

ESTRATIGRAFÍA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CRETÁICAS DEL ÁREA DE LAMPAZOS, SONORA

Carlos González-León*

RESUMEN

En la región de Lampazos, ubicada en la parte centrooriental de Sonora, aflora una columna de sedimentos del Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano medio) con un espesor de 2,500 m. Para su estudio, la secuencia fue dividida en siete formaciones que, de la base a la cima, son: El Aliso, Agua Salada, Lampazos, Espinazo del Diablo, Los Picachos y su equivalente Nogal, y La Mesa. Las formaciones El Aliso, Lampazos y Los Picachos y el miembro 1 de la formación Nogal están constituidos por calizas de estratos delgados a medianos, con intercalaciones escasas de lutitas y areniscas de grano fino y presentan características litológicas y paleontológicas que indican que fueron depositadas en un ambiente marino de plataforma somera restringida (según el modelo de Rose, 1978). La mitad inferior de la formación Agua Salada está constituida por pedernal negro bien estratificado y contiene amonitas (*Parahoplites* sp.) y radiolarios; la mitad superior está constituida, principalmente, por lutitas negras con nódulos y capas de pedernal donde se encuentra amonitas (*Dufrenoyia justinae*, *Hypacanthoplites* sp.), lo cual permite asignarle una edad del Aptiano tardío (Gargasiana). Se considera que su ambiente de depósito fue de plataforma abierta. En la formación Espinazo del Diablo, existen estructuras biohermales y calizas masivas con abundantes rudistas, corales y foraminíferos y se estima que fue depositada en un ambiente marino de plataforma somera, abierta, de energía moderada a alta. El miembro 2 de la formación Nogal está formado por calizas de estratos medianos y por calizas masivas que constituyen estructuras biohermales de rudistas, dentro de las cuales se encuentra *Orbitolina (Mesorbitolina) subconca*; además, contiene algunas intercalaciones de lutitas y areniscas; su ambiente de depósito se considera de plataforma somera y abierta, de energía baja. El miembro 3 de la formación Nogal está constituido por lutitas, areniscas de grano muy fino y calizas arcillosas con una fauna de amonitas (*Engonoceras stoyelli*, *E. uddeni*, *E. pierdenale*, *Beudanticeras* sp., *Hoplites* sp.) y equinodermos abundantes y se le asigna un ambiente de depósito de plataforma abierta. El contenido paleontológico de los miembros 2 y 3 indica una edad del Albiano medio para la formación Nogal.

La secuencia sedimentaria de Lampazos es cronológicamente correlacionable con la del Grupo Bisbee, del norte de Sonora; pero, por su carácter litológico carbonatado, es más parecida y correlacionable con secuencias de Chihuahua y del norte de Coahuila. Los sedimentos cretácicos del área presentan una deformación laramídica fuerte y están afectados por plutonismo, volcanismo y fallamiento distensivo terciarios.

Palabras clave: estratigrafía, estructura, Cretácico, Lampazos, Sonora, México.

ABSTRACT

A 2,500 m thick section of Lower Cretaceous sedimentary rocks from the Lampazos region, east-central Sonora, is described. It was divided, for descriptive purposes, into seven informal formations, which, from base to top, are El Aliso, Agua Salada, Lampazos, Espinazo del Diablo, Los Picachos and its equivalent Nogal and La Mesa formations. Thin to medium bedded, with minor amount of shale and fine-grained sandstone, are characteristics of the El Aliso, Lampazos, Los Picachos and the member 1 of the Nogal formations, and their depositional environment is interpreted as restricted shallow marine (according to Rose, 1978). The main lithology from the lower half of the Agua Salada formation is well bedded, wavy black radiolarian chert containing ammonites (*Parahoplites* sp.), while black shale with nodular and thin bedded chert predominates in its upper half. Due to the presence of *Dufrenoyia justinae* and *Hypacanthoplites* sp., a late Aptian (Gargasian) age is considered for this unit. An open shelf environment is supposed for this formation. The Espinazo del Diablo formation is characterized by massive limestone and biohermal structures constructed by rudists, corals and foraminifera which supposedly were deposited on a moderate-to high-wave energy, open shallow marine environment. Member 2 of the Nogal formation comprises medium bedded limestone, massive limestone with biohermal structures of rudists which also contain *Orbitolina (Mesorbitolina) subconca* and some interbedded shale and sandstone; its depositional environment is interpreted as low-wave energy, open shallow marine. Member 3 of the Nogal formation is dominated by shale, very fine-grained sandstone and argillaceous limestone with a large fauna of ammonites (*Engonoceras stolleyi*, *E. uddeni*, *E. pierdenale*, *Beudanticeras* sp., *Hoplites* sp.) and echinoids and its supposed depositional environment is open shelf. The faunal content indicates a middle Albian age for the Nogal formation.

The reported sequence is chronologically correlateable with the Bisbee Group rocks that are represented in northern Sonora, but lithologically it is more similar to the northern Chihuahua and northern Coahuila formations of the same age. These Cretaceous rocks were affected by the Laramide deformation, as well as by Tertiary intrusive and volcanic rocks and distensive normal faulting.

Key words: stratigraphy, structure, Cretaceous, Lampazos, Sonora, Mexico.

* Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 1039, 83000 Hermosillo, Sonora.

INTRODUCCIÓN

El área estudiada se localiza entre las coordenadas $28^{\circ}18' - 29^{\circ}28' N$ y $109^{\circ}19.5' - 109^{\circ}30' W$ y cubre parte de las hojas H-12-D-35 y H-12-D-36, de escala 1:50,000, editadas por el INEGI (1975, 1982). Abarca una superficie de 240 km^2 y se ubica 10 km al sur del poblado de Tepache, Sonora. En la parte central del área, se encuentra la Mina Lampazos, centro productor de plata importante (Figura 1).

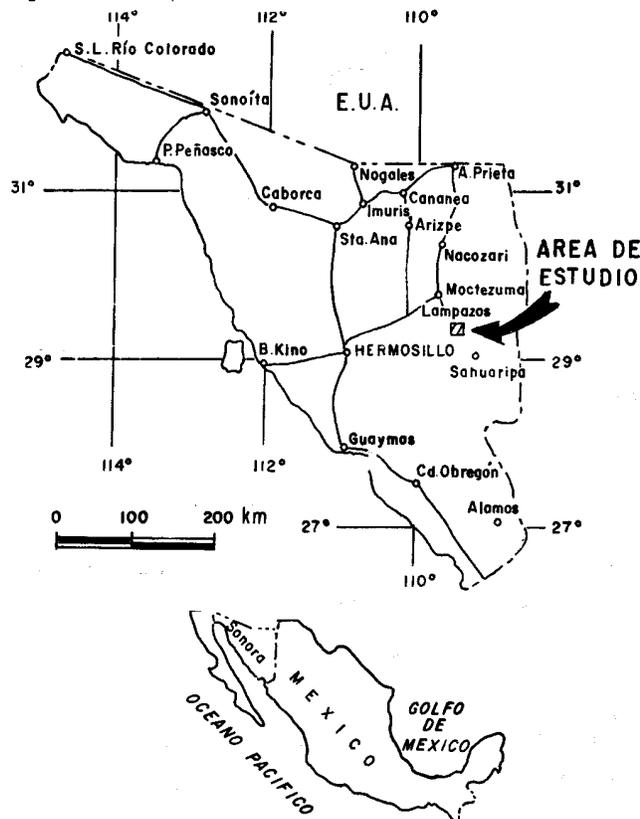


Figura 1.- Mapa de localización del área estudiada.

La topografía del área es abrupta, con sierras altas y cañadas profundas, en las unidades sedimentarias, mientras que en las rocas volcánicas es más suave. Las principales sierras están formadas por afloramientos de caliza masiva y entre ellas se encuentra la Sierra Las Azules (con una altitud de 1,700 m. s. n. m.) y la Sierra Espinazo del Diablo (1,100 m), así como los Cerros Encinal (1,600 m), Caloso (1,460 m), Los Picachos (1,680 m), Peñasco de Las Guacas (1,120 m), San Francisco (1,640 m), La Palmera (1,540 m) y Durán (1,140 m). La altitud mínima se encuentra en los valles, donde afloran los sedimentos terciarios a 680 m. s. n. m.

Los estudios geológicos de los sedimentos cretácicos que afloran en las partes central, oriental y meridional de Sonora son escasos, si se les compara con los realizados en las partes septentrional y nororiental del estado. Sin embargo, recientemente se ha incrementado los trabajos geológicos sobre la franja de estos sedimentos que afloran desde Lampazos hasta el oriente del valle del Río Sahuaripa, en dirección NW-SE. De entre

estos trabajos, se puede mencionar los de Himanga (1977) y Flinn (1977), que estudiaron los afloramientos del Cerro Chiltepin, al poniente de Sahuaripa; el de Palafox y Martínez (1985), del área del Cerro Las Conchas; y el de Minjarez y colaboradores (1985), de la región de Sahuaripa.

Del área aquí reportada, existen artículos anteriores, como el de Solano-Rico (1970), referente a la geología de los yacimientos minerales del distrito minero de Lampazos. Herrera y Bartolini (1983) describieron la geología general de esta área, y González-León y Buitrón (1984) reportaron los aspectos bioestratigráficos del contenido paleontológico encontrado en el área.

Del artículo de Herrera y Bartolini (*op. cit.*) se hace aquí algunas modificaciones, lo cual se detalla más adelante, y sólo se conserva algunos nombres de formaciones y de estructuras que dichos autores utilizaron por vez primera.

En el presente artículo se describe la estratigrafía y la deformación que presentan las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano) que afloran en los alrededores de la Mina Lampazos, en la parte centrooriental del Estado de Sonora (Figura 1). Al mismo tiempo, se describe otros eventos geológicos registrados en el área y se intenta ubicar a los sedimentos cretácicos en el contexto regional.

La mayor parte de la macrofauna del área fue determinada por la Dra. Blanca Estela Buitrón. Algunas formas de la formación Agua Salada fueron determinadas por la Dra. Gloria Alencáster de Félix. El Dr. Robert W. Scott determinó los corales de la formación Espinazo del Diablo, las orbitolinas del miembro 2 de la formación Nogal y analizó láminas delgadas provenientes de la formación Agua Salada. La M. en C. Celestina González determinó las amonitas de la formación Agua Salada.

Para describir las rocas carbonatadas se utilizó la clasificación textural de Durham (1962). Para clasificar los tipos de partículas carbonatadas, arenisca y lodolita, se usó la de Folk (1969). Del mismo modo, para los tipos de estratificación, se siguió la definición de Pettijohn (1957).

ESTRATIGRAFÍA

ROCAS SEDIMENTARIAS DEL CRETÁCICO INFERIOR

Las rocas más antiguas que afloran en esta área son los sedimentos del Cretácico Inferior, los cuales cubren la mayor parte de la región, aflorando en forma de ventana erosional, en una franja alineada NW-SE. A esta secuencia la sobreyacen, discordantemente, rocas volcánicas terciarias, cortadas por cuerpos intrusivos también terciarios.

