el curso del Río San Miguel dentro de

esta área, y el cual pone en contacto a la Formación Las Víboras con las unidades cretácicas. Del mismo modo, la Formación Las Víboras que aflora en el Cerro Minas de Gambusinos, se superpone a sí misma y a las Formaciones La Palma y Cerro de Oro a lo largo de la Cañada La Verdina y en su parte norte; otra estructura que se considera fué originalmente un cabalgamiento importante, aunque ahora expresada como falla normal, es la que atravieza el área en dirección N-S pasando por la Cañada Las Víboras. El cabalgamiento más claro y mejor expuesto es el que ocurre entre los Cerros Antunes y Las Arenillas, superponiéndose allí la Formación Las Víboras en la Caliza Mural y Formación Cintura (Figura 5). El plegamiento es escaso, de tipo isópaco y de radio de curvatura amplio; se presenta en la parte central del área, afectando a los sedimentos cretácicos.

Dicho evento de deformación compresiva ocurrió posteriormente al depósito de la Formación La Palma cuya edad se considera Cretácica, post Albiana media. Se tiene así la posibilidad de que ésta deformación corresponda al evento mesocretácico propuesto por Rangin (1986), o a la orogenia Laramide del Cretácico Tardío-Terciario temprano.

El fallamiento normal presenta rumbo casi norte-sur (Figura 5) y es posterior al evento magmático granítico de edad eocénica, así como al depósito de las rocas volcánicas a las cuales afecta. Se piensa que está asociado a la fase de deformación extensional que empezó durante el Mioceno y que en Sonora formó la provincia de Sierras y Valles Paralelos.

CAPITULO III

ESTRATIGRAFIA CRETACICA

A continuación se describen las unidades litoestratigráficas cretácicas anteriormente mencionadas y se discute su edad y correlación con otras secuencias del Cretácico reportadas del norte, noroeste y centro-oriente de Sonora.

Formación Cerro de Oro (nombre informal)

Esta unidad que es la más antigua del Cretácico del área, fue nombrada primeramente y descrita de una manera muy general por González-León (1988); en este trabajo se presenta su descripción de una manera detallada. Sobreyace en leve discordancia angular ya sea al Miembro Inferior o al Miembro Superior de la Formación Las Víboras presentandose dicho contacto mejor expuesto a lo largo de la Cañada Hortensia, en el flanco occidental del Cerro Las Víboras a lo largo de la Cañada Los Tubos, en la Cañada Las Víboras y en el flanco occidental del Cerro El Cobrizo (Figura 5).

La Formación Cerro de Oro aflora entre los Cerros La

Verdina y Las Víboras formando las partes bajas y mostrando una deformación bastante pronunciada. En la parte sur de los Cerros Año Nuevo y en la porción occidental del Cerro La Gloria aflora un delgado espesor, el cual esta bastante cubierto. Sus mejores exposiciones se tienen en el flanco occidental del Cerro El Cobrizo y en el flanco occidental del Cerro Las Víboras (secuencia de la Cañada Los Tubos), siendo estas secciones las que a continuación se reportan. En este último lugar se encontró la sección mas completa, la cual esta sobreyacida por el Grupo Bisbee, mientras que en la sección del Cerro El Cobrizo el Grupo Bisbee esta ausente, sobreyaciéndole discordantemente la Formación La Palma (Figura 5).

Secuencia del Cerro El Cobrizo

Esta secuencia se midió a lo largo de la sección C4-C4' (Figura 2). Allí, la formación Cerro de Oro presenta un espesor de 105 m (Figura 7), siendo un paquete distintivo en el campo por los colores verde y café amarillento de su litología, y porque tiende a formar partes topográficamente bajas que son aprovechadas como cañadas por los cursos de agua. La litología de los paquetes numerados de la columna estratigráfica de la Figura 7 se describe a continuación.

Unidad	L I T O L O G I A	Espesor en Metros Por Unidad Acumulado
--------	-------------------	--

BASE

1. Conglomerado masivo, pero a veces se

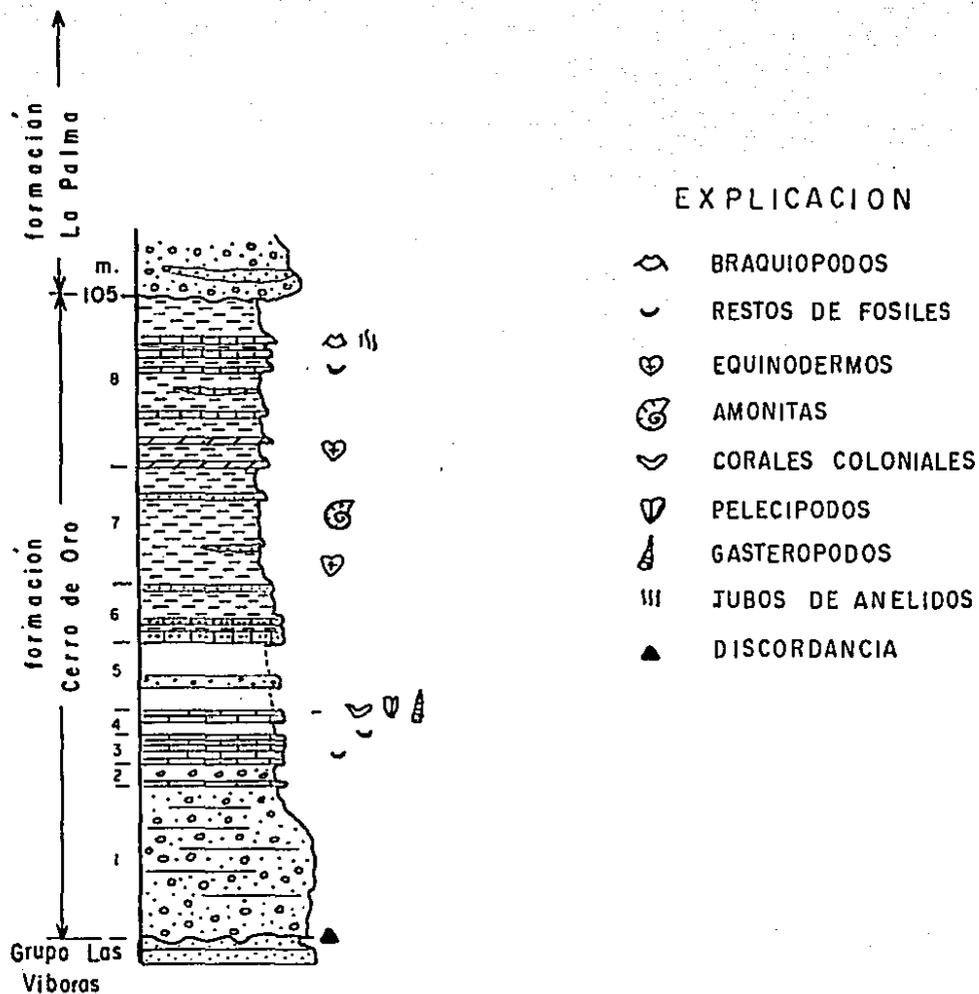


Figura 7.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION CERRO DE ORO, EN EL FLANCO OCCIDENTAL DEL CERRO EL COBRIZO. AREA DE CERRO DE ORO, SONORA.

- distinguen localmente planos de estratificación mal desarrollados. Los cantos están mal clasificados y varían de subredondeados a subangulosos y se presentan en una matriz de tamaño de arena gruesa a matatena, de color rojizo a café amarillento. Los cantos generalmente no alcanzan tamaños mayores de 25 cm de diámetro, siendo el tamaño predominante de aproximadamente 10 cm y su composición es de arenisca (60%) y dolomía (40%) provenientes de la Formación Las Viboras. En contacto abrupto regular con..... 25 25
2. Caliza de color café rojizo. Es arenosa con restos de ostreas, en capas de 10 a 30 cm de espesor que se presentan en la base de la unidad formando un nivel de 1 m de espesor. Sobreyace conglomerados semejantes a los del paquete inferior, aunque de tamaño de grano mas fino (cantos de menos de 10 cm de diámetro). En contacto abrupto regular con..... 3 28
3. Caliza de color café rojizo, en capas bien desarrolladas de 10 a 50 cm de espesor. Contiene abundantes restos de ostreas algo silicificadas. Localmente ocurren lentes de arenisca conglomerática de espesor delgado. En contacto cubierto con..... 5 33
4. Caliza muy arenosa de color gris claro, en capas de 10 a 20 cm de espesor. Algunas

capas son de coquinas de pelecípodos los cuales estan en moldes internos bien conservados; la mayoría presenta sus dos valvas unidas. También se tienen abundantes masas redondeadas de corales coloniales con diámetros máximos de 10 cm, escasos gasterópodos y braquiópodos, todos bien conservados. Lateralmente este nivel pasa a capas delgadas de caliza micrítica con abundantes estructuras de bioturbación, y capas de caliza con abundantes restos de fósiles. Su espesor alcanza hasta 10 m. En contacto cubierto con.....

4

37 :

5. Arenisca de color gris claro, de grano grueso a conglomératica con abundantes fragmentos de arenisca de tamaño matatena; ocurre como una capa masiva de 2 m de espesor, mal consolidada y su máxima extensión lateral observada es de 15 a 20 m, por lo que pudiera tratarse de un cuerpo lenticular. Aflora en la parte media de la unidad ya que debajo y encima de ella se presentan intervalos cubiertos de 3 y 5 m de espesor, respectivamente.....

10

47

6. Arenisca calcárea, caliza arenosa y lodolita intercaladas. La primera se presenta en la base de la unidad, en capas bien desarrolla-

das de menos de 20 cm de espesor; son de color café amarillento y con abundantes estructuras de bioturbación, así como restos de pelecípodos (ostreas entre otros). La caliza arenosa, de color gris se presenta como capas de espesor muy delgado dentro de las lodolitas que son de color amarillento.

En contacto transicional con..... 10 57

7. Lodolita de color gris a verde, generalmente en forma masiva con intercalaciones locales de limolita en capas muy delgadas (menores de 10 cm) y escasa arenisca de grano muy fino en capas a lentes muy delgados. Se colectaron fragmentos de amonitas con buena conservación y equinodermos mal conservados. En contacto transicional con.....

20 77

8. Caliza ligeramente dolomitizada, en capas medianas, de color café amarillento, con restos de pelecípodos; contiene interestratificaciones de lodolita gris masiva con estratos laminares locales. Hacia arriba se presentan lodolitas, calizas y escasas areniscas calcáreas interestratificadas; las primeras varían de colores café a amarillento y gris, y se presentan en capas masivas a laminares. Las calizas son generalmente arcillosas, se presentan en colores café y gris y en capas de menos de 10 cm de espe-

sor; contienen abundantes tubos de gusanos, ostreas pequeñas y braquiópodos. En contacto discordante con la Formación La Palma..... 28 105

Secuencia de la Cañada Los Tubos

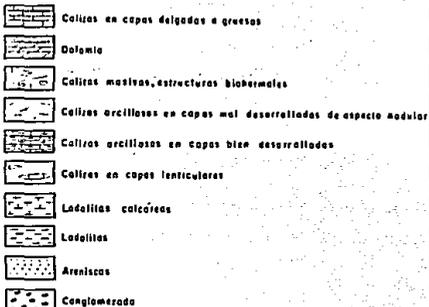
En este lugar, la Formación Cerro de Oro aflora en una franja amplia continua orientada hacia el norte (Figura 5), que atraviesa gran parte del área. El espesor de la Formación Cerro de Oro medida en este lugar sobre la sección C5-C5' (Figura 2), alcanza los 147 m. La secuencia aquí es más completa que la del Cerro El Cobrizo descrita en el apartado anterior.

Sobreyace discordantemente a las dolomías de la Formación Las Víboras en el flanco occidental del Cerro Las Víboras, mientras que al norte de la Cañada Hortensia sobreyace en discordancia a las areniscas de dicha formación. La Formación Cerro de Oro, a su vez, está cubierta con discordancia paralela por la Formación Morita (Figura 8).

Forma rasgos topográficos bajos y su color verde y café rojizo amarillento es distintivo. Su cima la forma un horizonte biohermal de corales y braquiópodos, fácilmente cartografiable y el cual se presenta solamente en la parte oriental del área (Figura 5).

El contacto entre las Formaciones Cerro de Oro y Las Víboras se encuentra generalmente cubierto; solo se observan rodados de conglomerado muy semejante a los que se presentan en la base de esta misma formación en el Cerro El Cobrizo.

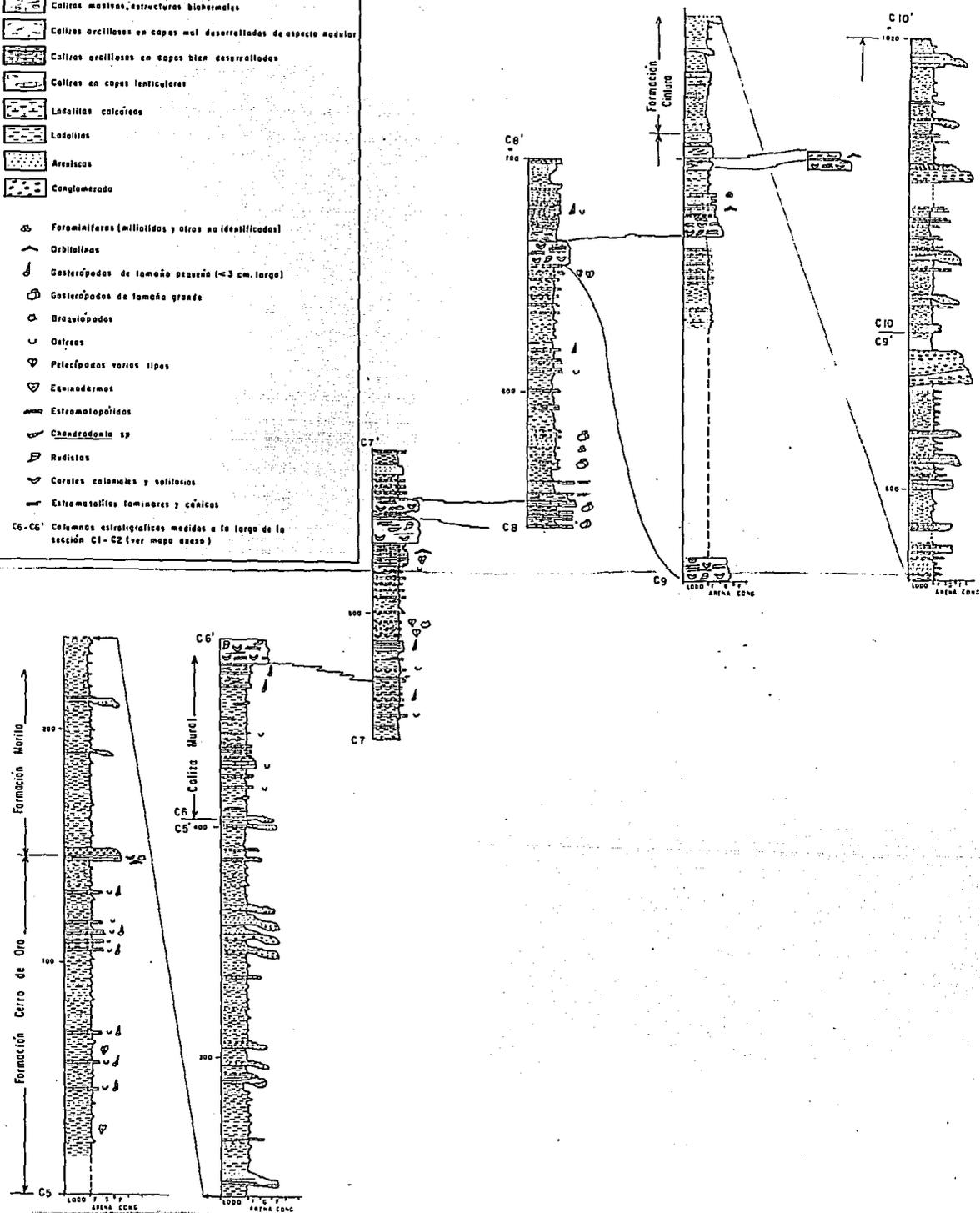
L E Y E N D A



- [Symbol] Foraminíferos (milolíticos y otros no identificados)
- [Symbol] Orbitolinas
- [Symbol] Gasterópodos de tamaño pequeño (<3 cm. largo)
- [Symbol] Gasterópodos de tamaño grande
- [Symbol] Braquiópodos
- [Symbol] Ostreas
- [Symbol] Pelecípodos varios tipos
- [Symbol] Equiadermas
- [Symbol] Estromatolitos
- [Symbol] *Chondrodonta* sp
- [Symbol] Rudistas
- [Symbol] Corales coloniales y solitarios
- [Symbol] Estromatolitos laminares y calcáicos

C6-C6' Columnas estratigráficas medidas a lo largo de la sección C1-C2 (ver mapa anexo)

Figura 8.- COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA COMPUESTA DEL CRETACICO INFERIOR, AREA DE CERRO DE ORO, SONORA.