Los sedimentos, que alcanzan un espesor de 2,500 m, fueron divididos, para su descripción, en unidades litoestratigráficas informales; éstas, de la base a la cima, son: formaciones El Aliso, Agua Salada, Lampazos, Espinazo del Diablo, Los Picachos y su equivalente Nogal, y La Mesa. La distribución de estas unidades dentro del área estudiada se muestra en la Figura 2. La litología de éstas es predominantemente carbonatada, siendo las in-

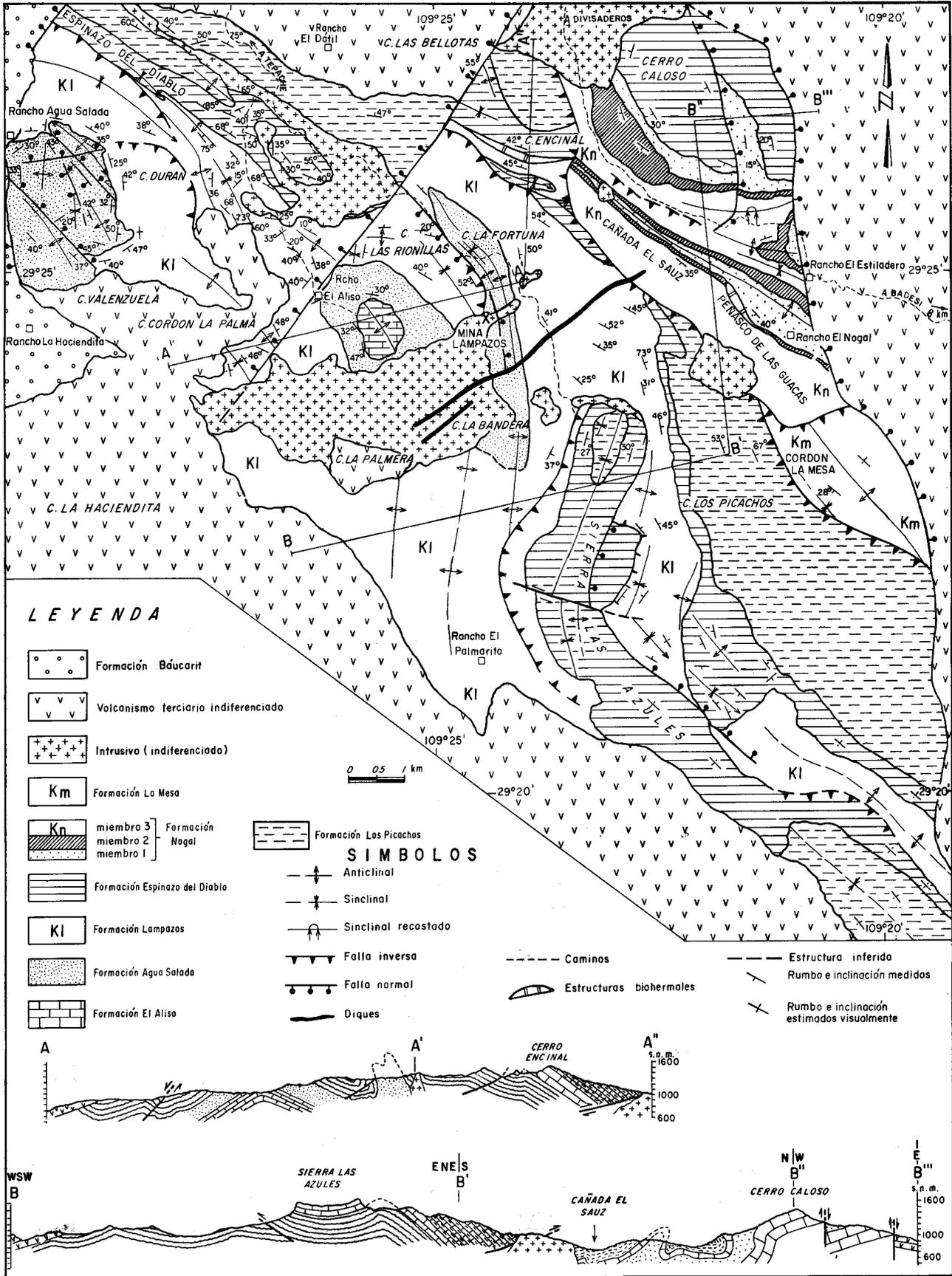


Figura 2.- Mapa geológico y secciones estructurales de la región de Lampazos, Sonora.

tercalaciones terrígenas escasas. Con base en sus características litológicas, relaciones estratigráficas y asociaciones faunísticas, en la secuencia sedimentaria se distingue los sistemas depositacionales siguientes (según el modelo de Rose, 1978, p. 51): de plataforma abierta (*open shelf*), plataforma somera restringida (*restricted shallow marine*), plataforma somera abierta de baja energía (*low-wave energy, open shallow marine*) y plataforma somera abierta de energía moderada a alta (*moderate- to high-wave energy, open shallow marine*).

Formación El Aliso. Esta unidad ocupa la parte inferior de la secuencia estratigráfica del área estudiada y aflora en el centro del anticlinal localizado inmediatamente al sur del Rancho El Aliso, siendo éste su único lugar de afloramiento dentro del área.

Esta formación corresponde al paquete de sedimentos que Herrera y Bartolini (1983) llamaron unidad El Aliso, cuya posición estratigráfica fue interpretada equivocadamente, pues la consideraron, con base en su contenido de orbitolinas, equivalente a la formación Espinazo del Diablo.

Está constituida por caliza de estratificación delgada, de color gris claro que pasa por intemperismo a azul claro, con intercalaciones de caliza arcillosa de colores amarillentos y de estratos delgados a muy delgados. Sus microfacies son *wackestone* con miliólidos escasos, calcisferas, restos de algas, fragmentos de pelecípodos y gasterópodos, espinas de equinodermos y también se presenta *mudstone* arcillosa con algo de bioturbación. En las partículas se observa alineamiento por corrientes, a veces revestimiento de micrita y una dolomitización leve. En la parte media de la unidad, se presenta *wackestone* y, en algunas ocasiones, *packstone* con orbitolinas (las cuales no han sido identificadas) y fragmentos de pelecípodos mostrando alineamiento por corrientes, dolomitización escasa y, en ocasiones, laminaciones de *mudstone* arcillosa. Los 40 m superiores de esta unidad están constituidos por *mudstone-wackestone* arcillosa, de colores amarillentos, con intercalaciones de lutita de color verde en paquetes de gruesos a masivos, dentro de los cuales se encuentra gran abundancia de ostras (*Ostrea* cf. *O. franklini camelina*, *Exogyra aquila*) grandes, muy bien conservadas. El espesor de esta unidad es de aproximadamente 200 m y su contacto superior es transicional con la formación Agua Salada. Su base no aflora (Figura 3, columna 2).

Las facies que hay en los sedimentos de la formación El Aliso son comparables a las que Rose (1978) consideró de plataforma somera restringida (*restricted shallow marine*) en el Grupo Edwards de Texas, por lo que aquí, siguiendo el modelo de dicho autor, se asigna a esta formación tal ambiente de depósito.

La edad señalada para esta unidad es del Aptiano temprano, porque subyace a la formación Agua Salada, de edad gargasiana, y por la presencia de *Exogyra aquila*, la cual, según Stanton (1947), se encuentra en la Caliza Cow Creek del Grupo Trinity de Texas e Imlay (1939) reportó del Aptiano del norte de México.

Formación Agua Salada. Este nombre fue propues-

to por Herrera y Bartolini (*op. cit.*) para una secuencia incompleta de 82 m de "calizas arcillosas, pedernal negro y lutitas negras carbonosas escasas" cuyo afloramiento reconocieron solamente al sureste del Rancho Agua Salada. En este artículo, tal como se describe más adelante, se incluye dentro de la formación Agua Salada al miembro inferior de la formación Durán (nombrada por Herrera y Bartolini, *op. cit.*) y a un paquete de sedimentos que aflora en la base de la formación, el cual no fue reportado por dichos autores.

La formación Agua Salada aflora formando el anticlinal que se encuentra al sur del Rancho Agua Salada, en el anticlinal del Rancho El Aliso (donde sobreyace a la formación El Aliso) y en el anticlinal que forma el Cerro La Fortuna, siendo en los dos primeros lugares donde está mejor expuesta (Figura 2).

En el Rancho Agua Salada, alcanza un espesor de 350 m, pero su base no está expuesta (Figura 3, columna 1). Los 100 m inferiores están constituidos por pedernal (*chert*) de color negro, en estratos de entre 5 y 30 cm de espesor, con intercalaciones de estratos muy delgados (menores que 10 cm de espesor) y de estratos laminares de lutita negra; también se presenta, con poca frecuencia, algunos estratos de hasta 2 m de espesor de *packstone* de ostras, de color gris oscuro. Sobre este paquete, existen 30 m de lutita de color café verdoso, masiva, con intercalaciones menores de estratos delgados de arenisca de grano muy fino, seguidos por un horizonte índice de 10 a 15 m de espesor de *wackestone-packstone* de restos de ostras. Este último horizonte forma la base de la formación Agua Salada, de Herrera y Bartolini (*op. cit.*). Siguen, hacia arriba, aproximadamente 55 m de pedernal de color negro, en estratos de espesor variable, aunque no menores que 5 cm ni mayores que 50 cm, que contienen algunas intercalaciones de *mudstone-wackestone*, grises, con pelecípodos bien conservados (los cuales localmente forman coquinas), intercalaciones frecuentes de estratos delgados y nodulares de *mudstone-wackestone* pedernalosas, así como escasos estratos laminares de lutita negra. Los planos de estratificación ondulante son comunes dentro de estas rocas, así como los nódulos calcáreos dentro del pedernal (Figura 4, A y B), por lo cual, en algunos horizontes, estas rocas presentan estructura de *boudinage*. Dentro del pedernal se observa el predominio de texturas *mudstone* y *wackestone*, con radiolarios reemplazados por calcita, granos de roca volcánica más finos que el tamaño de la arena, cuarzo y feldespatos muy escasos, los cuales presentan un alineamiento por corrientes débil. El Dr. R. W. Scott (comunicación escrita, 1985) observó, en dos de las secciones delgadas provenientes de este pedernal, radiolarios, esferoides de calcita, que pudieran ser también radiolarios, peloides, granos angulares de fosfato, que quizá sean *pellets*, y fragmentos de vertebrados (probablemente peces) reemplazados. Dentro del pedernal se encuentra una fauna bien conservada de amonitas (*Parahoplites* sp.) y pelecípodos [*Acila (Truncacila) schenki*, *Eriphyla* sp., Dra. Gloria Alencáster, comunicación escrita, 1985].