Hacia arriba, la secuencia esta dominada por la presencia de lutitas de colores café rojizo a amarillento y verde, en paquetes masivos de 3 a 6 m, separadas por capas muy delgadas de limolita y arenisca de grano muy fino y escasos horizontes de caliza arcillosa. La lutita contiene escasos equinodermos mal preservados, mientras que en la caliza arcillosa se encuentran restos de ostreas, moldes internos de trigonias y gasterópodos pequeños mal conservados. Hacia los 50 m superiores de la formación, los niveles de caliza arcillosa son más abundantes, presentándose en capas menores de 30 cm de espesor, aunque algunas alcanzan hasta 2 m; son de color café amarillento y contiene abundantes restos de ostreas y gasterópodos mal conservados y abundantes perforaciones de gusanos. La formación termina con un horizonte de caliza masiva (Lámina 2 A y Figura 8) formado por una serie de arrecifes de parche de 5 a 10 m de altura y 50 a 100 m de longitud. Estas estructuras arrecifales estan formadas por "boundstone" (Lámina 2 B) de corales coloniales (Lamina 2 C), estromatopóridos? y abundantes braquiópodos, que lateralmente y hacia la cima pasa a caliza estratificada con abundantes orbitolinas, otros foráminiferos y gasterópodos de tamaño grande.

Edad

El contenido fosilífero de la Formación Cerro de Oro indica una edad Barremiano tardío-Aptiano temprano.

De la parte inferior de la formación se colectaron varias especies de trigonias afines a *T. mearnsi* (Lámina

3 A), *T. guildi* y *T. resoluta*, así como *T. stolleyi* (Lámina 3 B). Se identificaron también *T. cragini* (Lámina 3 C) y *T. kitchini*. Se identificaron otros pelecípodos como *Aeostreon quitmanensis*, *Lucina kelumi*, *Tapes gabbi*, ? *Indotrignonia* sp., ? *Pterotrignonia* sp., *Cucullea gabrielis fraterna*, y el gasterópodo *Ampullina* sp (Dra. Gloria Alencaster, com. escrita, 1988) De la parte media de la formación se colectaron ejemplares de amonitas del género ? *Deshayesites* sp. (Lámina 3, D y E) y el pelecípodo *Ctenostreon cummingsi* Stanton (Dr. Robert W. Scott, com. escrita, 1988) (Lámina 3 F).

Del nivel biohermal que ocupa la cima de esta unidad se determinaron los braquiópodos *Gemmarcula arizonensis* Cooper, y *Waconella* sp. (Dr. Ellis Owen, com. escrita, 1988) el coral colonial *Callamophyllia* sp. y los foraminíferos *Nummuloculina* sp. y *Pseudocyclamina* sp. (Lámina 2 D). De varias muestras de la parte superior de esta formación, se logró un corte del aparato embrionario de una especie muy similar a *Palorbitolina lenticularis* Blumenbach (Dr. R. W. Scott, com. escrita, 1988) (Lámina 2 E), cuyo rango de edad es Barremiano tardío-Aptiano temprano. *Gemmarcula arizonensis* ha sido también reportada de la Caliza Mural del sureste de Arizona, por Cooper (1955) y Owens (1981).

Correlación

La Formación Cerro de Oro se considera correlacionable

con la Formación El Aliso (González-León, en prensa), de edad Barremiano tardío-Aptiano temprano (Scott y González-León, 1988), que aflora en la base de la secuencia cretácica de la región de Lampazos en el centro oriente de Sonora (Figura 9). Del mismo modo, por su posición estratigráfica, se considera cronocorrelacionable con la parte superior del Conglomerado Glance y parte inferior de la Formación Morita que afloran en las localidades de Sierra Azul (Rangin, 1986) y Sierra Anibacachi (Taliaferro, 1933; Rangin, 1982) en la parte norte de Sonora (Figura 10).

Grupo Bisbee (nombre formal)

El Grupo Bisbee (Ransome, 1904; Stoyanow, 1949) está formado de la base a la cima por las unidades Conglomerado Glance, Formaciones Morita, Caliza Mural y Cintura, de acuerdo con la descripción original en el sureste de Arizona (Ransome, 1904). En el norte de Sonora, este grupo fué reconocido por Taliaferro (1933) en la Sierra Anibacachi, por González-León (1978) en el área de Arizpe, por Rangin (1986) en la Sierra Azul y por Navarro (1988) en Cerro Los Pimas. En el área estudiada ha sido posible reconocer a las Formaciones Morita, Caliza Mural y Cintura del Grupo Bisbee que afloran ampliamente en el norte de Sonora, gracias a su arreglo litológico y litoestratigráfico típico y a sus fósiles característicos (como en el caso de la Mural). Los afloramientos de este grupo dentro del área estudiada se restringen a su parte occidental.

El límite entre la Formación Cerro de Oro y el Grupo

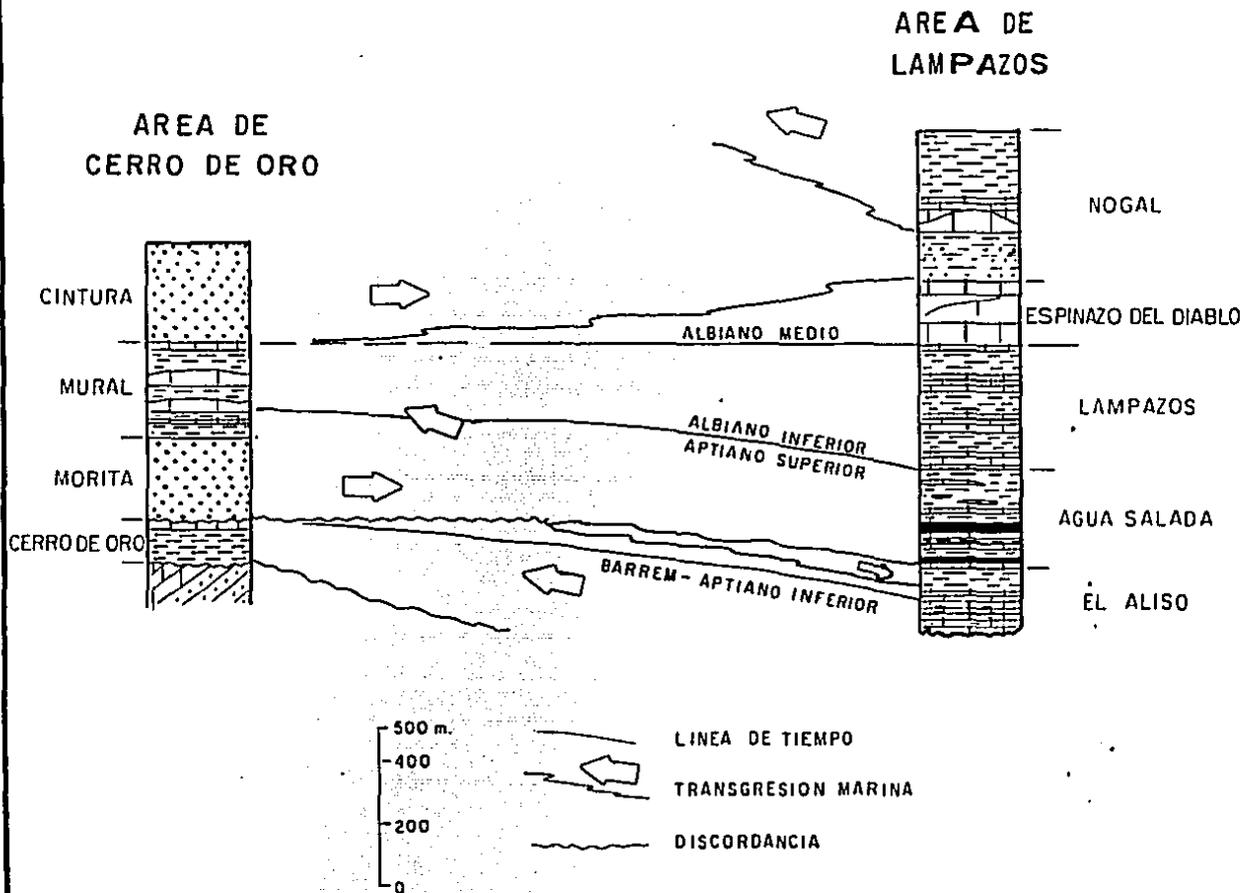


Figura 9- COLUMNAS DE CORRELACION ENTRE LAS AREAS DE LAMPAZOS Y CERRO DE ORO, SONORA.

Bisbee se considera una discordancia erosional paralela, mientras que el limite entre las demás formaciones de dicho grupo es transicional. La cima del grupo se encuentra cubierta discordantemente por rocas volcanicas terciarias en la parte occidental del área estudiada.

A continuación se describen cada una de las unidades que forman al Grupo Bisbee en esta área.

Formación Morita (nombre formal)

La Formación Morita (Ransome, 1904), aflora solamente en la parte oriental del área estudiada a lo largo de una franja orientada hacia el NNW, formando el Cerro Copete.

En el norte su área de afloramiento esta truncado por el intrusivo granítico del Cerro Los Hornitos, y en el sureste se presenta un contacto por falla con la Formación La Palma. Generalmente sus afloramientos son pobres por sus rocas fácilmente erosionables que forman depresiones cubiertas por regolita o suelo. Alcanza un espesor de 260 m, el cual fue medido a lo largo de pequeñas cañadas (Línea de sección C5-C5'; Figuras 2 y 8).

La Formación Morita sobreyace con discordancia paralela la formación Cerro de Oro, pues erosiona en varios lugares al horizonte biohermal y calizas fosilíferas que esta última formación presenta en su cima. Además, presenta en su base un conglomerado de pocos metros de espesor que aflora en toda el área el cual se describe mas abajo. Su contacto superior es transicional con la Caliza Mural.

En su base contiene un conglomerado masivo de 3 a 5 m de

espesor, de cantos bien redondeados aunque mal clasificados; están constituidos de arenisca (70%), que puede reconocerse como proveniente de la Formación Las Víboras, de calizas paleozoicas y en menor proporción contiene cantos derivados de la Formación Cerro de Oro. Los cantos presentan tamaños máximos de 15 cm de diámetro y están incluidos en una matriz arenosa y de granulos.

Encima del conglomerado, la formación está constituida por lutita, limolita, arenisca y escasos lentes de conglomerado fino que forman secuencias de granulometria fina hacia arriba. Estas secuencias varían en espesor de 3 a 10 m y raramente llegan a alcanzar mas de 40 m.

Generalmente la base de dichas secuencias la forma un conglomerado lenticular masivo (algunos cuerpos observados alcanzan una decena de metros de longitud y un espesor entre 1 y 3 m) de cantos redondeados y mal clasificados de cuarza-renitas (90%), dolomitas, calizas y escasos fragmentos de rocas intrusivas; el tamaño máximo observado en los cantos es 15 cm, aunque en promedio varían de 5 a 10 cm. Los cantos presentan alineamiento paralelo y estratificación graduada, y están incluidos en una matriz arenosa y conglomerática fina. La base de las secuencias es erosiva sobre las rocas subyacentes.

Sobre el conglomerado basal de la secuencia de grano fino hacia arriba, se desarrollan capas de arenisca gris en estratos delgados a medianos que alcanzan hasta 5 m de espesor y presentan una graduación de arenas de grano grueso en la base a grano fino en la cima, disminuyendo así mismo

hacia arriba el espesor de las capas; las capas inferiores del paquete de arenisca presentan generalmente, diastratificación plana acuñada de pequeña escala y bajo ángulo, mientras que las de la parte superior contienen laminación paralela y, en algunos horizontes diastratificación de pequeña escala. La lutita o lodolita sobreyace al paquete de arenisca y generalmente es de color morado aunque hay también en colores gris, verde y café amarillento; ocurre en afloramientos masivos con espesores entre 1 y 5 m, aún cuando se encuentre en paquetes de hasta 40 m de espesor. En este último caso, contiene escasas intercalaciones de capas de limolita en espesores menores de 20 cm y, con menos frecuencia, se presentan capas de menos de 30 cm de espesor de arenisca de grano fino a mediano, de color gris a blanco, las cuales lateralmente y dentro de distancias de unas cuantas decenas de metros, se engruesan hasta alcanzar 1 a 2 m de espesor para desarrollar una nueva secuencia de grano fino hacia arriba.

La cima de la Formación Morita se considera la parte superior de la última capa de arenisca que muestra las características mencionadas anteriormente y la cual subyace a las lutitas de color café amarillento que contienen lentes de caliza con ostreas las cuales se asignan a la Caliza Mural.

Edad

Esta unidad no contiene fósiles que permitan determinar su edad de una manera precisa. Sin embargo, por su posición

estratigráfica entre la Formación Cerro de Oro del Barremiano-Aptiano temprano y la Caliza Mural cuya parte más inferior se considera del Aptiano más tardío, se interpreta que la edad de la Formación Morita debe alcanzar al Aptiano más temprano en sus niveles inferiores, mientras que hacia su cima deberá presentar una edad de Aptiano tardío temprano.

Correlación

Por su posición estratigráfica, se considera a la Formación Morita correlacionable con la Formación Agua Salada, la cual sobreyace a la Formación El Aliso en la región de Lampazos (Scott y González-León, 1988) (Figura 9). Es correlacionable también con la Formación Morita que aflora en la parte norte del Estado (áreas de Sierra Anibacahi, Arizpe donde se le llama informalmente Formación Temporales, Sierra Azul y Cerro Los Pimas) y con la parte inferior de la Formación Arroyo Sásabe (Jacques y Potter, 1987) que aflora en la Sierra El Chanate en el noroeste de Sonora (Figura 10).

Caliza Mural (nombre formal)

La Caliza Mural (Ransome, 1904) aflora en la parte occidental del área, teniendo sus capas un rumbo hacia el NNW e inclinación leve hacia el SW. Sobreyace transicionalmente a la Formación Morita y subyace en contacto transicional a la Formación Cintura. Sus afloramientos son distintivos ya que está constituida por capas masivas de caliza gris fosilífera (Lámina 4 A y B) que se adelgazan lateralmente y forman crestones. Los niveles de caliza masiva

Figura 1a.- COLUMNAS DE CORRELACION REGIONAL DEL GRUPO BISBEE Y EQUIVALENTES EN EL NORTE DE SONORA.

SIERRA EL CHANATE
(Jacques y Potter, 1987)



LEYENDA

- LODOLITAS Y LUTITAS
- ARENISCAS
- CALIZAS
- CALIZAS MASIVAS Y ESTRUCTURAS BIOHERMALES
- CONGLOMERADOS
- ROCAS VOLCANICAS

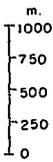
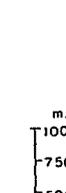
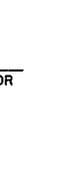
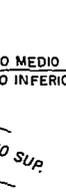
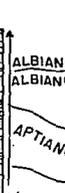
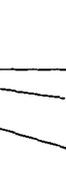
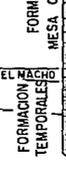
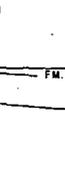
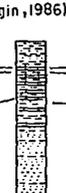
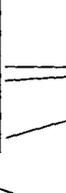
ARIZPE
(Gonzalez, 1978)

SANTA ANA
(Cerro Los Pimos)
(Navarro, 1988)

CERRO DE ORO
(Este Trabajo)

SIERRA AZUL
(Rangin, 1986)

SIERRA ANIBACACHI
(Rangin, 1982)



ROCAS JURASICAS

CONGLOMERADO GLANCE

GRUPO BISBEE

ALBIANO MEDIO
ALBIANO INFERIOR

APTIANO SUP.