La unidad de este lugar termina hacia arriba con 150 m aproximadamente de lutita de color negro; en la

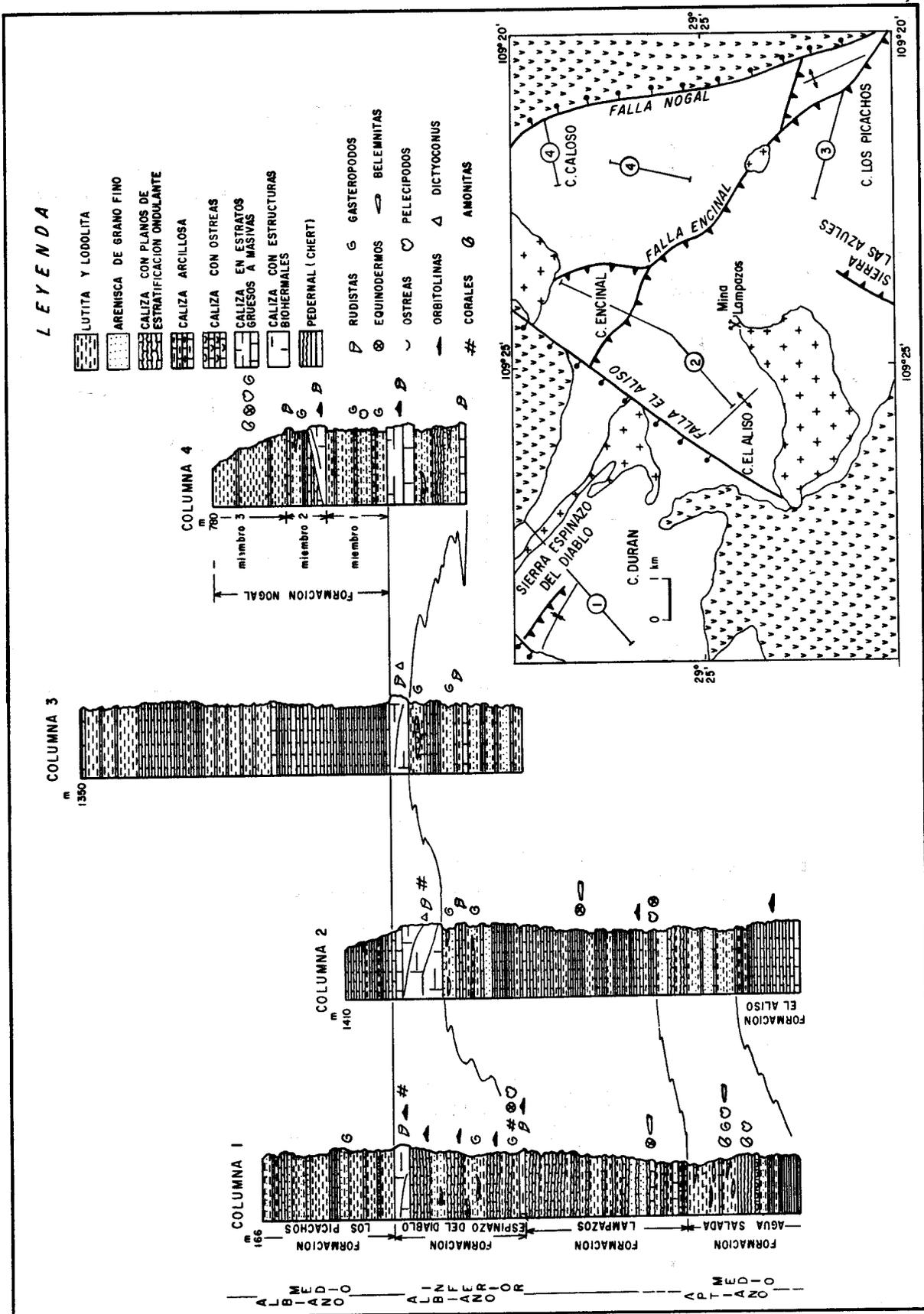


Figura 3.- Columnas estratigráficas y correlación local de las formaciones del área estudiada. En el mapa adjunto se muestra la localización de las líneas de sección correspondientes a cada una de las columnas.

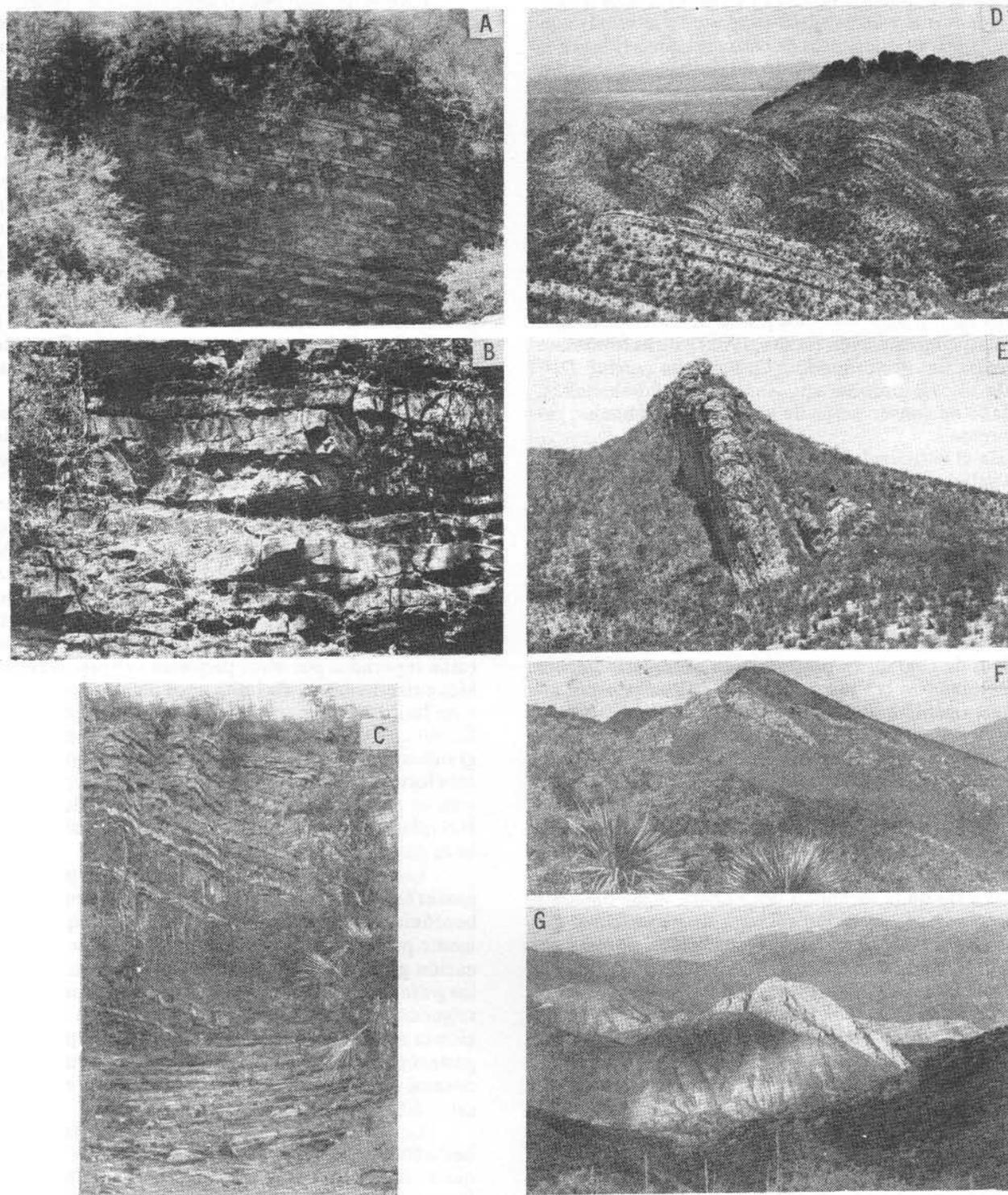


Figura 4.- A) Secuencia de pedernal y caliza con pedernal de la mitad inferior de la formación Agua Salada; la altura del afloramiento es de 10 m y se localiza en el Rancho Agua Salada. B) Detalle del pedernal estratificado de la formación Agua Salada. Se observa el martillo como escala. C) Lutita negra con capas de pedernal y caliza interestratificada de la cima de la formación Agua Salada; afloramiento de aproximadamente 20 m de altura, localizado en el límite nororiental del Anticlinal Agua Salada. D) Afloramiento de la cima de la formación Lampazos en la esquina noroccidental del área; el crestón de caliza corresponde a la base de la formación Espinazo del Diablo. E) Afloramiento de aproximadamente 30 m de espesor de la caliza masiva que forma la cima de la formación Espinazo del Diablo en la sierra del mismo nombre. F) Afloramiento en el Cerro Encinal de la formación Espinazo del Diablo con una estructura biohermal en su base. G) En el centro de la fotografía aparece la estructura biohermal que forma el Cerro Peñasco de las Guacas dentro del miembro 2 de la formación Nogal. Al fondo de la fotografía (viendo hacia el noreste del área) se aprecia las mesetas ignimbríficas de la Sierra Madre Occidental.

mitad inferior contiene nódulos y a veces estratos delgados de pedernal y en la mitad superior se intercala con nódulos y estratos delgados de caliza arcillosa (Figura 4, C), la cual va predominando gradualmente hacia arriba para que esta unidad pase transicionalmente a la formación Lampazos. Dentro de la lutita existen horizontes fosilíferos con pelecípodos abundantes: *Codakia (Epilucina)* sp., *Cucullaea (Trigonarca)* sp., *Artica* sp., *Lucina* sp., *Cardium forbesi*, *Eomdion* sp., *Isocardia nasuta*, *Tapes higardi*, *Tellina undulifera*, *Pholodomya* sp., *Tancredia (Isotancredia)* sp. (estas últimas cuatro formas fueron determinadas por la Dra. Gloria Alencáster, comunicación escrita, 1985); amonitas: *Dufrenoyia justinae*, *Hypacanthoplites* sp., *Hysterocheras* sp. (estos dos últimos géneros fueron determinados por la M. en C. Celestina González, comunicación escrita, 1985) y otras formas no determinadas; gasterópodos: *Calliostoma cragini*, *Delphinula* sp., *Harpagodes* sp., *Anchura* sp. y belemnitas. El estado de conservación de estos fósiles es bueno, generalmente.

En el anticlinal del Rancho El Aliso, la formación Agua Salada alcanza un espesor de 250 m, aproximadamente, y su carácter es más terrígeno, lo cual indica un cambio lateral de facies respecto a la sección del Rancho Agua Salada. Predomina la lutita en paquetes masivos con intercalaciones de estratos delgados de limolita y arcosa lítica de grano muy fino (los granos están clasificados, subredondeados y son de cuarzo, feldespato, fragmentos de *chert*, roca volcánica y agregados metamórficos de cuarzo, en proporciones aproximadamente iguales) que a veces presentan diastratificación por rizaduras; también existen intercalados algunos estratos delgados a gruesos de *packstone-wackestone* de restos de pelecípodos. En la mitad superior, están presentes estratos delgados a muy delgados de pedernal de color negro y café rojizo, interestratificados con lutita negra (Figura 3, columna 2). En la cima de esta formación, dentro de lutita de color gris claro, se encontró equinodermos y pelecípodos (*Acila* sp. y *Lucina* sp.) y otras formas parecidas a las de la localidad del Rancho Agua Salada y en estado de conservación regular. En el anticlinal del Cerro La Fortuna aflora solamente la parte extrema superior de esta unidad.

De acuerdo con sus facies y microfacies, es posible que los sedimentos de la formación Agua Salada hayan sido depositados en un ambiente de plataforma abierta (*open shelf*), según el modelo de Rose (1978), y pudieran pertenecer también al cinturón tipo de facies número 2 (*open shelf*), según el modelo de Wilson (1975). Este ambiente indica una transgresión marina sobre los sedimentos de la formación El Aliso formados en plataforma somera restringida.

La formación Agua Salada se considera aquí de edad gargasiana (parte inferior del Aptiano superior), por la presencia de *Acila (Truncacila) schenki* y de *Dufrenoyia justinae*. La primera fue reportada por Stoyanow (1949) en el miembro Pacheta de la Formación Lowell al sureste de Arizona y dicho autor le asignó edad gargasiana. También, según Young (1974), *D. justinae* caracteriza a la zona del mismo nombre, de edad gargasiana, en el noreste de Chihuahua y la parte central de Texas.

Formación Lampazos. Esta unidad corresponde al miembro superior de la formación Durán nombrada por Herrera y Bartolini (*op. cit.*), la cual dichos autores solamente reconocieron en la parte noroccidental del área aquí reportada y equivocadamente correlacionaron con afloramientos de la formación Espinazo del Diablo, que se presentan en el Cerro Caloso. Del mismo modo, Herrera y Bartolini (*op. cit.*) colocaron a la formación Durán en una posición estratigráfica equivocada, en lo que ellos llamaron el Bloque 2 dentro del área. Debido a estos desacuerdos con los autores mencionados, aquí se utiliza el nombre informal de formación Lampazos para denominar a la unidad litoestratigráfica que sobreyace en forma transicional a la formación Agua Salada y subyace transicionalmente a la formación Espinazo del Diablo. Esta unidad presenta una extensión de afloramiento bastante amplia dentro del área (Figura 2) y se hace a continuación su descripción litológica.

La constituyen principalmente *mudstone-wackestone* de color gris claro en estratos delgados a medianos que intemperizan a colores azul claro, gris y, algunas veces, amarillento, con estructuras de bioturbación. Presentan planos de estratificación ondulante y comúnmente son arcillosos y nodulares. En la parte inferior de la formación están algo dolomitizados, mientras que hacia la cima de la unidad se presentan ocasionalmente estratos gruesos de *packstone*, que a veces pasan a *grainstone*, oolíticos y arenosos. Los sedimentos anteriores se observan en paquetes de 10 a 100 m de espesor, los cuales están separados por otros paquetes con espesores variables entre 1 y 60 m, de lutita amarillenta, verdosa y gris, y de lutita con intercalaciones de estratos delgados de limolita y arenisca (que varía de litarenita a arcosa) de grano muy fino, de colores grises. En algunos niveles de esta formación hay biostromas delgados de pelecípodos y en su parte inferior, en el afloramiento de Cerro Las Rionillas, se encontró biostromas de toucasias y orbitolinas dentro de caliza arcillosa.

Los aloquímicos son fragmentos de pelecípodos, gasterópodos y equinodermos, *pellets*, foraminíferos bentónicos, calcisferas y restos de algas, que generalmente presentan alineamiento por corrientes y estratificación graduada a nivel de lámina delgada. Dentro de los *grainstone* se presentan oolitos, oncolitos, granos terrígenos e intraclastos. La macrofauna de esta formación es muy escasa y solamente se encontró pelecípodos, gasterópodos y belemnitas mal conservados y equinodermos escasos bien conservados; no se ha clasificado a estos últimos.

La unidad tiene un espesor que varía desde 500 hasta 600 m y se encuentra bien expuesta en una sección que va desde el Cerro La Fortuna hasta el Cerro Encinal (Figura 3, columna 2) y en la sección que va desde el Rancho Agua Salada hasta la Sierra Espinazo del Diablo (Figura 3, columna 1 y Figura 4, D). En esta última localidad ocurrió un plegamiento muy intenso y fallamiento inverso.

De acuerdo con sus facies y microfacies, es posible que los sedimentos de la formación Lampazos hayan sido depositados en un ambiente de plataforma somera restringida (*restricted shallow marine*), según el modelo

de Rose (1978).

Aunque ningún fósil de esta formación fue determinado, se estima que corresponda a la parte superior del Aptiano (edad clansayesiana) y tal vez alcance la parte inferior del Albiano inferior, ya que sobreyace a la formación Agua Salada, de edad gargasiana, y está sobreyacida por la formación Espinazo del Diablo, del Albiano inferior.

Formación Espinazo del Diablo. Esta formación fue nombrada por Herrera y Bartolini (*op. cit.*) para los afloramientos que esta unidad presenta en la Sierra Espinazo del Diablo, pero solamente la reconocieron en la parte nororiental del área aquí reportada. La posición estratigráfica que dichos autores señalaron, dentro de la columna estratigráfica del Bloque II (que ellos nombraron) es equivocada, pues la correlacionaron con base en su contenido de orbitolinas con la formación El Aliso (que aquí se nombra).

Esta es una unidad distinta, debido a que presenta horizontes de caliza masiva que forman las principales expresiones topográficas del área. Su espesor es variable, ya que en la Sierra Espinazo del Diablo alcanza 400 m, en el Cerro Caloso 240 m, en la Sierra Las Azules 115 m y en el Cerro Encinal 150 m (Figura 2).

En la base de la Sierra Espinazo del Diablo (Figura 3, columna 1), se encuentra un horizonte de caliza masiva de color gris claro que alcanza hasta 15 m de espesor, dentro del cual se presentan *boundstone* de requiéndidos, caprínidos (*Coalcomana* sp.) y corales coloniales (*Styliina*, sp. y otros no determinados), que pasa lateralmente a *wackestone-packstone* de orbitolinas, miliólidos y otros foraminíferos, restos de algas, pelecípodos y corales solitarios; lo sobreyace un paquete distintivo de 25 m de espesor de lodolita calcárea con intercalaciones de estratos delgados de *mudstone-wackestone*, dentro del cual existe abundante contenido faunístico de corales coloniales (*Montlivaltia* sp., *Cladophyllia furcifera*), corales solitarios (*Epistreptophillum* sp., *Axomilia* sp.), pelecípodos (*Exogyra franklini*, varias formas de trigonias y otros géneros no identificados), gasterópodos de tamaño grande y equinodermos (*Washitaster* sp.). En general, estos fósiles están bien conservados.

Sobre el horizonte anterior existe una secuencia formada por *wackestone-packstone* en paquetes de espesores desde 50 hasta 80 m, que alternan con paquetes de lodolita de espesores semejantes a los anteriores. La caliza se presenta en estratos delgados a medianos; localmente puede ser nodular, arcillosa, con planos de estratificación ondulante, con intercalaciones escasas de estratos muy delgados y laminares de lodolita amarillenta. Los paquetes de lodolita son de color verde y tienen intercalaciones de limolita, arenisca (que varía de arcosa a litarenita) de grano muy fino en estratos no mayores que 30 cm con diastratificación frecuente. En las *mudstone-wackestone* están presentes orbitolinas, *pellets*, algas, foraminíferos bentónicos, calcisferas, granos terrígenos y, ocasionalmente, una dolomitización leve. Dentro de los paquetes de caliza existen localmente estratos gruesos de *grainstone* de oolitos. En los paquetes de lodolita son comunes los gasterópodos y lentes de ostreas.

La formación termina hacia arriba con un horizonte de caliza masiva de hasta 30 m de espesor, cuyas facies son semejantes a las del horizonte de caliza masiva que se encuentra en la base de esta unidad (Figura 4, E).

En la base del Cerro Coloso (Figura 3, columna 4) existe un paquete de 20 m de espesor de caliza de color gris claro, en estratos gruesos a masivos, que contiene rudistas y orbitolinas escasos; sobre ella, hay lodolita de colores verde y gris con intercalaciones de estratos delgados de arenisca de grano muy fino y con lentes escasos de ostreas; sigue, hacia arriba, un paquete de 30 m de espesor de caliza nodular, arcillosa y con planos de estratificación ondulante, en estratos delgados y medianos, el cual, a su vez, está sobreyacido por un paquete de 60 m de espesor de lodolita con características semejantes a las de la parte inferior de esta unidad. Su cima está constituida por caliza masiva, en estratos gruesos, color gris claro, y contiene abundantes rudistas, corales y orbitolinas. En este lugar el espesor de la unidad está incompleto, pues su base está en contacto por falla con rocas volcánicas más jóvenes.

En el Cerro Encinal (Figura 3, columna 2), la formación está constituida por una estructura biohermal (Figura 4, F) que tiene 120 m de altura y más de 1.5 km de longitud, la cual está construida internamente por cinco montículos carbonatados superpuestos, que contienen abundantes rudistas (*Coalcomana* sp., requiéndidos y otras formas no determinadas), *Chondrodonta* sp., corales coloniales (*Thecosmilia* sp., *Thamnasteria* sp., y otros no determinados), briozoarios y gasterópodos (*Nerinea* sp., *Actaeonella* sp.). Presenta texturas que varían desde *mudstone* hasta *boundstone* y una gran cantidad de foraminíferos (*Dictyoconus* sp., miliólidos y otras formas no determinadas) y algas. En este afloramiento la formación Espinazo del Diablo termina, hacia arriba, con 30 m de caliza de color gris claro, en estratos gruesos y masivos, sin fauna significativa. Más hacia el sur del área y siguiendo este mismo afloramiento, se observa que el espesor de esta formación decrece lateralmente hasta alcanzar 50 m en el Cerro Los Picachos (Figura 3, columna 3).

Otro afloramiento importante de la formación Espinazo del Diablo es el que se encuentra en la Sierra Las Azules, donde se presenta formando acantilados abruptos. En su base muestra un paquete de 30 m de espesor de *mudstone-wackestone* de color azul amarillento, en estratos delgados y medianos, con algunos niveles arcillosos. Sobre éste existen 15 m de *mudstone-wackestone* de color azul gris, en estratos gruesos y a veces mal desarrollados, con intercalaciones de capas delgadas y lentes arcillosos que contienen corales solitarios abundantes muy mal conservados y dolomitizados. Los aloquímicos son de *pellets*, foraminíferos y calcisferas que presentan alineamiento por corrientes. La unidad termina, hacia arriba, con 70 m de caliza masiva y en estratos gruesos, de colores gris y azul claros, dentro de la cual predominan las texturas *wackestone-packstone* con rudistas (tucasias y caprínidos) y foraminíferos bentónicos escasos, restos de algas y calcisferas.

La formación Espinazo del Diablo sobreyace a la formación Lampazos y subyace, en contacto tránsito-

nal, a la formación Los Picachos, mientras que en el Cerro Caloso está sobreyacida, transicionalmente, por el miembro 1 de la formación Nogal.