APTIANO INF.

están separadas por paquetes de sedimentos finos de caliza arcillosa, lodolita y arenisca de grano fino, de colores claros que ocupan depresiones topográficas suaves entre los crestones. Esta unidad muestra un adelgazamiento dentro del área, pasando de un espesor de aproximadamente 450 m en el Cerro Antunes, en el sur, a 150 m en el Cerro Caloso, en el norte. Debido a que esta formación no presenta afloramientos continuos, favorables para su observación detallada, y con el fin de tener una columna estratigráfica representativa, se midieron las secciones C6-C6', C7-C7', C8-C8' y parte de la C9-C9' (Figura 2). A continuación se describe la sección C6-C6' levantada en el flanco oriental del Cerro El Caloso y en ella puede observarse el cambio transicional de la Formación Morita a la Caliza Mural (Figura 8). De la base a la cima presenta los siguientes paquetes que son transicionales entre sí.

Unidad	L I T O L O G I A	Espesor en Metros Por Unidad Acumulado
1. Lodolita masiva de color café y café amarillento con intercalaciones de capas y lentes de menos de 50 cm de espesor de coquina de ostreas. Hacia la base las lodolitas tienden a presentar un color morado.....		20 20
2. Caliza en capas medianas a gruesas. En la base, las capas presentan un espesor máximo de 80 cm el cual decrece hacia arriba. La caliza		

	está parcialmente dolomitizada aumentando dicha dolomitización hacia la cima de la unidad. La capa inferior es un <i>grainstone</i> de bioclásticos del tamaño de la arena gruesa y hacia la cima pasan a <i>wackestone-packstone</i>	5	25
3	<i>Mudstone</i> arcillosa a arenosa, de color café claro en capas menores de 20 cm de espesor, con intercalaciones delgadas de lodolita. Algunos niveles contienen restos de ostreas y a veces presentan apariencia nodular en los niveles mas arcillosos.....	10	35
4	Lodolita masiva de color café amarillento y gris oscuro con algunas intercalaciones de lentes delgadas de caliza y algunas capas de limolita en espesores de menos de 20 cm.....	20	55.
5	<i>Mudstone-wackestone</i> arcillosa a arenosa, de color café amarillento, en capas delgadas a medianas localmente lenticulares. Algunos horizontes presentan diastratificación cruzada. Contiene abundantes gasterópodos menores de 1 cm de largo localmente forman coquinas y escasas ostreas. Se presentan intercalaciones delgadas de lodolita de color café.....	10	65
6	Caliza masiva de color gris claro que forma acantilados. Constituye una estructura bio-		

hermal formada por corales coloniales entre los que se distinguen varios tipos ó formas genéricas, estromatopóridos (Lámina 2 F) y escasos rudistas. Este nivel forma un cuerpo lenticular de aproximadamente 700 m de largo que se adelgaza lateralmente al pasar a un intervalo de 3 m de espesor de caliza de color gris claro, en estratos gruesos a medianos que contienen abundantes bioclastos que van desde el tamaño de arena hasta fragmentos de estromatopóridos de 20 cm de diámetro, retrabajados, provenientes del biohermo. Lateralmente este horizonte pasa a una caliza delgada a mediana que contiene abundantes gasterópodos de tamaño grande (Figura 8). A una distancia lateral de mas de 2 km dentro de este nivel, en el Cerro Antunes, se vuelve a desarrollar otra estructura biohermal parecida a la mencionada.

Se presenta en cuerpos de..... 10 75

Sección C7-C7'. A lo largo de esta sección localizada a aproximadamente 700 m al sur de la anteriormente descrita (Figura 2), se midió la siguiente sección (Figura 8) que se describe de la base a la cima. La relación entre cada una de las unidades descritas es transicional.

Unidad	L I T O L O G I A	Espesor en Metros
		Por
		Unidad Acumulado

1. Lodolita masiva de color morado a gris con intercalaciones de limolita y arenisca de grano muy fino, en capas delgadas, y algunas intercalaciones de lentes de coquinas con ostreas..... 10 10
2. Caliza de estratificación gruesa de color gris, ligeramente dolomitizada. Es un *packstone* de fragmentos de pelecípodos e intraclastos del tamaño de la arena. Hacia arriba se tiene una caliza arcillosa de apariencia nodular, por lo que apenas muestra estratificación, y contiene en algunos horizontes abundantes gasterópodos de menos de 3 cm de longitud. Hacia la cima se tiene una coquina de ostreas de estratificación delgada bien desarrollada. Intercalada se tiene lodolita de color gris claro..... 15 25
3. *Wackestone-packstone* gruesa con abundantes gasterópodos de tamaño muy grande (hasta 15 cm de longitud) bien conservados, así como algunos pelecípodos y fragmentos de corales. Hacia arriba se presentan lodolitas grises, masivas, que contienen equinodermos bien conservados, con intercalaciones de caliza de color café amarillento en capas delgadas, algo arenosas y con fragmentos de ostreas. En la cima se presenta un intervalo de caliza de color gris claro, en capas media-

- nas de aproximadamente 5 m de espesor, algunas de las cuales forman coquinas de gasterópodos de tamaño pequeño y otras son arcillosas y contienen ostreas..... 17 42
4. Lodolita calcárea de color amarillo claro con intercalaciones de caliza arcillosa en capas delgadas que contienen ostreas bien conservadas, abundantes equinodermos, pelecípodos y escasos braquiópodos generalmente bien conservados. En la parte media de la unidad se tiene una lodolita gris, masiva con intercalaciones de limolita y arenisca de grano muy fino en capas delgadas; localmente hay lentes de caliza arcillosa con ostreas. En su cima contiene lodolitas calcáreas masivas de colores verdes a café, con intercalaciones de caliza arcillosa en capas delgadas con ostreas y una capa de espesor grueso de caliza arenosa (granos de cuarzo) y bioclástica con abundante diastratificación de pequeña escala y de bajo ángulo.... 32 74
5. Caliza de color gris, arcillosa, que en la base se presenta en capas gruesas y, en delgadas y de aspecto nodular hacia la cima; varía de *wackestone* a *packstone* de orbitolinas y restos de otros fósiles que contienen equinodermos bien conservados..... 10 82

6. Caliza masiva de color gris claro a gris oscuro, que constituye un horizonte biohermal de 10 a 15 m de espesor y de algunos cientos de metros de longitud. La parte central de esta estructura monticular es un *boundstone* de corales coloniales y estromatopóridos en su parte inferior, mientras que hacia su cima esta formado por *Chondrodonta* sp. y caprinidos. Los niveles ricos en matriz de esta estructura, contienen abundantes foraminíferos y restos de algas. Un segundo horizonte biohermal que ocurre en la cima de esta unidad, es de 5 m de espesor y presenta las mismas características que el anterior. Ambos horizontes están separados por caliza dolomitizada y dolomía de color café amarillento, en capas delgadas. Los niveles biohermales se adelgazan lateralmente pasando a calizas arcillosas con abundantes fragmentos de fósiles retrabajados y gasterópodos de tamaño grande..... 18 100
7. En la parte inferior de esta unidad se presenta caliza dolomitizada y arcillosa en capas delgadas y con lodolitas intercaladas. En la parte media, se tiene arenisca en capas delgadas con diastratificación y laminación plana paralela de pequeña escala, mientras que en la cima, se presentan lodolitas

masivas de color morado..... 22 122

Sección C8-C8'. A lo largo de esta sección localizada al sur del Cerro Caloso (Figura 2), se observó la litología siguiente, dentro de la cual se distinguen cuatro unidades transicionales entre sí (Figura 8) que a continuación se describen, de la base a la cima.

Unidad	L I T O L O G I A	Espesor en Metros Por Unidad Acumulado
--------	-------------------	--

1. Esta unidad inferior está formado por una alternancia de caliza y lodolita. En su parte inferior es una caliza arcillosa de color azul claro al intemperismo y gris claro en superficie fresca. Contiene abundantes restos fósiles: gasterópodos y moldes internos bien conservados de pelecípodos de tamaño grande y escasos equinodermos, entre otros. Ocurren algunas lentes de caliza dolomítica, de hasta 3 m de espesor y 50 m de longitud, formadas por estromatolitos laminares. Las calizas arcillosas son característicamente moteadas debido a bioturbación intensa. Hacia la parte media de la unidad predominan las lodolitas masivas de colores café claro a amarillento con intercalaciones locales de capas de menos de 10 cm de espesor de arenisca de grano muy fino y caliza arcillosa

nodular con ostreas y gasterópodos grandes bien conservados. En esta parte se presenta una capa de caliza dolomitizada, oncolítica, con abundantes foraminíferos (miliolidos entre otros). La parte superior de la unidad está formada por lodolitas de color verde y café amarillentas con escasas calizas arcillosas (*wackestones*) en capas delgadas, bioturbadas, algo dolomitizadas y con fragmentos de fósiles..... 70 70

2. En la base ocurre un nivel de 3 m de caliza en capas de espesor mediano que se clasifican como *packstone-grainstone*, de fragmentos de pelecípodos, gasterópodos, algas, intraclastos y escasos foraminíferos. Hacia arriba, la unidad está formada por lodolita masiva de colores café, verde amarillento y gris, con intercalaciones de arenisca de grano fino en capas menores de 20 cm de espesor con abundante diastratificación. Se intercalan también calizas (*mudstone-wackestone*) en capas menores de 10 cm de espesor con gasterópodos de tamaño pequeño, las cuales hacia la cima se vuelven predominantes, conteniendo además una fauna escasa de equinodermos y braquiópodos..... 55 125

3. En la base de esta unidad se presenta caliza masiva, de color gris claro, de 10 m de

espesor, la cual al extenderse lateralmente hacia la parte sur del área, puede alcanzar hasta 20 m. Hacia la parte norte, pasa a una caliza arcillosa de menos de 3 m de espesor. Este nivel representa una estructura arrecifal cuyo núcleo está formado por *boudstone* de corales coloniales, estromatopóridos y rudistas y con abundantes zonas de dolomitización. Hacia arriba pasa a una caliza de estratificación delgada de apariencia nodular, con pelecípodos y gasterópodos bien conservados y abundantes estructuras de bioturbación..... 15 140

4. Arenisca (arcosa) gris, en capas menores de 20 cm de espesor, con abundante diastratificación de cuenca y plana acuñada, de pequeña escala. Es de grano fino a medio, bien clasificada. Contiene intercalaciones de caliza arcillosa lenticular, con gasterópodos de tamaño pequeño y otros restos de fósiles.... 30 170

Sección C9-C9'. Esta sección se levantó aproximadamente a 350 m al sur de la sección C8-C8' (Figura 2) e incluye la parte superior de la Caliza Mural (Figura 6). A continuación se describen las unidades que la forman, de la base a la cima, siendo estas transicionales entre sí.

Unidad	L I T O L O G I A	Espesor en Metros
		Por Unidad Acumulado

1. En la base aflora caliza masiva de color gris claro, que constituye una estructura biohermal de corales coloniales, estromatopóridos y rudistas. Este mismo nivel es el que se presenta en la parte superior de la sección C8-C8'..... 10 10
2. Intervalo cubierto por aluvión..... 100 110
3. Lodolita masiva de color morado, con intercalaciones de areniscas de grano fino en capas de 1 a 20 cm, y caliza en capas de menos de 10 cm de espesor con abundantes gasterópodos de tamaño pequeño y otros fósiles. Sigue hacia arriba lodolita de color café amarillento con intercalaciones de caliza en capas menores de 30 cm de espesor, algunas de las cuales son *packstone* a *grainstone*, de fragmentos de pelecípodos, gasterópodos, intraclastos y granos de cuarzo; otras son arcillosas con abundantes gasterópodos de tamaño pequeño que alcanzan a formar coquinas. Los últimos 5 m se presenta cubiertos..... 40 150
4. Caliza masiva de color gris claro a gris oscuro que corresponde a un bioherma de corales coloniales, estromatopóridos?, algas y escasos caprínidos. Presenta dolomitización significativa. Esta estructura se acuña lateralmente en unos 200 a 300 m de distancia... 8 150

5. Brecha de fragmentos de caliza cuyos cantos provienen de la unidad anteriormente descrita, con intercalaciones de caliza bioclástica (*grainstone*) de grano grueso y caliza con orbitolinas en capas delgadas..... 7 165
6. En la parte inferior de la unidad se presentan lodolitas de color amarillo claro a gris claro, con intercalaciones de capas muy delgadas de arenisca de grano fino, caliza bioclástica (*grainstone*) y *wackestone* arcillosa con miliólidos. En su parte superior presenta intervalos de 3 a 5 m de espesor de caliza arcillosa en capas delgadas de color gris claro y de aspecto nodular, fuertemente bioturbadas que están separados por lodolitas verde amarillentas y capas laminares de arenisca de grano muy fino. El paquete más inferior de esta caliza arcillosa se convierte lateralmente en una estructura arrecifal de 5 m de espesor, semejante a las descritas anteriormente, la cual está cubierta por calizas arcillosas en capas delgadas, de color amarillento y con abundantes orbitolinas..... 35 200

El límite entre la Caliza Mural y la Formación Cintura es transicional y el contacto se encuentra en la cima del intervalo más superior de caliza arcillosa del paquete ante-

riormente descrito y el cual pasa a lodolitas de colores mas oscuros de la Cintura. Hacia arriba de este contacto, no se vuelve a presentar sedimentación carbonatada importante en toda la sección cretácica, a excepción de lentes locales de caliza que ocurren dentro del paquete basal de lodolita de la Formación Cintura.

Edad

La Caliza Mural contiene una abundante macrofauna de corales, estromatopóridos, rudistas, equinodermos, gasterópodos, pelecípodos y escasos braquiópodos. La microfauna esta formada por foraminíferos, principalmente miliólidos y orbitolinas; también son abundantes los fragmentos de algas.

Los 65 m basales de la Caliza Mural, se considera de edad Aptiana tardía por la presencia en ella de *Exogyra quitmanensis* Stanton (Lámina 3 G); dicha especie es común en el Miembro Inferior de la Caliza Mural del norte de Sonora, en donde se le considera de esa misma edad. De los niveles intermedios bajos de esta unidad se identificaron los pelecípodos *Exogyra texana* (Roemer), ? *Trigonia emoryi* Conrad, *Coalcomana* sp. (Dra. G. Alencaster, com. escrita, 1988) y los braquiópodos *Cyclothyris indi* Ager y *Collinella mullerriedi* (Imlay) (Dr. E. Owen, com. escrita, 1988), que indican una edad Albiana temprana a media. De los niveles intermedios altos se obtuvieron los pelecípodos *Protocardia texana* (Conrad), *P. hillanum* (Sowerby), *Coalcomana* sp. y *Neithea biangulata*, así como los gasterópodos *Tylostoma chihuahuense* Bose y

Lunatia pedernalis los cuales precisan una edad Albiana media. También, de la parte más alta de la formación se identificaron *Turritella seriatum granulata* Roemer, *Tylostoma chihuahuense* y *Corbis roblesi* Bose del Albiano medio (determinaciones de la Dra. Gloria Alencaster, com. escrita, 1988).

Correlación

La Caliza Mural es cronocorrelacionable con las Formaciones Lampazos y Espinazo del Diablo de la región de Lampazos (González-León, en prensa). La Formación Lampazos sobreyace a la Formación Agua Salada y su edad es Albiana temprana, mientras que la Espinazo del Diablo que sobreyace a la Lampazos es de edad Albiana media (Scott y González-León, 1988) (Figura 9).

La Caliza Mural aflora también ampliamente en varias áreas del norte del Estado, siendo equivalente a las Formaciones El Macho del área de Arizpe (González-León, 1978) y Represo (Navarro, 1988) de Cerro Los Pimas (Figura 10), así como con el Miembro Medio de la Formación Arroyo Sásabe (Jacques y Potter, 1987) de la Sierra El Chanate.