Se interpreta a los sedimentos de esta formación como facies formadas dentro de un ambiente de plataforma somera, abierta, de energía moderada a alta (*moderate- to high-wave energy, open shallow marine*), según el modelo de Rose (1978); además, presentan características que permiten asignarlos al cinturón de facies número 7 (*open platform*) del modelo de sedimentación carbonatada propuesto por Wilson (1975).

La fauna de corales, pelecípodos y equinodermos encontrada en la formación Espinazo del Diablo permite asignarle una edad albiana temprana.

Formación Los Picachos y formación Nogal. Estas dos unidades son equivalentes en su posición estratigráfica, ya que ambas sobreyacen a la formación Espinazo del Diablo y constituyen la cima de la columna estratigráfica de las rocas cretácicas de esta área pero, litológicamente, son diferentes, por lo que representan un cambio de facies lateral. La formación Los Picachos presenta una litología monótona de caliza y lutita, mientras que la formación Nogal puede dividirse en tres miembros litológicos bien diferenciados.

La formación Los Picachos aflora ampliamente en la parte oriental del área, donde está cabalgando a las formaciones La Mesa y Nogal (Figura 2); también aflora en la parte septentrional del Cerro Encinal y en la parte septentrional del área, al poniente de la Sierra Espinazo del Diablo, donde está cubierta por rocas volcánicas de edad terciaria. A la secuencia de sedimentos que sobreyace a la formación Espinazo del Diablo en este último lugar, Herrera y Bartolini (*op. cit.*) nombraron formación Carricito. En el presente artículo, se utiliza el nombre de formación Los Picachos en lugar de formación Carricito para la secuencia de sedimentos que sobreyace transicionalmente a la formación Espinazo del Diablo en los lugares mencionados antes, ya que su mejor y más amplia exposición de afloramientos fue medida desde el Cerro Los Picachos, según la sección 3 (Figura 3).

La formación Los Picachos (Figura 3, columna 3), tal como se presenta en la parte oriental del área, alcanza un espesor de 950 m y su base está constituida por un paquete de 150 a 200 m de espesor de *mudstone* de *pellets*, restos de gasterópodos y miliólidos. Son arcillosos, de color amarillento, en estratos delgados pero mal desarrollados, muchas veces lajeados y tienen intercalaciones de lutita gris y lodolita calcárea; sobre éstos existen 150 m de *mudstone-wackestone* de *pellets*, calcisferas, gasterópodos de tamaño pequeño, de color azul grisáceo, en estratos delgados a gruesos, mal desarrollados localmente y con algunos niveles arcillosos; sigue, hacia arriba, un paquete de 200 m de espesor de lutita, de colores que van de gris a amarillento, sin estratificación definida, dentro de la cual se intercalan paquetes de 10 m de espesor de *mudstone-wackestone* de color gris claro en estratos delgados. Hacia arriba estas últimas se vuelven predominantes y constituyen un paquete de 200 m de espesor. La cima de la secuencia está constituida por otro paquete de 200 m de espesor de lutita, muy seme-

jante a la del paquete que se encuentra en la parte media de la secuencia.

En la parte septentrional del área, al oriente de la Sierra Espinazo del Diablo, la formación Los Picachos aflora con un espesor de 400 m, aproximadamente, pero su cima está cubierta discordantemente por rocas volcánicas terciarias. En este lugar, está constituida por lutita con intercalaciones de estratos o paquetes de *wackestone-packstone* con restos de pelecípodos y, a veces, es oolítica, así como intercalaciones de paquetes de arenisca (principalmente litarenita) de grano fino, en estratos delgados, dentro de los cuales hay gasterópodos mal conservados. Para la formación Los Picachos se considera un ambiente de depósito de plataforma somera restringida (*restricted shallow marine*), según el modelo de Rose (1978), y también puede asignarse al cinturón de facies número 8 (*restricted platform*) de Wilson (1975).

La edad de esta formación se considera del Albiano medio, debido a su posición estratigráfica sobre la formación Espinazo del Diablo (Albiano temprano) y porque es equivalente a la formación Nogal, del Albiano medio.

La formación Nogal está constituida por tres miembros, los cuales se enumera del uno al tres, de la base a la cima (Figura 3, columna 4).

Miembro 1. Está constituido por la alternancia de lutita de color gris oscuro, arenisca de grano fino de colores gris y café en estratos delgados y caliza arcillosa de color café rojizo que tiene abundantes restos de ostreas. Esta última se presenta en estratos delgados y es arenosa, generalmente. Dichas litologías se interestratifican rítmicamente y tienen gran abundancia de gasterópodos (*Turritella marnochi*, *Cerithium kansansense*, *Casiope branneri*, *C. burnsi*, *C. helvetica*, *C. zebra*, *C. pallexensis*, *Actaenella* sp., *A. parvus*, *Peruviella dolium*, *Lunatia pederalis*, *Liocarenus formosum*) y pelecípodos (*Megatriponia* sp., *Protocardia texana*, *Astarte* sp., *Exogyra texana*). Este miembro tiene un espesor de 190 m.

Miembro 2. En su base se presenta un estrato masivo de *wackestone-packstone* de rudistas, corales, restos de algas y orbitolinas, miliólidos y otros foraminíferos, el cual tiene cambios laterales de espesor, llegando a medir desde 10 m hasta alcanzar 60-70 m en la estructura biohermal que forma en el Cerro Peñasco de Las Guacas (Figura 4, G). Sobre el anterior, existe *wackestone* de color negro en superficie fresca y azul claro por intemperismo, en estratos no mayores que 30 cm de espesor, que contienen gasterópodos abundantes y ostreas bien conservadas. Sigue, hacia arriba, un paquete de 40 m de espesor constituido por lutita gris masiva, con intercalaciones de estratos gruesos de arenisca de grano fino de color café oscuro a rojizo y de *wackestone-packstone* de ostreas y gasterópodos, que es arcillosa y de color gris. Dentro de la arenisca hay fragmentos abundantes (de hasta 20 cm de diámetro) de madera fósil y en ellas es frecuente la diastratificación. Este miembro, que alcanza un espesor de 120 m, termina hacia arriba con un estrato de 3 a 5 m de espesor de *wackestone-packstone* con rudistas y corales parecidos a los de la base del miembro.

Miembro 3. Presenta una interestratificación de lutita, que va desde colores gris y café rojizo en la base del

miembro hasta amarillo hacia la cima, arenisca de grano muy fino en estratos muy delgados en la base del miembro, la cual es escasa hacia la cima, y caliza arcillosa de estratificación delgada de color azul claro a amarillento. Este miembro contiene en sus horizontes de caliza arcillosa y lutita una fauna de amonitas abundante y bien conservada (*Engonoceras stolleyi*, *E. cf. E. pierdenale*, *E. uddeni*, *Parengonoceras* sp., *Protengonoceras* sp., *Hoplites* sp., *Beudanticeras* sp.), pelecípodos (*Cyprimeria washitaensis*, *C. gigantea*, *Cardium granuliferum*, *Pleuromya* sp., *Protocardia texana*), equinodermos (*Tetragramma malbosi*, *Heteraster mexicanus*, *Hemiaster* sp., *Washitaster* sp., *Tetragramma nashitaster*) y gasterópodos (*Pleurotomaria* cf. *P. macilenta*, *Turritella marnochi*). Este miembro alcanza un espesor de 230 m y su límite superior no se conoce, ya que está cabalgado por la Falla Encinal (Figuras 2 y 3).

De acuerdo con el modelo de Rose (1978) y por sus características litológicas y paleontológicas, se considera que el miembro 1 de la formación Nogal fue depositado en un ambiente de plataforma somera restringida; el miembro 2 se considera depositado en un ambiente de plataforma somera abierta de energía baja y para el miembro 3 se interpreta un ambiente de depósito de plataforma abierta (*open shelf*). De acuerdo con el modelo de Wilson (1975), el miembro 1 puede asignarse al cinturón de facies 8 (*restricted platform*); el miembro 2 al cinturón de facies 7 (*open platform*) y el miembro 3 al cinturón de facies 2 (*open shelf*). Con base en su contenido fosilífero, la edad de la formación Nogal se considera del Albiano medio-tardío. Los gasterópodos identificados del miembro 1 indican una edad del Albiano medio. Del mismo modo, la presencia de *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *subconcava*, cuyo alcance mediterráneo es de la cima del Albiano inferior al Albiano medio (R. W. Scott, comunicación escrita, 1985), indica para el miembro 2 una edad del Albiano medio. Las amonitas del miembro 3 son indicativas del Albiano medio y *Cyprimeria washitaensis*, *Pleurotomaria* cf. *P. macilenta* y *Tylosotoma* cf. *T. kentense* se ubican en el Albiano superior.

Formación La Mesa. Esta unidad aflora en la parte oriental del área (Figura 2). Fue imposible ubicar su posición estratigráfica, ya que su relación con las otras unidades es estructural y sus características litológicas y escasez de elementos paleontológicos impidieron correlacionarla.

Su ubicación inaccesible imposibilitó una observación más detallada y solamente se describe la porción superior. En la parte extrema inferior de la secuencia estudiada existen 30 m de caliza en estratos desde gruesos hasta masivos, de color gris oscuro, con abundantes ostreas, los cuales están sobreyacidos por un paquete de 30 m de espesor de arenisca de grano fino de color café amarillento con estratificación mal desarrollada y con intercalaciones de limolita de igual color. Hacia arriba, se encuentra un horizonte de caliza de 3 a 5 m de espesor que contiene perforaciones abundantes de serpúlidos y restos de ostreas, el cual, a su vez, está sobreyacido por lutita de color gris a café amarillento que alcanza un espesor de 80 m. El ambiente probable de depósito de esta

unidad se interpreta de plataforma somera restringida.

Correlación.- En la Figura 3 se muestra una correlación local de las distintas unidades que afloran dentro del área estudiada, donde puede observarse los cambios laterales de facies que presentan las unidades Agua Salada y Espinazo del Diablo, principalmente.

Estos cambios bruscos de facies se considera propios del ambiente de plataforma en el cual se depositaron estas rocas; o bien, es posible que los afloramientos localizados al sur de la Falla El Aliso (Figura 3) hayan sido transportados desde una posición al surponiente del área, durante la deformación laramídica, tal como se discute más adelante.

Vistos de una manera regional, los sedimentos de esta área fueron depositados dentro de la prolongación hacia el noroeste del Geosinclinal Mexicano y dentro del cual se distingue la Cuenca Bisbee (Bilodeau y Lindberg, 1983) y la Cuenca de Chihuahua (Córdoba *et al.*, 1970). En la Cuenca Bisbee, desarrollada durante el Aptiano-Albiano en el sudoriente de Arizona y norte de Sonora, se depositó los sedimentos del Grupo Bisbee (Ransome, 1904) que representan un ciclo transgresivo-regresivo y que consisten, de la base a la cima, en las unidades Conglomerado Glance, Formación Morita, Caliza Mural y Formación Cintura. Las dos primeras indican facies aluviales y deltaicas (Bilodeau y Lindberg, *op. cit.*) y representan el inicio del ciclo transgresivo, el cual culminó con la Caliza Mural, que señala facies de plataforma. La Formación Morita también representa facies deltaicas e indica la etapa regresiva del ciclo. Hacia el norponiente de Sonora, los últimos afloramientos que representan rocas depositadas en los márgenes de la Cuenca Bisbee, son los que están en el Cerro El Chanate, al norte de la ciudad de Caborca, en los cuales se distingue las formaciones Sásabe y El Chanate, que representan sedimentos de ambientes de mareas, abanicos fluviales y marinos someros (Jacques-Ayala, 1983).

La secuencia sedimentaria del área estudiada se considera cronocorrelacionable con los sedimentos del Grupo Bisbee, pero distinta a él en sus facies sedimentarias, ya que en este último aspecto es más parecida a los sedimentos del Grupo Chihuahua (Córdoba, 1969). Algunas diferencias notables entre los dos primeros es el carácter más carbonatado de las unidades de este estudio en contraposición con las características más terrígenas del Grupo Bisbee, el contenido fosilífero es más abundante en el área estudiada y la distribución estratigráfica del foraminífero *Orbitolina* es más amplia en esta área, mientras que en el Grupo Bisbee solamente se restringe a la Caliza Mural. La Figura 5 indica una cronocorrelación entre las formaciones del área estudiada y aquéllas del Grupo Bisbee del nororiente de Sonora y sudoriente de Arizona. La formación El Aliso se considera cronocorrelacionable con el Conglomerado Glance, debido a su posición estratigráfica; la formación Agua Salada es cronocorrelacionable con la Formación Morita por la presencia en ambas de *Dufrenoyia justinae*; la formación Lampazos se correlaciona con el miembro inferior de la Caliza Mural; en esta última unidad se reconoce dos miembros informales, uno inferior

y otro superior, para los afloramientos del sudoriente de Arizona (Hayes, 1970) y del nororiente de Sonora (Warzeski, 1983). La formación Espinazo del Diablo es cronocorrelacionable con el miembro superior de la Caliza Mural, además de presentar características litológicas y paleontológicas comunes, tales como el desarrollo de caliza masiva, estructuras biohermales de rudistas y corales y la presencia de *Orbitolina*. Por último, se considera equivalentes a las formaciones Los Picachos y Nogal con la Formación Cintura.

		1	2	3	4	5	6
		NW SONORA	NE SONORA SE ARIZONA	LAMPAZOS, SONORA	Norte de CHIHUAHUA	Norte de COAHUILA	DURANGO
CRETÁCICO INFERIOR	ALBIANO	formación El Chanate	Fm. Cintura	Fm. Nogal = fm. Los Picachos	Fm. Lágrima	Fm. Telephone Canyon	Fm. Cuesta del Cura
	APTIANO	formación Sásobe	Fm. Mural Miembro Superior	Fm. Espinazo del Diablo	Fm. Benigno	Fm. Glen Rose	Formación La Peña
			Miembro Inferior	fm. Lampazos	Fm. Cuchillo	Formación La Peña	
NEOCENO- MIANO		Formación Morita	formación Agua Salada			Formación Cupido	Formación La Peña
		Conglomerado Glance	fm. El Aliso	?			

Figura 5.- Correlación cronoestratigráfica de los sedimentos cretácicos de Lampazos, Sonora. Según 1) Jacques-Ayala, 1983; 2) Warzeski, 1983; 3) este artículo; 4) Córdoba, 1969; 5) varios autores (Conklin y Moore, 1977; Humphrey, 1949; Young, 1977, Barceló-Duarte, 1983) y 6) Roldán-Quintana, 1970.

Las formaciones Espinazo del Diablo, Mural y sus equivalentes en otras partes del Estado de Sonora (e.g. formación El Macho, en el centro del estado; González-León, 1978), son importantes, ya que parecen delimitar, por su amplia distribución geográfica, a una plataforma carbonatada, la cual Warzeski (1983) llamó Plataforma Mural para los afloramientos de la Caliza Mural en el sureste de Arizona y noreste de Sonora y Rangin (1978) la nombró Plataforma Sonorense.

La secuencia del área estudiada presenta mayor similitud litológica con otras que afloran en los Estados de Chihuahua y Coahuila que con las de la Cuenca de Bisbee, por su carácter más carbonatado y por su contenido faunístico. En la Sierra de San Ignacio, al norte de Chihuahua, Córdoba (1969) reportó una secuencia sedimentaria, que dividió en Formación Cuchillo y Grupo Chihuahua. La Formación Cuchillo, en ese lugar, está constituida por caliza en estratos gruesos, con arenisca y lutita intercaladas conteniendo *Dufrenoyia justinae* (Córdoba, *op. cit.*). La formación Agua Salada aquí descrita se considera cronocorrelacionable con las Formaciones Cuchillo, de Chihuahua, y La Peña, del norte de Coahuila, principalmente por su contenido de *Dufrenoyia*, *Parahoplites* e *Hypacanthoplites*, tal como lo reportaron Smith (1970) y Barceló (1983). Del mismo modo, puede considerarse que, al menos por su posición estratigráfica, la formación El Aliso, aquí descrita, es equivalente a la parte superior de la Formación Cupido, que en sus afloramientos del norte de los Estados de Nuevo León y Coahuila subyace a la Formación La Peña (Figura 5). La Formación Cupido, según Conklin y Moore

(1977) y Johnson (1984), contiene el foraminífero *Orbitolina* al igual que la unidad El Aliso.

La formación Lampazos se considera cronocorrelacionable con la parte superior de la Formación Cuchillo, del norte de Chihuahua, ya que, según Córdoba (*op. cit.*), esta última formación tiene un alcance cronológico de hasta el Albiano temprano.

La formación Espinazo del Diablo es otra unidad que también pudiera ser cronocorrelacionable con otras del norte de México. Puede considerarse equivalente a la Formación Benigno del Grupo Chihuahua, que aflora en la Sierra de Juárez (Córdoba, *op. cit.*), la cual sobreyace a la Formación Cuchillo y está constituida por caliza en estratos gruesos a masivos, con rudistas y *Orbitolina* abundantes; es también equivalente a la unidad I de la secuencia reportada por Franco-Rubio (1978) en la Sierra de Savonarola en la parte centromeridional del Estado de Chihuahua y a la Formación Glen Rose del noroeste de Coahuila.

Hacia el sureste del área estudiada, en la porción centrooriental del Estado de Durango, la Formación La Peña está sobreyacida por la Formación Cuesta del Cura, que presenta facies de cuenca profunda (Roldán, 1968). Considerando que la Formación La Peña es equivalente a la formación Agua Salada, se observa que la Formación Espinazo del Diablo, con facies de plataforma, cambia a facies de cuenca profunda hacia el sureste, por lo cual se considera equivalente a la Caliza Cuesta del Cura.

Formación Báucarit. Esta unidad sedimentaria que aflora en casi todos los valles de Sonora fue nombrada, para sus afloramientos en el sur del estado, por King en 1939. Aflora en la parte noroccidental del área estudiada y se presenta en contacto por falla normal o, a veces, discordante sobre los sedimentos cretácicos y las rocas volcánicas terciarias. Debido a que es una molasa continental depositada después del fallamiento de sierras y valles paralelos (cuencas y sierras) que ha estado afectando a Sonora desde el Mioceno (Roldán, 1984), el carácter de su composición litológica está determinado por el de sus áreas-fuente adyacentes. Aquí, consiste principalmente en arenisca y conglomerado más o menos bien estratificados, con una consolidación mediana, y está cortada por paleocanales abundantes con relleno de aluvión reciente. Hacia el occidente y al norte del área estudiada, está sobreyacida discordantemente por los basaltos pliocénico-cuaternarios. Roldán (1979) le asigna una edad miocénica temprana

ROCAS MAGMÁTICAS

Dentro del área estudiada se presentan algunos eventos ígneos que afectan a las rocas sedimentarias, los cuales se describe a continuación, de manera general.

Se presenta un primer evento de intrusión de plutones someros de composición diorítica y riolítica. Los cuerpos dioríticos afloran en una extensión de varios kilómetros cuadrados en la parte central del área, formando el Cerro La Bandera y otras eminencias pequeñas cercanas; en la parte nororiental del área, un intrusivo

de esta naturaleza continúa con dirección paralela al rumbo de los sedimentos; otros intrusivos dioríticos afloran en la parte septentrional cortando al Cerro Caloso. Un cuerpo hipabisal, de composición riolítica, aflora en la parte centrooriental del área, al sur del Cerro Peñasco de las Guacas, y está cortando a la Falla Encinal. Este primer evento intrusivo ocurrió inmediatamente después de la deformación laramídica y es anterior al volcanismo del Terciario, ya que éste lo cubre de manera discordante.

En varias partes del área ocurrieron otros eventos de intrusión de diques con dirección NW-SE, N-S y NE-SW, de composición riolítica, diabásica y dacítica (Solano-Rico, 1970), cortando a los sedimentos cretácicos y a los cuerpos intrusivos.

Al menos dos eventos de volcanismo terciario están bien representados en el Cerro La Haciendita y Cerro Las Bellotas. En el Cerro La Haciendita, se presenta una secuencia de derrames andesíticos con intercalaciones de conglomerado de la misma composición, que alcanza un espesor de varios cientos de metros y está sobreyacida, discordantemente, por toba riolítica. Por otra parte, en el Cerro La Palmera (Figura 2), esta toba sobreyace al intrusivo diorítico.

Por último, se presenta un evento de volcanismo basáltico pliocénico-cuaternario (Paz, 1984), que forma una meseta amplia en el valle del Río Moctezuma, ubicado al norte, cerca del área estudiada.

ESTRUCTURA GEOLÓGICA

Las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior que afloran en lugares aislados del Estado de Sonora registran una historia rica en procesos geodinámicos por los cuales fueron afectadas. Se ha descrito estos eventos en el norte y noreste del estado, donde los sedimentos del Grupo Bisbee están mejor y más ampliamente expuestos. En dichas áreas, se reconoce dos eventos de deformación compresiva: uno asignado a la fase mesocretácica, reportado por Rangin (1984) y que se expresa por plegamiento y cabalgamiento hacia el noreste, producidos por colisión de microcontinentes contra el continente de América del Norte, en el noroeste de México (Rangin, *op. cit.*); el segundo evento, mejor conocido, corresponde a la fase Larámide que ocurrió durante el Cretácico Tardío-Eoceno, la cual estuvo acompañada por magmatismo calchalcino que migró del poniente hacia el oriente del estado (Anderson y Silver, 1974). La deformación Larámide produjo plegamientos y cabalgamientos locales con dirección de estructuras NW-SE, con asimetría y transporte tectónico, respectivamente, tanto hacia el nororiental como hacia el sudponiente, que son bien conocidos en el noreste de Sonora (Rangin, 1977) y sureste de Arizona (Davies, 1979).