Formación Cintura (nombre formal)

Esta formación (Ransome, 1904) aflora en la parte más occidental del área, teniendo rumbo e inclinación aproximadamente semejantes a los de las otras formaciones del Cretácico Inferior que la subyacen.

En la parte sur del área estudiada, la Formación Cintura

está en contacto estructural con la formación Las Víboras. En la parte norte es cortada por el tronco intrusivo del Cerro El Cielo.

La Formación Cintura sobreyace en contacto transicional a la Caliza Mural, y su límite inferior se ha tomado donde ocurre un cambio discreto en su sedimentación terrígena con respecto a la carbonatada de la Mural. Sus afloramientos son pobres ya que está cubierta por un delgado espesor de suelo y regolita. Sin embargo, es posible observar a la formación a lo largo de numerosas cañadas poco profundas que la cortan. Su columna estratigráfica se ha podido completar a lo largo de dos secciones; la C9-C9' y la C10-C10' (Figuras 2 y 8). La cima de la Formación Cintura no se conoce ya que la sobreyacen discordantemente rocas volcánicas terciarias.

Los 35 m inferiores de esta formación están constituidos por lodolita de color café, verde, amarillo y gris, pasando a morado hacia la cima. Son masivas en la parte inferior y se vuelven laminares hacia la cima, donde presentan también intercalaciones de arenisca de grano fino con laminación paralela, en capas menores de 10 cm de espesor. En la base de esta unidad de lodolitas ocurren localmente calizas en lentes delgados.

Hacia arriba de la formación empieza a predominar gradualmente la arenisca sobre la lodolita, presentándose excepcionalmente niveles conglomeráticos lenticulares. Forman secuencias de grano fino hacia arriba, lo cual hace que esta unidad presente un arreglo litológico secuencial muy

parecido al que presenta la Formación Morita. Dichas secuencias son de espesores variables, entre 3 y 23 m, siendo los más comunes de 5 m. Generalmente presentan una capa basal de arenisca masiva (Lámina 5 A), que puede alcanzar hasta 3 m de espesor. Esta puede estar cortada por lentes de arenisca masiva, formando en conjunto estratificación de acanalamiento y relleno. Las areniscas basales descansan invariablemente sobre una superficie de erosión desarrollada encima de la litología infrayacente, por medio de un conglomerado de granulos, o una arenisca conglomerática, de espesor delgado. Los granulos son generalmente de fragmentos de lodolitas de esta misma secuencia ("rip-up clasts"). Hacia arriba del ciclo, se observan areniscas en capas bien desarrolladas que alcanzan hasta 80 cm de espesor, las cuales van disminuyendo en espesor y tamaño de grano para pasar a limolita y finalmente a lodolita que ocupa la cima del ciclo. Las areniscas son generalmente de color gris y de composición subarcósica. Abundan diferentes tipos de estratificación (Láminas 5 B y 6 A): en las capas basales predomina una laminación plana acuñada de pequeña escala y de bajo ángulo, así como la estratificación de cuenca, mientras que en la arenisca que sobreyace a las basales, se tiene el desarrollo de laminación paralela, diastratificación cruzada de muy bajo ángulo y rizaduras laminares. Las lodolitas, que varían en color de rojo a morado, son masivas y logran alcanzar espesores hasta de 15 m aunque a veces pueden no estar presentes debido a que fueron erosionadas por el siguiente ciclo. Dentro de ellas es posible distinguir laminaciones paralelas y se

pueden observar algunos niveles "moteados" que indican estructuras de bioturbación. Cuando las lodolitas presentan fuertes espesores contienen, además, intercalaciones esporádicas de limolitas rojizas (Lámina 6 B) en capas de menos de 20 cm de espesor que presentan laminación paralela y escasa diastratificación.

El espesor medido de esta formación es de 290 m, aunque la cima está cubierta en unos 100 m de detritos, provenientes de rocas volcánicas terciarias que la sobreyacen discordantemente, por lo que pudiera alcanzar un espesor cercano a los 400 m.

Edad

La edad de esta formación no puede establecerse objetivamente, ya que no contiene fósiles que permitan asignarle una edad precisa. Sin embargo, debido a que sobreyace a la Caliza Mural, se puede afirmar que su edad es, al menos en sus niveles más inferiores, Albiana tardía y, es anterior a la edad de depósito de la Formación La Palma, ya que como se discute mas adelante, esta última formación contiene cantos retrabajados del Grupo Bisbee.

Correlación

La Formación Cintura ocupa una posición estratigráfica similar a la de la Formación Nogal que aflora en la región de Lampazos (González-León, en prensa; Scott y González-León, 1988). Es también correlacionable con la Formación Cintura que aflora en la parte norte de Sonora (Sierra

Anibacahí, Arizpe, donde se le conoce con el nombre informal de Formación Mesa Quemada, Sierra Azul y Cerro Los Pimas) (Figura 10), así como con la parte superior de la Formación Arroyo Sásabe y con la Formación El Chanate (Jacques y Potter, 1987) del noroeste del Estado.

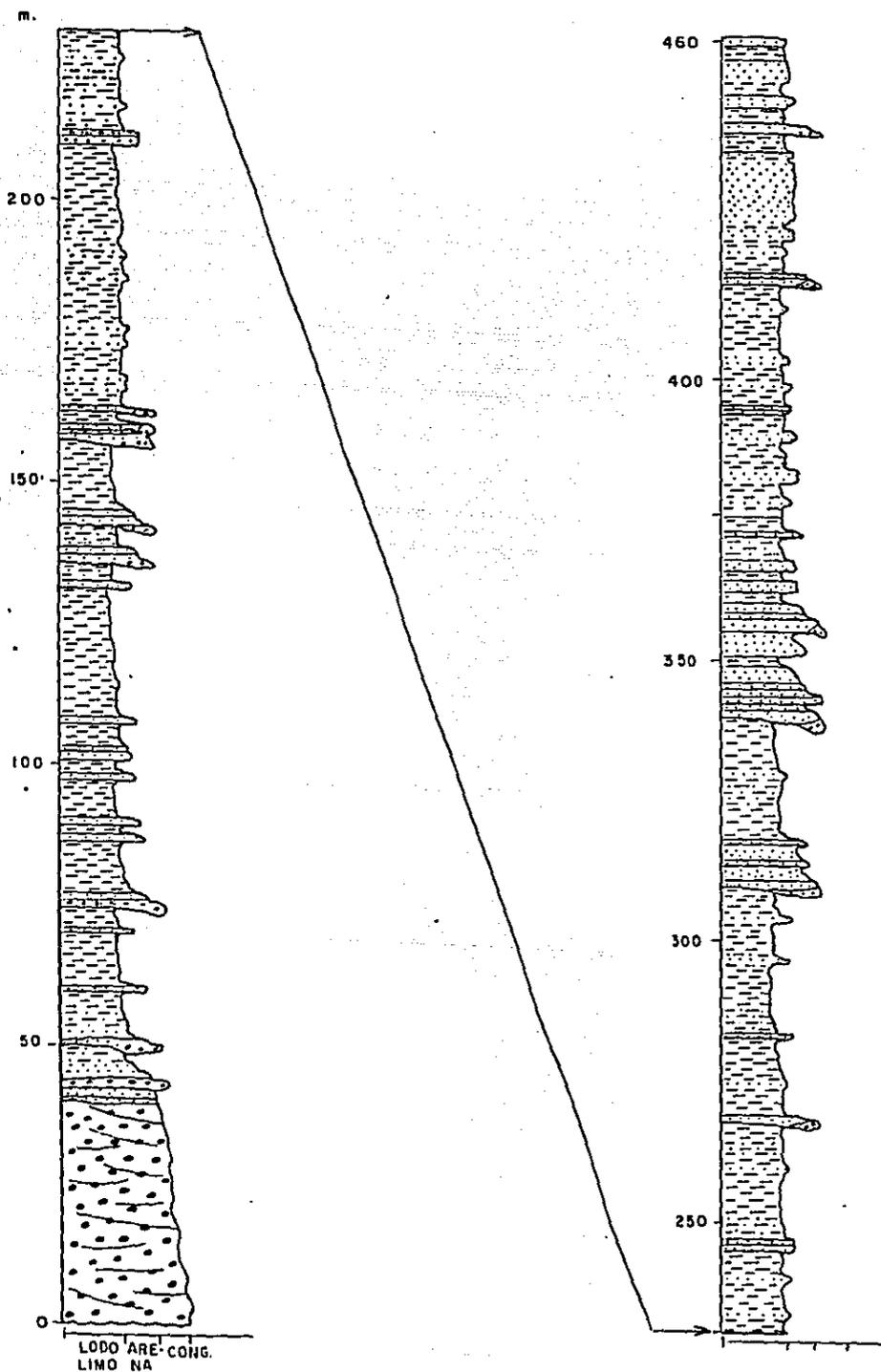
Formación La Palma (nombre informal)

Con este nombre, González-León (1988) y González-León y Jacques-Ayala (1988), designaron de una manera informal a la secuencia sedimentaria que sobreyace discordantemente a la Formación Cerro de Oro, la cual es más joven que el Grupo Bisbee y cuyos afloramientos se presentan en la parte sur y suroriental del área, entre los Ejidos La Palma y Ranchito de Aguilar (Figura 5). En este trabajo se hace una descripción de los afloramientos mejor expuestos y de una manera más detallada que la reportada preliminarmente por los mencionados autores. Forma lomeríos suaves y muestra muy buenos afloramientos a lo largo de las numerosas cañadas poco profundas que cortan al valle entre los dos ejidos.

Sus afloramientos son claramente contrastantes con los de las Formaciones Morita y Cintura, ya que la Formación La Palma es de colores más claros que los de las otras formaciones. Litológicamente es menos arenosa y más lodolítica, y, por lo tanto, menos resistente a la erosión. La arenisca da la impresión de ser menos consolidada.

De esta formación se midieron solamente sus 465 m inferiores (Figura 11) a lo largo de la sección C11-C11', ya que el resto de la secuencia está muy cubierta y deformada.

Figura II - COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION LA PALMA
LEVANTADA ENTRE EL EJIDO RANCHITO DE AGUILAR Y CERRO COBRIZO.



Sin embargo, se estima que su espesor supera los 2,000 m, observándose en algunos de sus afloramientos que el resto de la secuencia es muy monótona, ya que presenta las mismas características de la parte inferior medida.

En la base de la Formación La Palma, ocurre un conglomerado que sobreyace en discordancia angular (10° a 15°) a la Formación Cerro de Oro. A lo largo de esta sección (C11-C11', Figura 2), y en toda esta área (flanco occidental del Cerro El Cobrizo), la Formación Cerro de Oro ha sido erosionada en su parte superior. El conglomerado basal es de 40 m de espesor en esta sección, pero en otros lugares del área presenta espesores de 5 m. Sus cantos varían de subangulosos a subredondeados, son mal clasificados, y los mayores observados son de 20 cm de diámetro; los fragmentos predominantes, son de arenisca y dolomía provenientes de la Formación Las Víboras, calizas paleozoicas con crinoides y fusulínidos, calizas con corales, rudistas y orbitolinas de las unidades cretácicas y areniscas del Grupo Bisbee. Los cantos están incluidos en una matriz arenosa a conglomerática fina que en la parte inferior del paquete presenta una coloración rojiza, café rojiza y café amarillenta. Una sección delgada, proveniente de una arenisca de gránulos de la parte inferior del conglomerado, contiene fragmentos de caliza recristalizada, pedernal microcristalino de color gris oscuro, granos de cuarzo y feldespatos potásicos, fragmentos de cuarzoarenita, fragmentos de moluscos (braquiópodos?) y fusulínidos? rotos, todos ellos en una matriz dolomítica. Se presenta estratificado en capas gruesas de extensión lateral amplia y

se distinguen algunos canales. Los fragmentos disminuyen en tamaño hacia la cima y gradualmente pasan a arenisca conglomerática.

Hacia arriba, la Formación La Palma se continúa con lodolita y limolita, arenisca y algunos conglomerados que se arreglan en secuencias de grano fino hacia arriba, con espesores hasta de 30 m, siendo los más comunes de 5 a 10 m (Lámina 7 A). Los conglomerados son lenticulares, alcanzan hasta 3 m de espesor y 20 m de longitud; sus fragmentos son generalmente no mayores de 5 cm de diámetro, subredondeados a subangulosos, incluidos en una matriz arenosa a conglomerática fina. Los más abundantes son de cuarcita, caliza con fusulinidos y crinoides, caliza con corales, orbitolinas y rudistas; más escasos son los fragmentos de rocas volcánicas, de dolomía y pedernal. La capa de conglomerados gradúa hacia su cima a arenisca de grano grueso y la sobreyace una arenisca en capas bien desarrolladas, menores que 1 m de espesor, que en conjunto pueden alcanzar espesores hasta de 8 m. Estas areniscas son de color gris oscuro, presentan a veces lentes muy delgados de conglomerado de gránulos de lodolita ("mud chips") y una variedad de estructuras primarias como diastratificación plana y acuñada, laminación paralela y en algunos lugares se observan perforaciones de organismos. Composicionalmente, las areniscas de esta formación difieren marcadamente de las de las Formaciones Las Viboras y Cerro de Oro, ya que se clasifican como sublitarenitas a litarenitas por su alto contenido de fragmentos de

rocas principalmente volcánicas, aunque también presentan fragmentos de pedernal y de rocas metamórficas, granos de cuarzo y plagioclasas.

Las lodolitas que forman la cima de cada secuencia de grano fino hacia arriba son de color morado a rojo, masivas, con laminación paralela. Contienen intercalaciones de limolita y arenisca de grano muy fino. Presentan colores más claros, como crema y gris claro, y pueden alcanzar espesores hasta de 25 m. Localmente se encuentran capas delgadas de caliza arcillosa de aspecto nodular.

Edad y Correlación

Aunque en la Formación La Palma no fueron encontrados fósiles para determinar su edad precisa, esta se considera Cretácica Tardía, debido a que sobreyace discordantemente a la Formación Cerro de Oro, contiene cantos retrabajados de calizas fosilíferas y areniscas del Grupo Bisbee, está afectada por una deformación compresiva cuya edad más joven debe ser Cretácica Tardía-Terciaria temprana y porque ocupa una posición estratigráfica que la hace equivalente con unidades de esa edad que afloran en otras áreas de Sonora.

Depósitos sedimentarios del Cretácico Superior que han sido reportados en Sonora y con los cuales puede ser correlacionable la Formación La Palma, son el Grupo Cabullona (Taliaferro, 1933) de la región entre Agua Prieta - Cananea (región de Cabullona), así como algunas cuencas aisladas con depósitos molásicos que según Rangin (1978) y J. Nourse (com. pers., 1988), afloran al sur de la ciudad de Magdale-

na. El Grupo Cabullona representa depósitos continentales que son correlacionables con la Formación Fort Crittenden (Hayes, 1970) del sureste de Arizona. Por colecciones de moluscos de agua dulce y huesos de dinosaurios, tanto del sureste de Arizona como de la región de Cabullona, se ha determinado una edad Santoniana - Maestrichtiana para ambas unidades (in Hayes, 1987). Del mismo modo, con datos adicionales de fechamientos radiométricos, Dickinson y colaboradores (1980) han sugerido una edad Campaniana y quizá Santoniana tardía para la Formación Fort Crittenden.

Si la Formación La Palma es contemporánea con el Grupo Cabullona entonces su depósito debió ocurrir durante el Campaniano-Maastrichtiano al inicio de la deformación Laramídica. Sin embargo, otra posibilidad es que sea un depósito sintectónico ante-Laramídico, asociado a una deformación mesocretácica que fue originalmente propuesta por Rangin (1978) y, cuya existencia ha sido recientemente favorecida por varios autores (Calmus y Radelli, 1987; DeJong y colaboradores, 1988). Se considera que una edad Terciaria temprana para esta unidad no es posible, ya que no contiene elementos derivados de los intrusivos de composición granítica que con edades al límite del Cretácico-Terciario han sido fechados en varias regiones de Sonora (Damon y col., 1983).