Durante el Terciario, las rocas mesozoicas y las estructuras laramídicas de Sonora fueron cubiertas por varios eventos de volcanismo, los cuales han sido ampliamente estudiados por Roldán y Solano (1978) y Roldán (1984). Durante el Mioceno temprano, se inició un episodio de fallamiento extensivo, el cual continúa hasta la fecha, originando la disposición fisiográfica actual del Estado de Sonora, caracterizada por una serie de sierras

y valles paralelos. Dentro de estos valles, se depositaron sedimentos clásticos continentales de origen fluvial y lacustre, con intercalaciones de volcanismo basáltico en sus niveles inferiores, que formaron espesores de varios cientos de metros y que son conocidos con el nombre de Formación Báucarit. Un último evento de volcanismo dentro de los valles de Sonora ocurrió desde el Plioceno hasta el Reciente, formando mesetas extensas de basalto.

En el área estudiada se registra la mayor parte de los eventos geológicos mencionados que ocurren a nivel regional; a continuación, se hace su descripción, desde el más antiguo hasta el más joven.

ESTRUCTURAS LARAMÍDICAS

Están representadas dentro de la secuencia del Cretácico Inferior y sólo a ella afectan. Consisten en pliegues paralelos, fallas inversas y cabalgaduras con dirección NW-SE; la vergencia de los pliegues es nororiental. Sin embargo, algunas de estas estructuras, que continúan hacia la parte meridional del área, sufren un cambio de rumbo hacia el norte, lo cual podría explicarse si se supone una velocidad menor de avance del cabalgamiento (Falla Encinal) en su parte sudoriental respecto a su parte noroccidental (Figura 3).

Esta deformación, que se considera laramídica por ser la más conocida en el Estado de Sonora y porque no existen dentro del área los elementos suficientes para suponerla mesocretácica (por ejemplo, la presencia de sedimentos del Cretácico Superior), es variable en su intensidad dentro de las distintas unidades de sedimentos, según sea la competencia mecánica de ellas. A continuación se describe las principales estructuras observadas.

Anticlinal Agua Salada. Esta estructura, ubicada en la esquina noroccidental del área y al sur del Rancho Agua Salada (Figura 2), fue descrita por Herrera y Bartolini (*op. cit.*) como domo Agua Salada, ya que tiende a esa forma. Está formada por la unidad sedimentaria del mismo nombre y en su interior está afectada por una serie de pliegues menores, anticlinales y sinclinales normales, que a su vez están recortados por fallamiento normal postlaramídico con dirección NW-SE (Figura 2). Otra falla normal la pone en contacto con sedimentos terciarios y la continuación de su sistema de pliegues interno con la formación Lampazos, que la sobreyace y rodea. El afloramiento de esta estructura es poco claro.

Anticlinales El Aliso y La Fortuna. El primero fue nombrado por Herrera y Bartolini (*op. cit.*) y ambos están constituidos por la formación Agua Salada. Afloran en la parte central del área con rumbo NW-SE y están separados por un sinclinal con la misma dirección, en el cual aflora la formación Lampazos (Figura 2). Las tres estructuras continúan hacia la parte centromeridional del área, donde están cortadas por un cuerpo diorítico; después, su rumbo cambia a N-S dentro de la formación Lampazos. El anticlinal El Aliso es simétrico, mientras que el de La Fortuna, que aflora en el cerro del mismo nombre, presenta pliegues internos y su flanco sudoccidental está recostado levemente y en contacto, por fallas

normal e inversa, con la formación Lampazos. Esta última unidad forma el sinclinal que se encuentra en medio de los dos anticlinales anteriores y presenta un patrón de pliegues internos más complicado, debido al carácter de su litología, que es poco competente. Tal característica de la formación Lampazos se manifiesta en todo el afloramiento y principalmente se observó en la parte noroccidental del área, donde presenta pliegues bastante cerrados (debido a la escala, fue imposible incluir en el mapa todos estos pliegues) y fallas inversas hacia el norponiente.

Pliegues de la formación Espinazo del Diablo. Los pliegues que forman esta unidad son el sinclinal y el anticlinal en la Sierra Las Azules y el anticlinal que forma el Cerro Caloso (Figura 2). Los dos primeros son abiertos y simétricos y su carácter está determinado por la alta competencia estructural de dicha unidad. El anticlinal que forma el Cerro Caloso fue nombrado por Herrera y Bartolini (*op. cit.*) como anticlinal Caloso; presenta un afloramiento bastante incompleto, ya que está recortado por fallas normales en su parte central y oriental y, además, está afectado por un intrusivo en su parte noroccidental. Al nivel de la sección B'-B'' (Figura 2) presenta una concavidad producida, tal vez, por el empuje de la Falla Encinal, lo cual le da una geometría de pliegue en abanico.

Pliegues de la formación Nogal. Esta unidad, por su carácter litológico, es incompetente a la deformación y debido a su confinamiento entre el avance de la Falla Encinal y la alta competencia de la formación Espinazo del Diablo, que aflora en el Cerro Caloso, presenta una deformación fuerte por plegamiento asimétrico recostado, el cual se observa bien gracias a su miembro 2, que es un horizonte-índice dentro de ella (Figura 2). Sin embargo, la deformación observada en los miembros 1 y 3 es intensa, con pliegues muy cerrados. La formación Nogal y sus estructuras tectónicas están recortadas por la Falla Nogal en su parte oriental, por la Falla Encinal en sus partes meridional y occidental y por un cuerpo intrusivo en su parte noroccidental.

La formación Los Picachos, que ocupa la misma posición estratigráfica que la formación Nogal, no presenta pliegues importantes; su actitud es homoclinal.

Pliegues de la formación La Mesa. Dentro de esta unidad, se observó pliegues asimétricos con rumbo NW-SE, los cuales están afectados por la Falla Encinal y por la falla normal Nogal. Sin embargo, la información sobre esta unidad es incompleta, ya que la inaccesibilidad para llegar a ella limitó el trabajo de campo.

Falla Encinal. Esta estructura fue nombrada por Herrera y Bartolini (*op. cit.*) como Cabalgadura Encinal. Su traza tiene una dirección NW-SE y presenta bifurcación en sus partes noroccidental y sudoriental. Se ubica en la esquina nororiental del área, donde origina una superposición estructural de las formaciones Lampazos, Espinazo del Diablo, Los Picachos y La Mesa sobre la formación Nogal, a la cual comprimen contra la formación Espinazo del Diablo en el Cerro Caloso.

No pudo medirse su inclinación, ya que su afloramiento está cubierto parcialmente y es de acceso difícil. Sin embargo, su traslape horizontal puede ser a escala de kilómetros, debido a la superposición fuerte de las unidades ya mencionadas; por ello, puede considerarse como un cabalgamiento.

Su continuación se pierde en la parte noroccidental, debido a un cuerpo intrusivo y a la Falla El Aliso. En su parte media está cortada por un cuerpo intrusivo riolítico y en su parte sudoriental está cortada por la Falla Nogal y cubierta por volcanismo terciario.

Otras estructuras laramídicas, de menor importancia dentro del área, son las fallas inversas localizadas en la unidad Lampazos, en la esquina noroccidental del área, y una falla inversa con sentido de transporte tectónico hacia el WNW, contraria a las demás, que lo tienen hacia el NE, y la cual, se supone, se formó por una velocidad de avance menor en la parte sudoriental de la Falla Encinal.

ESTRUCTURAS POSTLARAMÍDICAS

Estas se expresan como fallas normales de rumbo NW-SE, algunas de ellas con desplazamiento vertical fuerte, y son asignadas a la deformación distensiva que se inició a principios del Mioceno y dio origen al sistema de cuencas y sierras.

Falla Nogal (Herrera y Bartolini, *op. cit.*). Tiene un rumbo NNW-SSE en una distancia de más de 12 km (Figura 3). Pone en contacto a las rocas volcánicas terciarias con algunas unidades del Cretácico Inferior, en la parte oriental del área, y termina hacia la parte sudoriental, donde las rocas volcánicas sobreyacen discordantemente a las rocas sedimentarias. Hacia el noroeste, su prolongación no se observa claramente, infiriéndose que continúa hacia fuera del área, donde afecta al cuerpo intrusivo situado en la parte septentrional del área; también en ese lugar, forma un sistema de fallas en escalón, junto con la falla normal que corta al anticlinal del Cerro Caloso en dirección casi paralela a ella.

Falla El Aliso (Figura 3). Tiene un rumbo NE-SW con una inclinación mínima de 55°. En su extremo nororiental pone en contacto al conjunto volcánico terciario del Cerro Las Bellotas con los sedimentos del Cretácico Inferior y se extiende varios kilómetros fuera del área; hacia su parte sudoccidental, su prolongación no es clara después de que llega al intrusivo diorítico de la parte central del área. A lo largo de su afloramiento, que es de 9 km, corta pliegues y a la bifurcación de la Falla Encinal (Figura 2). Como se mencionó anteriormente, es probable que esta estructura haya desempeñado un papel de falla de desplazamiento lateral durante el evento compresivo laramídico, ya que divide, hacia el norte y hacia el sur, formaciones sedimentarias que presentan cambios bruscos de facies, en distancias cortas.

Otras estructuras postlaramídicas son el fallamiento normal y el desplazamiento de bloque por gravedad que se presenta en la Sierra Las Azules, las fallas normales que existen en el área de la Mina Lampazos y el fallamiento normal de la esquina noroccidental del área,

el cual pone en contacto a todas las unidades sedimentarias y a las rocas volcánicas terciarias con la Formación Báucarit.

CONCLUSIONES

1. La utilidad del foraminífero *Orbitolina* dentro de las rocas del Grupo Bisbee, en la parte septentrional de Sonora, como indicador del Albiano inferior, para correlaciones locales y regionales de la Caliza Mural y como un fósil índice de dicha unidad, no tiene aplicación en la secuencia estudiada, ya que en ésta su distribución vertical es desde la base (formación El Aliso) hasta la cima (miembro 2 de la formación Nogal) de la sección. Lo anterior concuerda con las observaciones de Smith (1970), quien evidenció estas mismas relaciones para los sedimentos cretácicos del norte de Coahuila.

2. La formación Espinazo del Diablo puede ser, con bastante seguridad, litocorrelacionable con la Caliza Mural del Grupo Bisbee, considerándose a las otras formaciones de dicho grupo cronocorrelacionables con los sedimentos de Lampazos, ya que presentan diferencias litológicas marcadas.

3. La secuencia de Lampazos, por su carácter carbonatado, es más parecida a otras que se depositaron en la cuenca de Chihuahua y se intenta una cronocorrelación entre ellas.

4. Se cronocorrelaciona a las unidades El Aliso, Agua Salada y Espinazo del Diablo con las Formaciones Cupido, La Peña y Glen Rose, que afloran en el norte de Coahuila. Dentro de este arreglo, la unidad Lampazos no tiene su correspondiente en esas regiones, lo cual puede explicarse si se supone una velocidad más alta de sedimentación para la cuenca que se desarrolló en la región estudiada, por su proximidad al arco volcánico que en esos tiempos existía en el noroeste de México (Scott, 1984).