CAPITULO IV

AMBIENTES DE DEPOSITO DE LAS UNIDADES CRETACICAS

En este capítulo se analizan los ambientes sedimentarios en los cuales pudieron haberse depositado cada una de las unidades cretácicas reportadas. Para este propósito se consideraron las características litológicas observadas en el campo, tales como la sucesión litológica vertical y lateral de las secuencias, el tipo de litología, color, tamaño de grano, tipo de contactos entre los estratos, estructuras sedimentarias primarias y contenido fosilífero, tanto macroscópico como microscópico. Estas características se comparan con modelos de ambientes de depósito ya descritos en la bibliografía por diferentes autores.

Formación Cerro de Oro

Los sedimentos de esta unidad de carácter francamente marino, indican una primera transgresión de los mares cretácicos, en esta región de Sonora. Los primeros 25 m de la Formación Cerro de Oro, los forman conglomerados masivos con

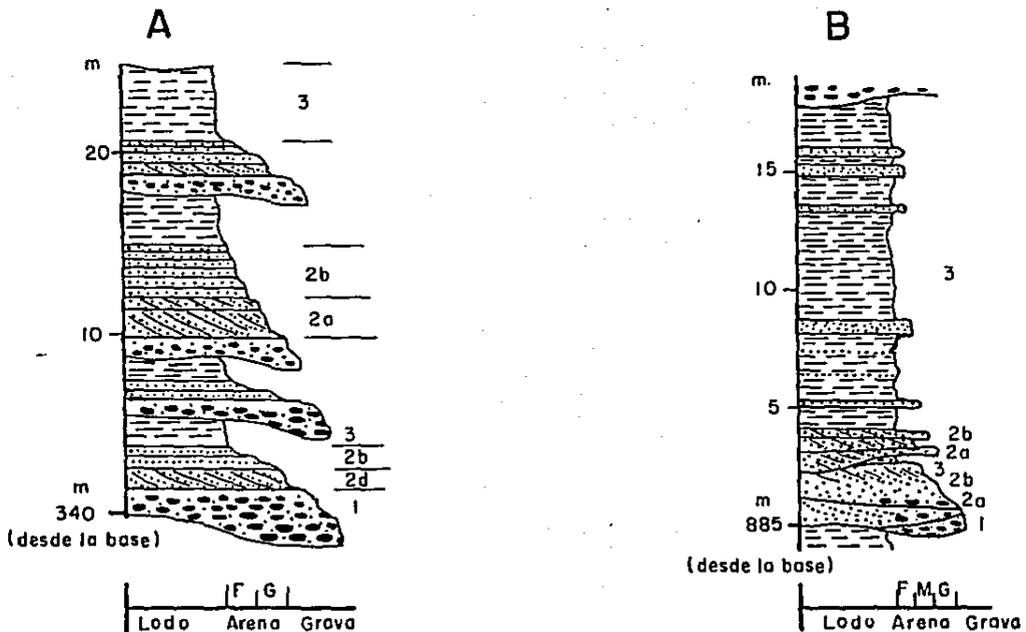
planos locales de estratificación, con una abundante matriz arenosa de color rojizo, cortados por canales; se interpretan como depósitos continentales de abanicos aluviales distales. La secuencia pasa hacia arriba a caliza arenosa en capas delgadas a medianas, con ostreas y lentes locales de areniscas y calizas con pelecípodos, pequeñas masas redondeadas de corales coloniales y braquiópodos generalmente bien conservados que indican los primeros depósitos costeros de la invasión marina. La parte media y superior de esta formación esta dominada por lodolita de colores claros en paquetes masivos con intercalaciones de capas delgadas de limólita, arenisca de grano muy fino y caliza; contiene gasterópodos, equinodermos, pelecípodos principalmente ostreas, escasos braquiópodos y amonitas y una fuerte bioturbación en los niveles mas superiores de caliza; se interpretan estos, como sedimentos depositados en un ambiente marino somero de baja energía (Heckel, 1972), tal vez de bahías. Las estructuras arrecifales que esta unidad presenta en su parte superior, indican un ambiente de plataforma mas externa, de mar abierto, donde existieron condiciones de alta energía de oleaje, aguas claras y bien oxigenadas que permitieron el desarrollo de los arrecifes de corales, mientras que hacia los lados de ellos se desarrollaban zonas donde se depositaron lodos calcáreos con foraminíferos, gasterópodos y fragmentos derivados del arrecife.

Formación Morita

La Formación Morita esta formada por areniscas, limoliti-

tas y lodolitas que se arreglan formando secuencias de grano fino hacia arriba como las mostradas en la Figura 12A. Los diferentes tipos de estructuras primarias y su ordenamiento dentro de las secuencias, así como el color de estos sedimentos (características mencionadas en el capítulo anterior), hacen pensar que esta formación representa deposición de sistemas fluviales. Las areniscas indican depósitos de canales y las limolitas y lodolitas podrían representar los depósitos de planicies de inundación ("overbank deposits") (Figura 12A). La escasa presencia de conglomerado en la base de cada ciclo, y la cantidad significativa de lodolita indican facies aluviales distales, con desarrollo de amplias planicies de inundación. Hacia la cima de la formación, las lodolitas se vuelven de colores claros, a diferencia de los colores oscuros que predominan en su parte media e inferior y en su paso gradual hacia la base de la Caliza Mural, empieza a desarrollar intercalaciones de lentes de coquinas de ostras. Esto podría estar indicando una transición hacia ambientes costeros, lo cual a su vez estaría registrando la gradual transgresión marina que empieza a hacerse franca en la parte inferior de la Caliza Mural.

En el sureste de Arizona, se han reconocido varios ambientes de depósito para los sedimentos de la Formación Morita, la cual litoestratigráficamente es muy parecida a la sección aquí estudiada. En dicha región se le han reconocido ambientes fluviales, de planicie de inundación, deltáicos, de marea y marinos someros (Hayes, 1970, Jamison, 1986). Así



TIPOS DE DEPOSITOS

- 1.- FONDO DE CAUCE (DEPOSITOS DE GRAVA)
- 2.- DEPOSITOS DENTRO DEL CAUCE
 - a.- BARRA. b.- CIMA DE LA BARRA
- 3.- ACRECION VERTICAL (DEPOSITOS DE LLANURA DE INUNDACION)

**Figura 12.-SECUENCIAS DE GRANO FINO HACIA ARRIBA
MEDIDAS EN LAS FORMACIONES MORITA (A)
Y CINTURA (B).**

mismo, estos ambientes, se han reconocido en el miembro inferior de la Formación Arroyo Sasabe (Jacques y Potter, 1987), la cual se considera correlacionable con la Morita.

Caliza Mural

Esta unidad fué depositada en una amplia plataforma marina somera dentro de la cual coexistieron abundantes arrecifes de parche ("patch reefs"). Los arrecifes fueron estructuras formadas por corales coloniales y estromatopóridos, y en menor número por rudistas. Las estructuras arrecifales fueron de pocos metros de altura, de algunos cientos de metros de longitud, tal vez de forma circular. Al parecer el desarrollo de los arrecifes era abundante dentro de la plataforma, y los espacios que separaban a una estructura de otra estaban ocupados por aguas someras (ambientes de plataforma somera, lagunar abierta a restringida) donde se depositaba arena de grano fino, lodos no calcáreos y calcáreos, niveles estromatolíticos y carbonatos. Estos últimos depósitos están representados por los paquetes de sedimentos finos que ocurren entre los niveles biohermales de las secciones de la Caliza Mural descritos en el capítulo anterior. Asimismo, la fauna de estas áreas era generalmente abundante y consistía de gasterópodos, pelecípodos, equinodermos y braquiópodos, así como foraminíferos y algas.

Un ambiente de depósito parecido al aquí señalado fue determinado para el Miembro Superior de la Caliza Mural en el sureste de Arizona por Scott (1979). En base a un estudio

detallado de la distribución de facies y composición de las estructuras biohermales que forman allí a esa unidad, dicho autor reconoció cinco ambientes depositacionales, tres de los cuales son facies relacionadas al desarrollo de los arrecifes de corales, estromatolitos y rudistas y las otras dos representan ambientes de plataforma somera y lagunar abierto, a lagunar restringido. En el sureste de Arizona, el Miembro Superior de la Caliza Mural registra la presencia de una amplia plataforma carbonatada, tipo rampa, con desarrollo de arrecifes de parche y biostromas de rudistas hacia su parte externa, mientras que los ambientes lagunares se desarrollaban hacia las áreas costeras (Scott, 1979). Otros estudios muy importantes que han ayudado a comprender los ambientes de depósito de esta unidad en el noreste de Sonora, sureste de Arizona y suroeste de Nuevo México, son los realizados por Warzeski (1983, 1987), Roybal (1987), Scott y Brenckle (1977) y Sandidge (1985).

Formación Cintura

Al igual que la Formación Morita, esta unidad es una secuencia de arenisca, limolita y lodolita que, tal como se describe en el capítulo de Estratigrafía Cretácica, se arreglan en secuencias de grano fino hacia arriba (Figura 12B), las cuales por su geometría y tipo de estructuras primarias que contienen recuerdan los modelos depositacionales de origen fluvial (Walker y Cant, 1984). Por la mayor proporción de lodolitas se interpreta que estos sedimentos se depositaron en ríos de tipo meándricos. En la base de la

formación, predominan las lodolitas y areniscas de grano fino con algunas intercalaciones delgadas de coquinas de ostreas, que posiblemente representen depósitos de ambientes lagunares costeros.

En el sureste de Arizona, esta formación se considera que fué depositada en ambientes marinos someros, deltaicos y de planicies aluviales (Hayes, 1970).

Formación La Palma

Al igual que las Formaciones Morita y Cintura, la Formación La Palma está dominada por la superposición de secuencias gradacionales de arenas, limos y lodos. Este arreglo secuencial, así como las estructuras primarias de los diferentes tipos de estratificación que presentan dichas secuencias, evidencian un ambiente de tipo fluvial para las unidades de esta formación. La predominancia dentro de ella de la fracción fina (lodo y limo) sobre la fracción gruesa (arena y conglomerado), parece indicar que el ambiente fluvial estuvo representado por ríos de meandros. El paquete conglomerático basal de esta formación, puede corresponder a la facies proximal o intermedia de un abanico aluvial.

Se infiere además, que esta formación representa un depósito sintectónico, semejante al supuesto para la Formación Fort Crittenden del SE de Arizona y con la cual se considera correlacionable. Según Dickinson y col. (1988) la Formación Fort Crittenden de edad Campaniano-Maastrichtiano (Hayes, 1987) representa depósitos de carácter aluvial y

fluvial con facies lacustres subordinadas que se acumularon en cuencas intermontanas limitadas por fallas que ocurrieron durante las primeras fases de la deformación laramídica. Dicha deformación afectó subsecuentemente a tales depósitos por volcanismo, procesos de deformación compresiva de vergencia hacia el NE y plutonismo del Cretácico Tardío al Terciario temprano asociados.

CAPITULO V

PALEOGEOGRAFIA DEL CRETACICO INFERIOR

Introducción

En este capítulo se presenta una reconstrucción paleogeográfica para el Cretácico Inferior del área estudiada, enmarcándola dentro del escenario regional de parte del norte de Sonora (Figura 3). Se considera que una elaboración regional de este tipo contribuirá a una visión más objetiva que la que pudiera lograrse al solo considerar un área aislada, tomando en cuenta además, que a la fecha se tiene información reciente e importante de varias secciones del Cretácico Inferior que son correlacionables con la del área estudiada. La región reconstruida paleogeográficamente se indica en la Figura 13 A y las secciones que de ella se conocen son de las áreas de Sierra El Chanate, Cerro Los Pimas, Sierra Azul, Arizpe, Sierra Anibacachi, Lampazos y del área estudiada (Figura 10).

Otros trabajos que presentan mapas paleogeográficos para ciertas regiones del Cretácico Inferior de Sonora son los de Rangin (1978), Jacques (1983), Araujo y Estavillo

(1987), Scott (1984), Warzeski (1987) y Jacques y Potter (1987); una versión preliminar a la aquí reportada fue elaborada por González-León y Jacques-Ayala (en prensa), aprovechando parte de la información lograda durante el desarrollo de este trabajo. Sin embargo, aquí se presentan una serie de mapas que difieren de los anteriores en cuestiones fundamentales de interpretación, en que se presentan mapas que incluyen información a nivel de sub-epocas y por que se incluyen nuevas localidades, entre ellas la información aportada por el presente trabajo.

Algunas limitaciones para una interpretación de este tipo, son el desconocimiento de la cantidad de transporte tectónico que presentan las distintas secuencias, dado que la mayoría de ellas están afectadas por una deformación compresiva, tal vez Laramídica; el desconocimiento de la cantidad de desplazamiento distensivo que afecta a las distintas áreas, el cual está asociado a la deformación de "Basin and Range"; la escasez de áreas estudiadas con detalle estratigráfico y el desconocimiento actual de la existencia de secuencias sedimentarias hacia el occidente y sur de Sonora.

El basamento pre-Cretácico

Las rocas sobre las cuales se depositaron los sedimentos del Cretácico Inferior en Sonora presentan una gran variedad de litologías y van en edad desde el Precámbrico al Jurásico Tardío (Figura 13 A). Así por ejemplo, en el nororiente del

Estado, el Grupo Bisbee descansa en discordancia angular sobre rocas sedimentarias paleozoicas (Imlay, 1939, Taliaferro, 1933, Rangin, 1982, González, 1986).

En la región norte-central de Sonora (Figura 13 A), el Cretácico Inferior descansa en discordancia sobre sedimentos del Jurásico Tardío (Rangin, 1986), aunque según Rodríguez-Castañeda (1987), pudiera presentarse una sedimentación continua desde el Jurásico Tardío; del mismo modo, en la región de Santa Ana, la secuencia cretácica sobreyace en probable discordancia a un complejo ígneo-metamórfico del Jurásico Tardío (Morales-Montaño, 1983). En toda esta región, al parecer los sedimentos paleozoicos no afloran y en algunas áreas ocurren afloramientos de granitos y rocas metamórficas precámbricas (Rodríguez-Castañeda, 1984). La ausencia de sedimentos paleozoicos en la región norte-central del Estado, contrasta con el fuerte espesor que estos alcanzan en las áreas vecinas del noroeste, centro y noreste de Sonora, por lo que en esta región se interpreta el levantamiento Magdalena, (Thompson y col. 1978).

En la región noroccidental de Sonora afloran rocas con edades que van desde el Proterozoico al Jurásico Tardío y, sin embargo, la base del Cretácico Inferior no se ha encontrado; en el área de Sierra El Chanate, la base del Cretácico Inferior no se conoce, ya que su contacto es aparentemente estructural (Jacques, 1983).

En la región costera de Sonora, se tiene una secuencia volcánica y volcanosedimentaria de edad Cretácica, la cual

en la Sierra del Alamo descansa discordantemente sobre sedimentos triásico-jurásicos (González, 1979, Cohen y col., 1980, 1981), mientras que en las Sierras Seri y Bacha (región costera entre Bahía Kino y Puerto Libertad) su base no se conoce ya que está afectada por intrusivos mesozoicos (Gastil y Krümmenacher, 1977).

La base de las secuencias del centro-oriente del Estado no se conoce debido a que no aflora, o porque su posición es alóctona (Pubellier, 1987). Sin embargo, dentro de esta región son bien conocidas las secuencias sedimentarias paleozoicas, así como los sedimentos triásicos del Grupo Barranca (Alencaster, 1961).

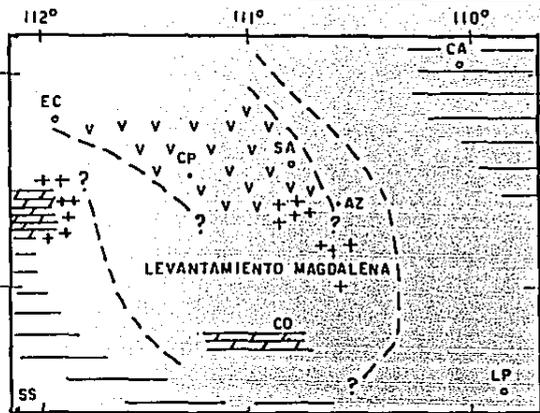
Paleogeografía

Los sedimentos del Cretácico Temprano de Sonora fueron depositados dentro de la cuenca de Sonora (González y Jacques, en prensa), la cual se considera como una cuenca de retroarco ("Back-arc-basin") del arco volcánico Alisitos que se desarrolló en el norte de Baja California durante ese mismo tiempo. Dicha cuenca estuvo unida hacia el oriente con la Cuenca de Chihuahua y con la Cuenca Bisbee (de Bilodeau y Lindberg, 1983) y hacia el sur muy posiblemente con los mares de la región de Durango. Hacia el occidente debió estar conectada con las cuencas volcano sedimentarias donde se depositó la Formación Alisitos, tal como lo atestigua la afinidad Caribe de sus elementos faunísticos (Allison, 1955, Popenoe y col., 1960) y afloramientos del Cretácico Inferior entre ambas regiones reportados por Gastil y Miller (1983) y

Phillips (1984), de la región de La Olvidada. Del mismo modo, una conexión semejante se debió presentar con las cuencas del arco Sinaloa (Servais y col., 1986), dentro de las cuales se encuentran faunas afines a las de Sonora, es decir, orbitolinas y rudistas (Bonneau, 1972) en la Formación Bacurato y amonitas (Ortega y col., 1979) en la Formación Porohui (Servais y col., op cit).

Para la Cuenca Bisbee, se ha propuesto una evolución en tres fases (Klute y Dickinson, 1987): (A) un fallamiento de extensión que formó cuencas de rumbo NW en esta zona de post-arco y volcanismo ignimbrítico silícico en sus etapas iniciales durante el Jurásico Medio; (B) un proceso de separación continua desde el Jurásico Tardío al Cretácico Temprano dentro de la región de post-arco, con depositación de sedimentos terrígenos gruesos (Conglomerado Glance del Grupo Bisbee) por procesos aluviales y fluviales dentro de las cuencas, así como depósitos locales de ignimbritas y lavas y (C), una subsidencia termotectónica final desde el Cretácico Temprano hasta el principio del Cretácico Tardío que propició la depositación de las restantes Formaciones del Grupo Bisbee.

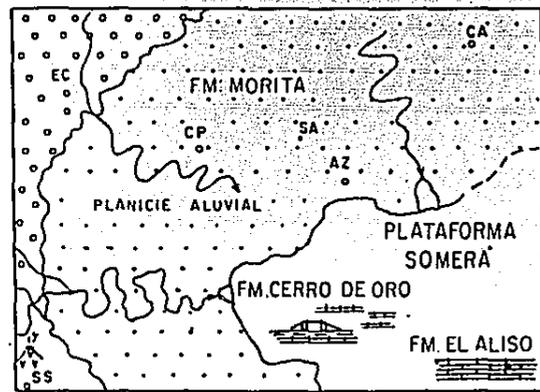
Debido a la casi similar posición geométrica y paleogeográfica de la cuenca de Sonora con respecto a la Bisbee, es posible que la primera haya observado un patrón evolutivo bastante similar al descrito anteriormente. Alguna evidencia de esto podría ser el carácter heterogéneo de rocas del basamento pre-cretácico expuesto, las cuales van desde el



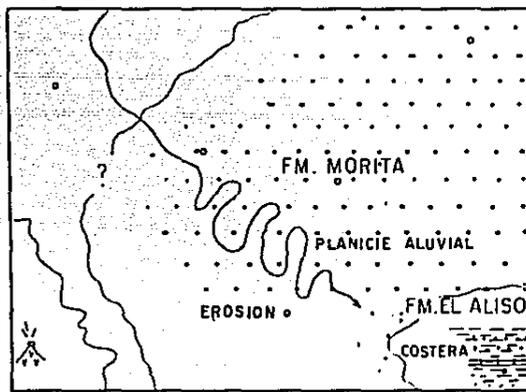
A BASAMENTO PRE-CRETACICO



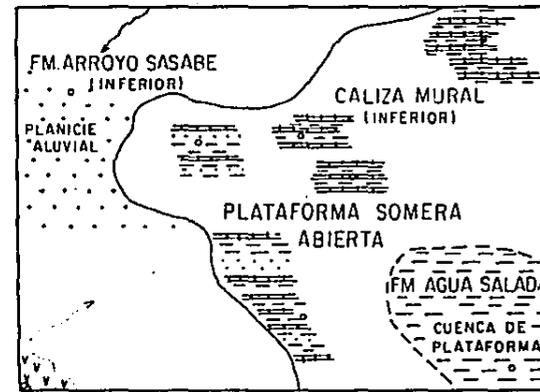
B JURASICO TARDIO? - NEOCOMIANO



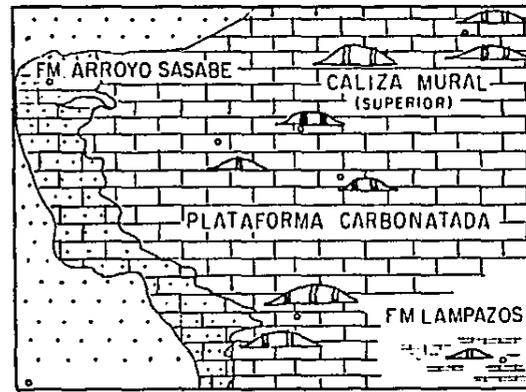
C BARREMIANO-APTIANO INFERIOR



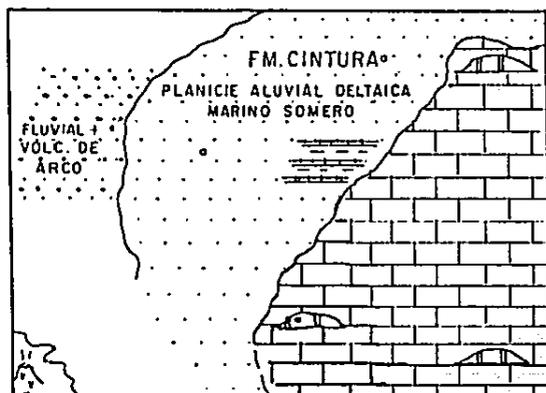
D APTIANO INFERIOR



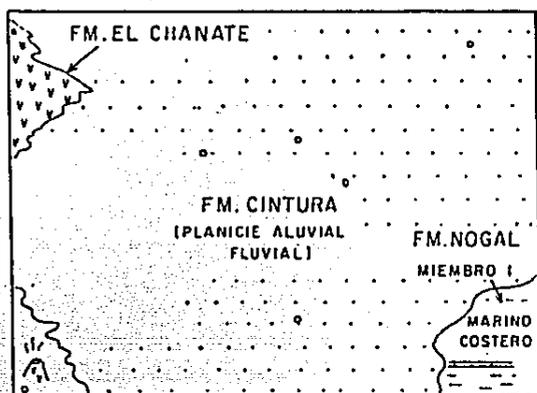
E APTIANO SUPERIOR



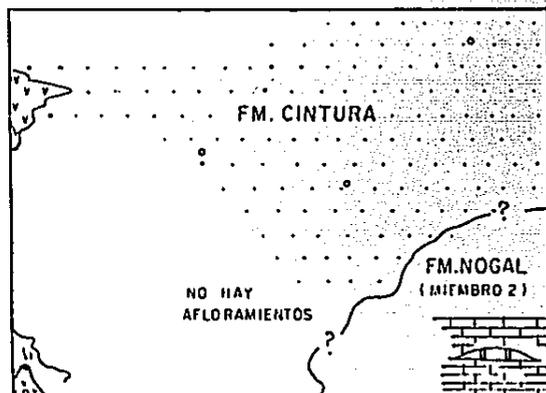
F ALBIANO INFERIOR



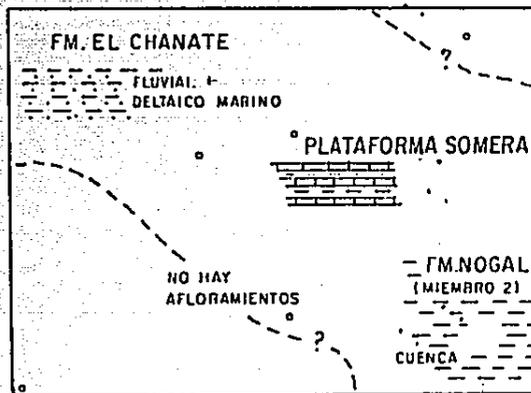
G ALBIANO MEDIO



H ALBIANO MEDIO



I ALBIANO MEDIO



J ALBIANO MEDIO

LOCALIDADES

EC - El Chanate
 Cp - Cerro Pimas
 SA - Sierra Azul
 Az - Arizpe
 CA - Cabullona
 SS - Sierra Serí
 CO - Cerro de Oro
 LP - Lampazos

SIMBOLOS

Sedimentos Precámbrico-Cámbricos
 Intrusivos Precámbricos
 Sedimentos Paleozoicos
 Rocas Jurásicas
 Rocas Volcánicas
 Estructuras Biohermales

Figura 13. EVOLUCION PALEOGEOGRAFICA DE LA CUENCA DE SONORA DURANTE EL CRETACICO TEMPRANO

Proterozoico hasta el Jurásico; el espesor considerable del Conglomerado Glance en el noreste y su equivalente (Conglomerado de Zarapuchi, Pubellier, 1987) en el centro-oriente (Cerro Las Conchas, localizado a 50 km al sur del área de Lampazos) de Sonora y el reporte de un mecanismo distensivo similar, asociado a la depositación de algunas secuencias como el Grupo El Chanate (Jacques y Potter, 1987) y la secuencia de Cerro Las Conchas (Pubellier, op. cit.) (Figura 13 B). De esta manera, es posible que los intervalos correlacionables con el Conglomerado Glance dentro de los afloramientos aquí discutidos, sean de una edad Neocomiana y tal vez Jurásica Tardía en sus niveles más inferiores.

Las unidades basales mejor fechadas de las secuencias aquí discutidas, son las Formaciones El Aliso del Barremiano tardío-Aptiano temprano (Scott y González, en prep.) y la Cerro de Oro de igual edad. Estas unidades son depósitos marinos con una fauna típica de plataforma somera (Figura 13 C) y registran el primer avance del mar dentro de la parte central de la cuenca de Sonora. Durante este mismo tiempo y en la parte norte de la cuenca (regiones de Sierra Azul, Arizpe y Sierra Anibacachi), ocurrían los últimos depósitos de carácter aluvial del Conglomerado Glance y los primeros depósitos de origen fluvial de la Formación Morita.

Dicha primera transgresión fue seguida por un evento regresivo (Figura 13 D) durante el Aptiano temprano, el cual está marcado por una discordancia erosional en la cima de la Formación Cerro de Oro y por sedimentos costeros en la cima de la Formación El Aliso. Al mismo tiempo continuaba deposi-

tándose los sedimentos de caracter fluvial de la Formación Morita en el norte de Sonora.

Una segunda transgresión marina empezó durante el Aptiaino tardío, tiempo durante el cual se depositaron los sedimentos de plataforma profunda de la Formación Agua Salada (Figura 13 E) en el centro-oriente de Sonora y el Miembro Inferior de la Caliza Mural en el norte y centro del Estado, el cual contiene facies de plataforma somera. Durante este mismo tiempo se depositó la parte inferior de la Formación Arroyo Sásabe de facies transicionales y marinas en el noroeste de Sonora. La transgresión continuó hasta el Albiano temprano, tiempo durante el cual el mar alcanzó su máximo avance formándose una extensa plataforma carbonatada representada por el Miembro Superior de la Caliza Mural y el Miembro Medio carbonatado de la Formación Arroyo Sásabe (Figura 13 F). Dentro de la plataforma carbonatada de la Mural se desarrollaron abundantes arrecifes de parches dominados por corales y rudistas (areas de Cerro de Oro, Lampazos, Santa Ana, Arizpe y Sierra El Chanate) y arrecifes de barrera y bancos oolíticos (Sierra Anibacachi, Warzeski, 1987); esta plataforma se extendió hasta el sureste de Arizona donde desarrolló facies semejantes (Scott, 1979).

Al finalizar el Albiano temprano se presentó una retirada de los mares de la parte norte y noroccidental de Sonora, dando lugar a la depositación de la Formación Cintura en amplias planicies aluviales, así como al Miembro Superior de la Formación Arroyo Sásabe y a la parte inferior de la

Formación El Chanate; estas últimas unidades indican una sedimentación de origen fluvial y la Formación El Chanate contiene además, derrames volcánicos intercalados. Sin embargo las aguas marinas continuaron inundando la región central del Estado dando lugar a la depositación de gruesos espesores de sedimentos carbonatados con desarrollo de estructuras biohermales en las áreas de Lampazos (Formación Espinazo del Diablo) y Cerro de Oro (parte superior de la Caliza Mural) (Figura 13 G). La regresión se prolongó hasta el final del Albiano medio cuando los sedimentos costeros detrítico-carbonatados del Miembro Inferior de la Formación Nogal, cubrieron (en la región de Lampazos) a la plataforma carbonatada representada por la Formación Espinazo del Diablo, mientras que en el área de Cerro de Oro se empezaban a depositar los sedimentos de carácter fluvial de la Formación Cintura (Figuras 9 y 13 H).

Una tercera transgresión marina ocurrió al tiempo de depositación del Miembro Medio de la Formación Nogal (Figura 13 I), el cual presenta facies de plataforma somera con desarrollo de estructuras biohermales de rudistas. Dicha transgresión continúa hasta el Albiano tardío, tiempo durante el cual se deposita el Miembro Superior de la Formación Nogal que indica ambiente de plataforma profunda, el intervalo carbonatado de plataforma somera en la cima de la Formación Mesa Quemada (equivalente a la Formación Cintura) que se presenta en el área de Arizpe (González, 1978) y el intervalo deltaico marino (miembro 5, Jacques y Potter, 1987) de la Formación El Chanate en el noroeste de Sonora

(Figuras 9 y 13 J). Los sedimentos depositados durante el evento regresivo que siguió a esta última invasión marina registrada en esta región, solamente se han reconocido en la parte superior de la Formación El Chanate (miembros 6 y 7, de carácter fluvial, Jacques y Potter, op. cit.), ya que las demás secuencias de Sonora se encuentran erosionadas en su parte superior.

El análisis de las columnas sedimentarias mencionadas, indica que el eje de la cuenca tuvo una dirección aproximada NW-SE, presentando sus facies más marginales, con volcanismo intercalado hacia el NW (Sierra El Chanate) y su máxima profundización hacia el SE (región de Lampazos). Hacia el suroriente de esta última región y fuera de los límites del área aquí considerada, se presentan otras secuencias cretácicas con fuertes espesores carbonatados (Sierra Los Chinos, Pubellier, 1987), dolomíticos (Sierra Chiltepines, Himanga, 1977) y margosos (Cerro Las Conchas, Pubellier, op. cit.) del Albiano inferior-medio, que muy probablemente pudieran corresponder a un margen de plataforma en el caso de las secuencias de Sierras Chiltepines y Los Chinos y al desarrollo de una cuenca en el caso de la secuencia de Cerro Las Conchas (Jacques y González, en prensa). Hacia el occidente, la cuenca estaba bordeada por volcanismo que ocurría a lo largo de la costa de Sonora (Anderson y col., 1969) y por el volcanismo del Arco Alisitos, a través del cual, sin embargo, se piensa que existían interconexiones marinas hacia las aguas del Pacífico.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Estratigrafía

Se describe la presencia de varias unidades sedimentarias que incluyen un grupo y seis formaciones. La Formación Las Víboras es el más antigua y está sobreyacida discordantemente por la Formación Cerro de Oro; ambas formaciones se describen por primera vez, aunque de una manera informal. La Formación Cerro de Oro es a su vez sobreyacida en discordancia paralela por el Grupo Bisbee. La Formación La Palma, nombrada por primera vez de una manera informal, sobreyace discordantemente a la Cerro de Oro en la parte suroriental del área estudiada.

En la Formación Las Víboras de probable edad Precámbrico-Cámbrico, se distingue un Miembro Inferior formado por arenisca cuarzarenítica y arcósica y otro superior constituido por una secuencia dolomítica, localmente estromatolítica.

tica y con niveles gruesos de arenisca intercalados.

La Formación Cerro de Oro de edad Barremiano tardío-Aptiano temprano, está formada en su base por conglomerados que hacia arriba pasan a calizas, lodolitas y localmente arenisca. En su cima presenta un horizonte arrecifal de corales y braquiópodos que lateralmente pasa a capas de caliza con gasterópodos y abundantes orbitolinas. Algunas determinaciones paleontológicas de esta unidad incluyen amonitas, ?*Deshayesites* sp., abundantes pelecípodos (*Aeostreon quitmanensis*, *Lucina kellumi*, *Cucullea gabrielis fraterna* entre otros), braquiópodos (*Gemmarcula arizonensis* y *Waconella* sp.), corales (*Calamophyllia* sp.) y foraminíferos (cf. *Palorbitolina lenticularis* Blumenbach).

El Grupo Bisbee se reconoce en esta área, comprendiendo las Formaciones Morita, Caliza Mural y Cintura. La primera y la última están formadas por secuencias de grano fino hacia arriba formadas por arenisca, lodolita y localmente conglomerado que indican un ambiente fluvial de depósito. La caliza Mural comprende horizontes gruesos de calizas arrecifales intercalados entre paquetes de caliza arcillosa, lodolita y escasa arenisca; presenta una abundante fauna de corales, estromatopóridos, rudistas y foraminíferos que forman los horizontes arrecifales. La edad de la Caliza Mural es Aptiano tardío-Albiano Medio.

La Formación La Palma está formada por arenisca, lodolita y escaso conglomerado que se arreglan en secuencias de grano fino hacia arriba. Su ambiente de depósito se conside-

ra fluvial, su edad Cretácico Tardía y constituye probablemente un depósito sintectónico a la Orogénia Larámide.

Se reporta la presencia de un cuerpo intrusivo granítico de edad Eocéna que afecta a las unidades sedimentarias y sobre el cual se depositaron rocas volcánicas que a su vez están intrusionadas por un pórfido riolítico y varios eventos de diques.

Paleogeografía

La Formación Las Víboras se considera tentativamente correlacionable con las secuencias precámbricas-cámbricas del sur de California, U.S.A. y de Caborca por lo que confirmaría la presencia del cratón Norteamericano en el centro de Sonora.

La secuencia del Cretácico Inferior del área, se considera depositada en la cuenca de Sonora que se desarrolló durante el Cretácico Temprano, iniciándose probablemente a partir del Jurásico Tardío. Tanto el carácter de su basamento como la información de áreas vecinas, sugieren que dicha cuenca se desarrolló en una región de post-arco, con fallamiento distensivo inicial. La correlación de esta secuencia con las de las regiones de Sierra El Chanate, Cerro Pimas, Sierra Azul, área de Arizpe, región de Cabullona y área de Lampazos, indica que durante su evolución en el Cretácico Temprano, la cuenca de Sonora estuvo sujeta a tres ciclos transgresivo-regresivos que determinaron un arreglo paleogeográfico, el cual se ha podido determinar para las edades

del Cretácico Temprano.

Contemporáneamente con la sedimentación del Cretácico Temprano, se presentaba hacia el occidente a lo largo de la costa de Sonora, un evento volcánico cuyos derrames se intercalan en la secuencia de la Sierra del Chanate. Este volcanismo se considera parte del arco Alisitos de Baja California Norte.

El Cretácico Tardío estuvo dominado por sedimentación continental fluvial (Formación La Palma) probablemente contemporánea con la deformación Laramídica a partir del Maastrichtiano.

Estructuras

Se distinguen estructuras de cabalgamientos, inferidas como de bajo ángulo; plegamiento isópaco y de amplio radio de curvatura que se desarrolla localmente, y fallamiento normal. El rumbo de las dos primeras estructuras es hacia el noroeste, su vergencia al noreste y se consideran asociadas a la deformación Laramídica del Cretácico Tardío-Terciario temprano, ya que afectan tanto a los sedimentos cretácicos como a los del Precámbrico-Cámbrico. El fallamiento normal de rumbo NNW-SSE, se considera asociado a la deformación de "Basin and Range" del Terciario tardío.

CAPITULO VII

REFERENCIAS CITADAS

- Alencaster, G., 1961, Estratigrafía del Triásico superior de la parte central del Estado de Sonora: Paleontología Mexicana, Inst. Geol., Univ. Nat. Auton. de Mexico, 11, parte 1, 18 p.
- Allison, E. C., 1955, Middle Cretaceous Gastropoda from Punta China, Baja California, Mexico: Journal of Paleontology, Vol. 29, No. 3, p. 400-432.
- Anderson, T.H., Silver, L.T. and Cordoba, D.A., 1969, Mesozoic magmatic events of the northern Sonora coastal region, México: Geol. Soc. Am., Abstr. with Programs, part 7, p.3-4.
- Anderson, T.H. y Silver, L.T., 1979, The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora, in Anderson, T. H. and Roldán, G. J., eds., Geology of northern Sonora: Geol. Soc. America, Ann. Meeting, Guidebook Field-Trip 27, p. 59-68.
- Amaya Martinez, R. y Calmus, T., 1985, Datos preliminares sobre la geología de la Sierra López y alrededores, NW de Hermosillo, Sonora: Bol. Depto. Geol., Univ. Sonora, vol.2, nos 1 y 2, p. 60-64.
- Araujo M., J. y Estavillo, G., C., 1987, Evolución tectónica sedimentaria del Jurásico Superior y Cretácico Inferior en el NE de Sonora, Mexico: Inst. Mex. Petróleo, Revista, vol. 19 No. 3, p. 4-37.
- Avila A., R., 1987, Consideraciones geológicas y estatigrá-

- ficas de la porción noroeste de Hermosillo : Univ. de Sonora , Depto. Geología, tesis prof., 78 p.
- Bartolini, C., 1988, Regional structure and stratigraphy of Sierra El Aliso, central Sonora, Mexico: Univ. of Arizona, M. Sc. thesis, 189 p., Unpubl.
- Bilodeau, W.L. y Lindberg, F.A., 1983, Early Cretaceous tectonics and sedimentation in southern Arizona, southwestern New Mexico and northern Sonora, Mexico, in Reynolds, H.W. and Dolly, E.D., eds., Mesozoic paleogeography of west central United States: Rocky Mount. Sect., Soc. Econ. Paleont. and Mineralogists, p. 173-188.
- Burckhardt, C., 1930, Etude synthétique sur le Mésozoïque mexicain : Soc. Paleont. Suisse, Mem., v. 49, 280 p.
- Bonneau, M., 1972, Données nouvelles sur les séries crétacées de la côte pacifique du Mexique: Bol. Soc. Geol. France, (7) XIV, p. 55-65.
- Calmus, T. y Radelli, L., 1987, Mid-Cretaceous orogeny and Laramide event of Sonora and northern Baja California: Univ. de Sonora, Boletín Depto. Geología, Vol. 4, nos. 1-2, p. 51-56.
- Castro-R., A.A. y Morfin-V., S., 1988, Geología de la carta Rayón, con énfasis en el área de Cerro de Oro, Sonora central; tesis prof. Dpto. Geología, Univ. Sonora, 85 p.
- Cohen K., K., Anderson, T.H. and Schmidt, V.A., 1980, Cretaceous pole positions for volcanics and interbedded sedimentary units of previously undetermined age from northwestern Sonora, Mexico: EOS (Trans. Am. Geophys. Union), V. 61, p. 218.
- Cohen K., K., Anderson, T.H. and Schmidt, V.A., 1981, Further paleomagnetic results from late paleozoic and mesozoic units from northwestern Sonora, Mexico: EOS (Trans. Am. Geophys. Union), V. 62, p. 272.
- Cooper, G. A., 1955, New Cretaceous Brachiopoda from Arizona : Smithsonian Misc. Colln. 131, p. 1-18.
- Chamberlain, K.C., 1978, Recognition of trace fossils in in Trace Fossils Concepts; Short Course no. 5, Soc. Econ. Paleont. Mineralogists, p. 119-166.
- Dacco, C., A., 1984, Proyecto Cerro de Oro, Rayón, Sonora : Seminario "Depósitos de oro y plata relacionados al vulcanismo" Organizado por Asoc. Ing. Minas, Met. y Geol. de México, A. C., Hermosillo, Sonora, 7 p.
- Damon, P. E., Shafiqullah, M., Roldan, G. J. y Cocheme,

- J.J., 1983, El Batolito Laramide (90-40 m.a.) de Sonora : Asoc. Ing. Minas, Met. y Geólogos de México, A. C., Memoria XV Conv. Nal. Guadalajara, Jal., p. 63-95.
- de Cserna, Z., 1970, Mesozoic sedimentation, magmatic activity and deformation in northern Mexico, *in* Seewald, K. and Sundeen, D., eds., The geologic framework of the Chihuahua Tectonic Belt: West Texas Geol. Soc. Pub. No. 71-59, p. 99-117.
- DeJong, K.A., Escarcega-E., A. y Damon, P., 1988, Eastward thrusting, southwestward folding, and westward backsliding in the Sierra La Vibora, Sonora, Mexico: *Geology*, V. 16, p. 904-907.
- Dickinson, W.R., Fiorillo, A.R., Hall, D.L., Monreal, R., Potochnik, A.R. and Swift, P.N., 1988, Cretaceous strata of southern Arizona, *in* Jenny, J.P. and Reynolds, S.J., eds., *Geology of Arizona: Arizona Geol. Soc. Digest*, V. 17, En Prensa.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture: *Am. Assoc. Petroleum Geologists, Memoir 1*, p. 108-121.
- Flores, T., 1929, Reconocimientos geológicos en la región central del estado de Sonora : *Boletín Inst. Geol. México, Univ. Nac. Autón. México*, No. 49.
- Folk, R., 1974 (1980), *Petrology of Sedimentary rocks: Hemphill Publ. Co., Texas*, 183 p.
- Gastil, G. and Krummenacher, D., 1977, Reconnaissance geology of coastal Sonora, between Puerto Lobos and Bahía Kino: *Geol. Soc. Amer. Bulletin*, V. 88, p. 189-198.
- Gastil, R. G. y Miller, H., 1983, Pre-batholithic terranes of southern and Peninsular California, U.S.A. and Mexico : Status report *in* Stevens, Calvin H., ed., *Pre-Jurassic rocks in Western North America Suspect Terranes : Soc. Econ. Paleont. and Mineralogists, Pacific Section, Los Angeles Calif.*, p. 49-61.
- González, C., 1978, *Geología del Área de Arizpe, Sonora centro septentrional: Depto. Geología, Univ. Sonora (tesis prof. inedita)*, 64 p.
- González, C., 1980, La Formación Antimonio (Triásico Superior-Jurásico Inferior) en la Sierra del Alamo, Estado de Sonora: *Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista*, V. 4, No. 1, p. 13-18.
- González, C., 1986, Estratigrafía del paleozoico de la Sierra del Tule, noreste de Sonora: *Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista*, V. 6, Núm. 2, p. 117-

- González, C., 1988, Estratigrafía del área de Cerro de Oro, Sonora: Univ. Sonora, Depto. Geología, Resúmenes 14 Aniv., p. 12.
- González, C., 1988, Estratigrafía y geología estructural de las rocas sedimentarias Cretácicas del área de Lampazos, Sonora, México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, V. 7, núm. 2, En Prensa.
- González, C. y Jacques-Ayala, C., 1988, La secuencia del Cretácico Temprano del área de Cerro de Oro, Sonora: Implicaciones paleogeográficas: Segundo Simposio Geología y Minería de Sonora, Hermosillo, México, p. 23-25.
- González, C. y Jacques-Ayala, C., 1988, Paleogeografía del Cretácico Inferior de Sonora : Fac. Ciencia, Tierra, Univ. Autón. Nuevo León, Actas, Vol. 1, No. 4 (en prensa).
- Hayes, P.T., 1970, Cretaceous paleogeography of southeastern Arizona and adjacent areas: U. S. Geol. Survey, Prof. Paper, 688-B, 42 p.
- Hayes, M.J., 1987, Depositional history of upper cretaceous Fort Crittenden Formation in southeastern Arizona in : Dickinson, W.R. and Klute, M.A., eds., Mesozoic rocks of southern Arizona and adjacent areas : Arizona Geol. Soc. Digest, v. 18, p. 315-325.
- Heckel, P.H., 1972, Recognition of ancient shallow marine environments in Rigby, J.K. and Hamblin, Wm.K., eds., Recognition of ancient sedimentary environments: Soc. Econ. Paleont. Mineralogists, Spec. Publ. 16, p. 226-286.
- Himanga, J.C., 1977, Geology of Sierra Chiltepines, Sonora, Mexico: (M. Sc. thesis) Northern Ariz. Univ., Flagstaff, Arizona, 78 p. inédita.
- Imlay, R.W., 1939, Paleogeographic studies in northeastern Sonora: Geol. Soc. America Bull., V. 50, p. 1723-1744.
- Jacques, C., 1983, Sierra El Chanate, northwestern Sonora, Mexico: stratigraphy, sedimentology and structure; (M. Sc. thesis) Univ. Cincinnati, 143 p. inédita.
- Jacques, C. and Potter, P.E., 1987, Stratigraphy and paleogeography of lower Cretaceous rocks, Sierra El Chanate, northwestern Sonora, Mexico in Dickinson, W.R. and Klute, M.A., eds., Mesozoic rocks of southern Arizona and adjacent areas: Ariz. Geol. Soc. Digest, Vol. 18, p. 203-214.

- Jamison, K., 1987, Petrofacies of Morita Formation (Bisbee Group), southeastern Arizona and northern Sonora, Mexico, in Dickinson, W.R. and Klute, M.A., eds., Mesozoic rocks of southern Arizona and adjacent areas, Arizona Geol. Soc. Digest, Vol. 18, p. 257-262.
- Keller, W.T., 1928, Stratigraphische Beobachtungen in Sonora (northwest Mexico): *Eclogae geol. Helvetiae*, v. 21, No.2, p 327-335.
- Ketner, K.B. and Noll, H.H., 1987, Preliminary geologic map of the Cerro Cobachi area, Sonora, Mexico: U.S.A. Geol. Survey, Misc. Field studies, Map MF-1980.
- Klute, M.A. and Dickinson, W.R., 1987, Tectonostratigraphic evolution of the late mesozoic rifted Bisbee Basin in southeastern Arizona: *Geol. Soc. Am., Abstr. with Programs*, V. 19, p. 729.
- Leon, F.L. and Miller, F., 1981, Geology of the Creston molybdenum-copper deposit, in Ortlieb, L. and Rodríguez, J., eds., Geology of northwestern Mexico and Southern Arizona: *Geol. Soc. America, Cordilleran Section, Ann. Meeting, Field-Trip Guide, Hermosillo, Sonora*, p. 223-238.
- Menicucci, S., Mesnier, H. y Radelli, L., 1982, Permian, Triassic and Liassic sedimentation (Barranca Formation) of central Sonora, Mexico: *Notas Geológicas, NGM. 3, Hermosillo, México*, p. 1-8.
- Morales-Montaño, M., 1984, Bosquejo geológico del cuadrángulo Estación Llano-Imuris: *Univ. Sonora, Depto. Geología Bol.*, V. 1, Núm. 1, p. 25-49.
- Navarro, J.C., 1988, Estratigrafía del Cretácico inferior de Santa Ana, Sonora: Tesis Prof. Univ. Autón. Baja California, Ensenada, México, En prep.
- Noll, H. H., 1981, Geology of the Picacho Colorado area, northern Sierra de Cobachi, Central Sonora, Mexico: *Northern Arizona Univ. (Masters thesis)*, 165 p.
- Ortega-Gutierrez, F., Prieto-V., R., Zuñiga, Y. y Flores, S., 1979, Una secuencia volcano-plutónica-sedimentaria cretácica en el norte de Sinaloa; un complejo ofiolítico?: *Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista*, Vol. 3, núm. 1, p. 1-8.
- Owens, E. F., 1981, Distribution of some Mesozoic brachiopods in North America, in Gray, J. and Berry, W. B. N., eds., *Communities of the Past*, p. 297-309.
- Phillips, J. R., 1984, "Middle" Cretaceous metasedimentary rocks of La Olvidada, northeastern Baja California,

- Mexico, in Frizzell, V.A., Jr., ed., *Geology of the Baja California Peninsula: Pacific Section, S.E.P.M., Vol. 39, p. 37-41.*
- Paole, F.G., Murchey, B.L. and Stewart, J.H., 1983, Bedded barite deposits of middle and late Paleozoic age in central Sonora, Mexico: *Geol. Soc. America, Abstr. with Programs, Vol. 15, No. 5, p. 299.*
- Popenoe, W.P., Imlay, R.W. and Murphy, M.A., 1960, Correlation of the Cretaceous formations of the Pacific Coast (United States and northwestern Mexico): *Geol. Soc. America Bulletin, Vol. 71, p. 1491-1540.*
- Pettijohn, F. H., 1957, *Sedimentary rocks; Harper and Bros., 628 p.*
- Pubellier, M., 1987, Relations entre domaines Cordillerain et Mesogéen au nord du Mexique; étude géologique de la Vallée de Sahuaripa, Sonora central : *Univ. Paris 6, Francia, These de Doctorat, 219 p.*
- Radelli, L., 1986, An essay on the southern Basin and Range : *Bol. Depto. Geología, Univ. Sonora, v.3, No.1, p. 51-146.*
- Raisz, E., 1959, *Landforms of Mexico: Cambridge, Mass., mapa con texto, esc. aprox., 1:3 000 000.*
- Rangin, C., 1977, Tectónicas sobrepuestas en Sonora septentrional : *Univ. Nac. Autón. México, Boletín Inst. Geología, v. 1, p. 44-47.*
- Rangin, C., 1978, Consideraciones sobre la evolución geológica de la parte septentrional del estado de Sonora : *1er. Simposio sobre la Geología y Potencial Minero en el Estado de Sonora, Libro Guía, Hermosillo, México, p. 35-55.*
- Rangin, C., 1982, Contribution à l'étude géologique du système Cordillérain du nord-ouest du Mexique : *Univ. Pierre et Marie Curie, Thèse de Doctorat d'Etat, 588 p.*
- Rangin, C., 1986, Contribution à l'étude géologique du système Cordillérain mésozoïque du nord-ouest du Mexique : *Société Géologique de France, Mémoire 148, 136 p.*
- Ransome, F.L., 1904, *The geology and ore deposits of the Bisbee quadrangle, Arizona: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 21, 168 p.*
- Rodriguez-Castañeda, J. L., 1981 (1983), *Notas sobre la geología del área de Hermosillo, Sonora: Univ. Nal.*

- Autón. México, Inst. Geol., Revista, Vol. 5, p. 30-36.
- Rodriguez-Castañeda, J.L., 1984, Geology of Tuape region, north-central Sonora, Mexico: (M. Sc. thesis) Univ. Pittsburgh, Pittsburgh, PA., 157 p.
- Rodriguez-Castañeda, J.L., 1986, Interpretación del contacto Jurásico-Cretácico en Sonora este-central, in Simposio nuevas aportaciones a la geología de Sonora: Instituto de Geología, Univ. Nal. Autón. México, Hermosillo, Sonora, p. 37-48.
- Roldán, J. y Gonzalez, C., 1985, Notas sobre el Triásico Superior de la Sierra de La Flojera, Sonora in Weber, R., ed., Simposio sobre floras del Triásico Tardío, su Fitogeografía y Paleoecología, Memoria, III Congreso Latinoamericano de Paleont., México, p. 83-85.
- Roldán, J., 1988, Geology and Chemical composition of the Jaralito and Aconchi Batholiths in east central Sonora, México; en preparación.
- Roybal, G.H., 1987, Facies development in a lower Cretaceous Coral-rudist patch reef (Mural Limestone, southeast Arizona) in Schreiber J.F., Jr., ed., Lower Cretaceous Coral-algal-rudist patch reefs in southeastern Arizona, Supplement volume; Geol. Soc. America, Annual Meet., Field-Trip No. 3, p. 40-56.
- Sandige, M.H., 1985, Aptian-Albian ammonoids of the Oyster Limestone Member of the U-Bar Formation, Big Hatchet Mountains, southwestern New Mexico: Newsletter of Stratigraphy, V. 14, No. 3, p. 158-160.
- Schmidt, T.G., 1978, Geology of the northern Sierra El Encinal, Sonora, Mexico: Northern Arizona University (Masters thesis), 80 p.
- Scott, R. W. and Brenckle, P.L., 1977, Biotic zonation of a Lower Cretaceous Coral-algal-rudist reef, Arizona: Proc. 3rd. Internat. Coral Reef Symp., Univ. Miami 2, p. 183-190.
- Scott, R.W., 1979, Depositional model of Early Cretaceous coral-algal-rudist reefs, Arizona: Am. Assoc. Petrol. Geologist Bulletin, V. 63, no. 7, p. 1108-1127.
- Scott, R.W., 1984, Mesozoic biota and depositional systems of the Gulf of Mexico-Caribbean region: Geol. Society of Canada, Special Paper 27, p. 49-64.
- Scott, R.W. and González, C., 1988, Paleontology and stratigraphy of Cretaceous rocks, Lampazos area, Mexico: en

prep.

- Servais, M., Cuevas P., E. y Monod, O., 1986, Une section de Sinaloa a San Luis Potosi; nouvelle approche de l'evolution du Mexique nord-occidental; Bull. Soc. Geol. France, (8), t. 11, No. 6, p. 1033-1047.
- Sitten, A., J. R., 1987, Exploración geológica minera del área Cerro Colorado en el distrito de Cerro de Oro, Sonora: Tesis prof., Depto. Geología, Univ. Sonora, 95 p.
- SPP - INEGI, 1975, Hoja Topográfica RAYON, H12D22, escala 1:50,000, México.
- Stewart, J.H., Mc Menamin, M.A.S. and Morales-R., J.M., 1984, Upper proterozoic and Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, Mexico physical stratigraphy, biostratigraphy, paleocurrent studies and regional relations: U.S. Geol. Survey, Professional Paper 1309, 36 p.
- Stoyanow, A., 1949, Lower Cretaceous stratigraphy in southeastern Arizona: Geol. Soc. America, Mem. 38, 169 p.
- Taliaferro, N., 1933, An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora: Journ. Geology, V. 41, p. 12-37.
- Thompson III, S., Tovar, R., J. y Conley, J.N., 1978, Oil and gas exploration wells in the Pedregosa Basin: New Mexico Geol. Soc. Guidebook, 29 th Field Conf., Land of Cochise, p. 331-342.
- Vega, R. y Araux, E., 1987, Estratigrafía del Paleozoico en el área del rancho Las Norias, Sonora, Central: Univ. Sonora, Depto. Geología, Bol., V. 4, p. 41-50.
- Walker, R.G. and Cant, D.J., 1984, Sandy fluvial systems in Walker, R.G., ed., Facies Models: Geosc. Canada, Reprint Series 1, Sec. Edition, p. 71-89.
- Warzeski, E.R., 1983, Facies patterns and diagenesis of a Lower Cretaceous carbonate shelf, northeastern Sonora and southeastern Arizona, Ph. D. Dissert.: State Univ. New York, Binghamton, New York, 401 p.
- Warzeski, E.R., 1987, Revised stratigraphy of the Mural Limestone: a lower Cretaceous carbonate shelf in Arizona and Sonora, in Dickinson, W.R. and Klute, M.A., eds., Mesozoic rocks of southern Arizona and adjacent areas: Arizona Geol. Soc. Digest, V. 18, p. 335-363.

A P E N D I C E I

LAMINA 1

Fotografías de la Formación Las Víboras

- A. Vista al sureste del cerro Minas de Gambusinos. Presenta afloramientos del Miembro Inferior de la Formación Las Víboras, con echados hacia el suroeste.
- B. Formas de superficie de rizaduras de corriente en la cara superior de una capa de arenisca del Miembro Inferior de la formación. Tamaño de la escala 15 cm.
- C. Capas medianas de dolomias arenosas con estratificación cruzada plana. Miembro Superior de la formación. Escala 15 cm.
- D. Capa formada por estromatolitos laminares. Miembro Superior de la formación. Escala 15 cm.
- E, F. Estromatolitos pseudocolumnares en posición de crecimiento, vistos en la cara superior de la capa (E); escala 15 cm; detalle de estromatolito (F). Miembro Superior de la formación.

A



B



C



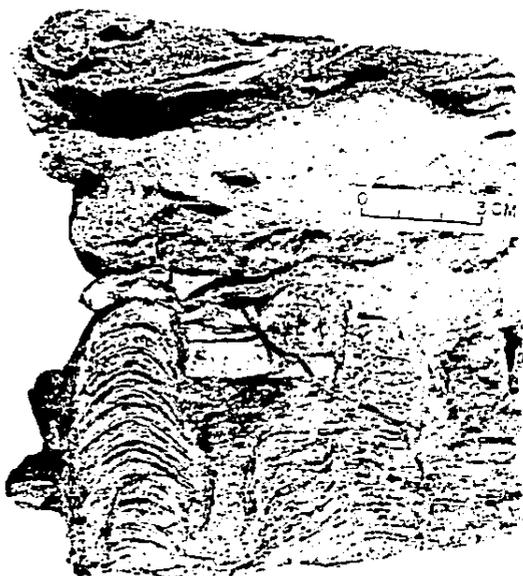
D



E



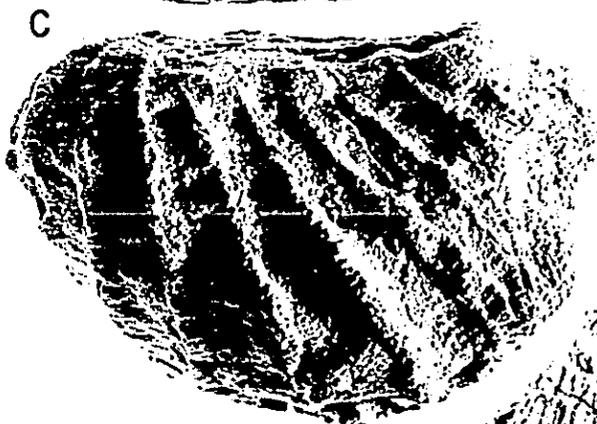
F



LAMINA 2

Fósiles de las Formaciones Cerro de Oro y Mural

- A. Trigonia cf. T. mearnsi, parte posterior de valva izquierda. X1.
- B. Trigonia cragini, parte posterior de valva izquierda. X2.
- C. Trigonia stoyelli, valva izquierda. X1.5.
- D, E. ?Deshayesites sp. vista de frente (D); vista de lado (E). X 0.4.
- F. Ctenostreon cummingsi Stanton, valva derecha. X1.
- G. Exogyra quitmanensis Stanton. X0.8.



LAMINA 3

Afloramientos y fósiles de las Formaciones Cerro de Oro y Mural

- A. Caliza masiva, biohermal de la cima de la Formación Cerro de Oro. Afloramiento de la parte central del área, al sur del cerro El Copete.
- B. Detalle de la caliza anterior. "Boundstone" de corales y braquiópodos. Escala 15 cm de largo.
- C. Coral colonial (Montastrea sp.) de los niveles mas inferiores de la Formación Cerro de Oro (muestra C)-200, X18, LN).
- D. Pseudocyclamina sp., corte longitudinal. De la cima de la Formación Cerro de Oro (muestra CO-214, X15, LN).
- E. Sección a través del aparato embrionario de Palorbitolina lenticularis (Blumenbach). De la cima de la Formación Cerro de Oro (muestra CO-214, X66, LP).
- F. Sección de estromatopórido de la parte inferior de la Caliza Mural (muestra CO-60, X15, LP).

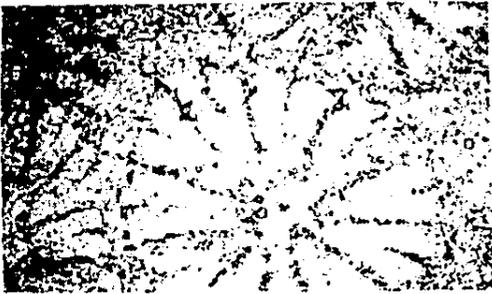
A



B



C



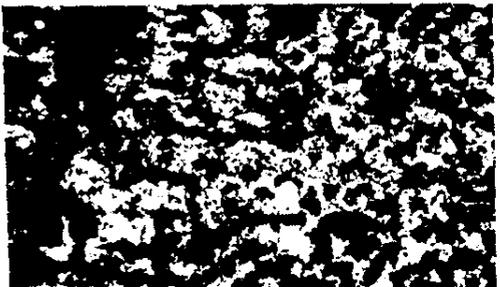
D



E



F



LAMINA 4

Panoramicas de la Caliza Mural

A, B. Afloramientos de la Caliza Mural en el cerro El Caloso (A) y al sur de dicho cerro (B); vistos hacia el oeste. Se observan calizas arcillosas y lodolitas con echados hacia el suroeste que forman la base de la formación y en la cima del paquete, calizas masivas que constituyen un horizonte bichermal de corales, estromatopóridos y rudistas el cual se adelgaza lateralmente.

A



B



LAMINA 5

Detalles de la Formacion Cintura

- A. Arenisca en capas gruesas a masivas que forman la base de una "secuencia de grano fino hacia arriba". Su base es erosiva sobre lodolitas masivas del ciclo infrayacente.
- B. Arenisca en capas medianas a gruesas. Presenta estratificación cruzada plana y tangencial.

A



B



LAMINA 6

Detalles de la Formación Cintura

- A. Arenisca en capas gruesas mostrando estratificación convoluta.**
- B. Lodolita morada, masiva, con intercalaciones de limolita en capas delgadas formando la cima de una "secuencia de grano fino hacia arriba".**

A



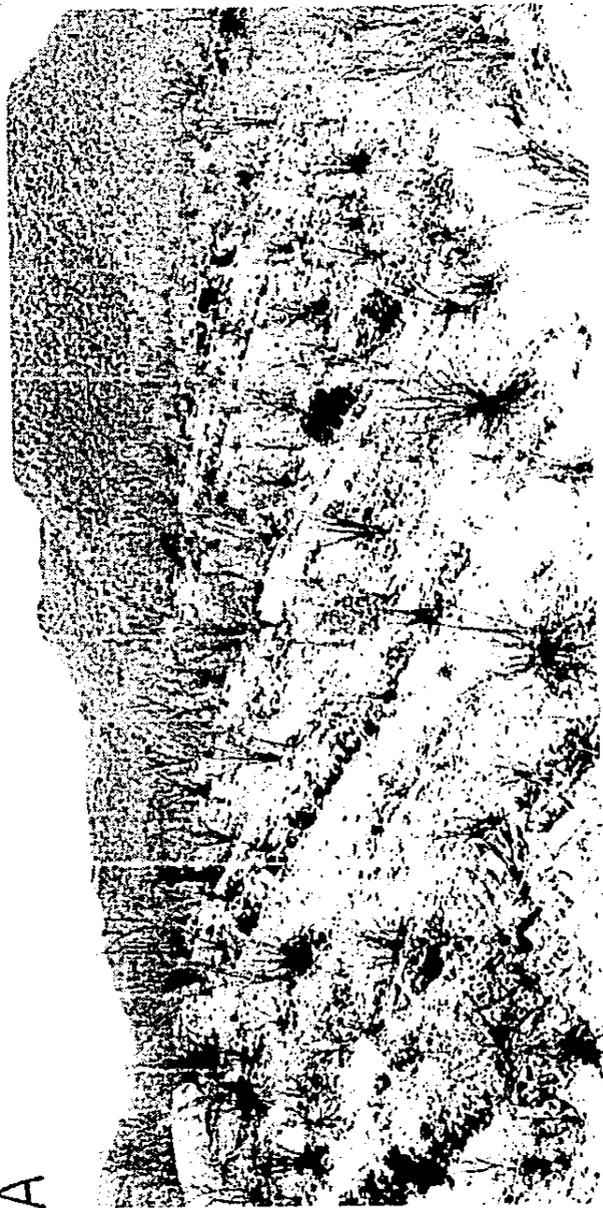
B



LAMINA 7

Panoramica de la Formación La Palma

- A. Secuencia de conglomerado lenticular, arenisca, limolita y lodolita que se arreglan en "secuencias de grano fino hacia arriba", de 5 a 10 m de espesor, dentro de la Formación La Palma. Parte sureste del área.



A