5. Se apoya aquí lo propuesto por otros autores (Rangin, 1978; Warzeski, 1983) acerca de la existencia de una plataforma carbonatada que existió en gran parte del Estado de Sonora y la cual debió haberse desarrollado plenamente durante el tiempo de sedimentación de la Caliza Mural y su equivalente, la formación Espinazo del Diablo. Esta plataforma debe tener un margen, cuya posición y carácter aún quedan por definir, ya que hacia el sureste (región de Durango) cambia a facies de cuenca profunda, representada por la Caliza Cuesta del Cura.

6. La historia tectónica de esta área, que ocurrió después de la sedimentación de las rocas del Cretácico Inferior, es muy similar a la de otras áreas de Sonora. Se distingue un período laramídico de deformación compresiva, que produjo plegamiento y cabalgamiento dentro de los sedimentos; un período de intrusión plutónica que pudo haber sucedido al mismo tiempo o un poco después de la deformación laramídica; varios eventos de vulcanismo terciario; un período de fallamiento normal de la fase cuencas y sierras que continúa hasta el presente; la deposición de los sedimentos continentales de la Formación Báucarit y un último evento de derrames basálticos que ocurrió durante el Plioceno-Cuaternario.

AGRADECIMIENTOS

La investigación presente fue desarrollada dentro del proyecto 013 del Instituto de Geología, UNAM, en la Estación Regional del Noroeste. El autor expresa su agradecimiento a las autoridades de esta institución por las facilidades que proporcionaron para su realización. Asimismo, reconoce la valiosa ayuda que brindaron la Dra. Blanca E. Buitrón, quien determinó la mayor parte de la macrofauna del área, la M. en C. Celestina González, la Dra. Gloria Alencáster y el Dr. R. W. Scott, quienes determinaron e hicieron valiosos comentarios sobre los fósiles del área. El manuscrito fue dictaminado por el Dr. Jaime Barceló-Duarte y el M. en C. Miguel Franco-Rubio, a quienes se agradece las sugerencias hechas, que contribuyeron a mejorar substancialmente el mismo. El Dr. Zoltan de Cserna gentilmente revisó la última versión del manuscrito e hizo indicaciones valiosas por lo que se le expresa las más cumplidas gracias. No obstante, el autor asume la responsabilidad completa por los errores y omisiones existentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, T. H., y Silver, L. T., 1974, Late Cretaceous plutonism in Sonora, Mexico and its relationship to Circum-Pacific magmatism: Geol. Soc. America, Abstr. with Programs, v. 6, p. 955-956 (resumen).
- Barceló-Duarte, Jaime, 1983, Lower Cretaceous stratigraphy and depositional systems in northwestern Coahuila, Mexico: Univ. Texas en Austin, disertación doctoral, 251 p. (inérita).
- 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, M. W., y Dolly, E. D., eds., Mesozoic paleogeography of the west-central United States. Denver, Soc. Econ. Paleontologists, Rocky Mountain Section, Symp., 2, p. 173-188.
- Conklin, Jack, y Moore, Clyde, 1977, Paleoenvironmental analysis of the Lower Cretaceous Cupido Formation, northeast Mexico: in Bebout, D. G., y Loucks, R. G., eds., Cretaceous carbonates of Texas and Mexico. Univ. Texas at Austin, Bureau Econ. Geol., Report Invest. 89, p. 302-323.
- Córdoba, D. A., 1969, Mesozoic stratigraphy of northeastern Chihuahua, Mexico: in Córdoba, D. A., Sherman, A. W., y Shomaker, John, eds., New Mexico Geol. Soc., Guidebook, Field Conference, 20, p. 91-96.
- Córdoba, D. A., Rodríguez-Torres, Rafael, y Guerrero-García, J. C., 1970, Mesozoic stratigraphy of the northern portion of the Chihuahua trough: in Seewald, Ken, y Sundeen, Dan, eds., The geologic framework of the Chihuahua tectonic belt. Midland, West Texas Geol. Soc., Symp., p. 83-97.
- Davies, G. H., 1979, Laramide folding and faulting in southeastern Arizona: Am. Jour. Science, v. 279, p. 543-569.
- Dunham, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture: in Ham, W. E., ed., Classification of carbonate rocks. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Mem. 1, p. 108-121.
- Flinn, D. L., 1977, The geology of the Cerro Macho area, Sonora, Mexico: Flagstaff, Northern Arizona Univ., tesis de maestría, 73 p. (inérita).
- Folk, R. L., 1969, Petrología de rocas sedimentarias, traducción del inglés por Carmen Schlaepfer y Rebeca M. de Schmitter: México, D. F., Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, 405 p.
- Franco-Rubio, Miguel, 1978, Estratigrafía del Albiano-Cenomaniano en la región de Naica, Chihuahua: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 2, p. 132-149.
- González-León, Carlos, 1978, Geología del área de Arizpe, Sonora centro-septentrional: Hermosillo, Univ. Sonora, tesis profesional, 66 p. (inérita).
- González-León, Carlos, y Buitrón, B. E., 1984, Bioestratigrafía del Cretácico Inferior del área de Lampazos, Sonora, México: Oaxtepec, Cong. Latinoam. Paleontología, 3, Mem., Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, p. 371-377.
- Hayes, P. T., 1970, Cretaceous paleogeography of southeastern Arizona and adjacent areas: U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 658-B, p. 34-35.

- Herrera-Urbina, Saúl, y Bartolini-Navarro, Claudio, 1983, *Geología del área de Lampazos, Sonora*: Hermosillo, Univ. Sonora, tesis profesional, 120 p. (inédita).
- Himanga, J. C., 1977, *Geology of the Sierra Chiltepin, Sonora, Mexico*: Flagstaff, Northern Arizona Univ., tesis de maestría, 99 p. (inédita).
- Humphrey, W. E., 1949, *Geology of the Sierra de Los Muertos area and paleontology of the La Peña Formation, Mexico*: Geol. Soc. America Bull., v. 60, p. 87-176.
- Imlay, R. W., 1939, *Paleogeographic studies in northeastern Sonora*: Geol. Soc. America Bull., v. 50, p. 1723-1744.
- INEGI, 1975, Hoja Lampazos H-12-D-35, carta topográfica: México, D. F., Secretaría de Programación y Presupuesto, Inst. Nal. Estadística, Geografía e Informática, escala 1:50,000.
- INEGI, 1982, Hoja Badesi H-12-D-36, carta topográfica: México, D. F., Secretaría de Programación y Presupuesto, Inst. Nal. Estadística, Geografía e Informática, escala 1:50,000.
- Jacques-Ayala, César, 1983, *Sierra El Chanate, northwestern Sonora, Mexico; stratigraphy, sedimentology and structure*: Cincinnati, Univ. Cincinnati, tesis de maestría, 143 p. (inédita).
- Johnson, C. C., 1984, *Paleoecology, carbonate petrology and depositional environments of lagoonal facies, Cupido and El Abra Formations, northeast Mexico*: Boulder, Univ. Colorado, tesis de maestría, 147 p. (inédita).
- King, R. E., 1939, *Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico*: Geol. Soc. America Bull., v. 50, p. 1625-1722.
- Minjarez, Ismael, Palafox, J. J., Torres, Yolanda, y Villalobos, Roberto, 1985, *Consideraciones respecto a la estratigrafía y estructura del área de Sahuaripa-Arivechi*: Univ. Sonora, Bol. Dept. Geol., v. 2, (segunda época), p. 90-105.
- Palafox, J. J., y Martínez, J. A., 1985, *Estratigrafía del área de Arivechi, Sonora*: Univ. Sonora, Bol. Dept. Geol., v. 2 (segunda época), p. 30-59.
- Paz, F. A., 1984, *Composición y origen de los basaltos plio-cuaternarios de Moctezuma, Sonora*: México, D. F., Soc. Geol. Mexicana, Convención Nacional, 7, Resúmenes, p. 170 (resumen).
- Pettijohn, F. J., 1957, *Sedimentary rocks*: Nueva York, Harper and Bros., 628 p.
- Rangin, Claude, 1977, *Tectónicas sobrepuestas en Sonora septentrional*: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 1, p. 44-47.
- 1978, *Consideraciones sobre la evolución geológica de la parte septentrional del Estado de Sonora*: in Roldán-Quintana, Jaime, y Salas, G. A., eds., *Libreto-guía, Primer Simposio sobre la Geología y Potencial Minero en el Estado de Sonora*. Hermosillo, Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, p. 35-55.
- 1981 (1984), *Aspectos geodinámicos de la región noroccidental de México*: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 5, p. 186-194.
- Ransome, F. L., 1904, *The geology and ore deposits of the Bisbee Quadrangle, Arizona*: U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 21, 167 p.
- Roldán-Quintana, Jaime, 1968 (1970), *Estudio geológico de reconocimiento de la región de Peñón Blanco, Estado de Durango*: Bol. Soc. Geol. Mexicana, v. 31, p. 79-105.
- 1979, *Geología y yacimientos minerales del distrito de San Felipe, Sonora*: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 3, p. 97-115.
- 1981 (1984), *Evolución tectónica del Estado de Sonora*: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 5, p. 178-185.
- Roldán-Quintana, Jaime, y Solano-Rico, Baltazar, 1978, *Contribución a la estratigrafía de las rocas volcánicas del Estado de Sonora*: Univ. Sonora, Bol. Dept. Geol., v. 1, p. 19-26.
- Rose, P. R., 1978, *Edwards Group, surface and subsurface, central Texas*: Univ. Texas at Austin, Bureau Econ. Geology, Report Invest. 74, 198 p.
- Scott, R. W., 1984, *Mesozoic biota and depositional systems of the Gulf of Mexico Caribbean region: in Westermann, G.E.G., Jurassic-Cretaceous Biochronology and Paleogeography of North America*. Geol. Assoc. Canada, Special Paper 27, p. 49-64.
- Smith, C. I., 1970, *Lower Cretaceous stratigraphy, northern Coahuila, Mexico*: Univ. Texas en Austin, Bureau Econ. Geology, Report Invest. 65, 101 p.
- Solano-Rico, Baltazar, 1970, *Geología y yacimientos minerales del distrito de Lampazos, Sonora*: México, D. F., Univ. Nal. Autón. México, Facultad Ingeniería, tesis profesional, 103 p. (inédita).
- Stanton, T. W., 1947, *Studies of some Comanche pelecypods and gastropods*: U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 211, 256 p.
- Stoyanow, A. A., 1949, *Lower Cretaceous stratigraphy in southeastern Arizona*: Geol. Soc. America, Mem. 38, 169 p.
- Warzeski, E. R., 1983, *Facies patterns and diagenesis of a Lower Cretaceous carbonate shelf, northeastern Sonora and southeastern Arizona*: State Univ. New York at Binghamton, disertación doctoral, 401 p. (inédita).
- Wilson, J. L., 1975, *Carbonate facies in geologic history*: Nueva York, Springer-Verlag, 471 p.
- Young, Keith, 1977, *Lower Albian and Aptian (Cretaceous) ammonites of Texas*: Geoscience and Man, v. 8, p. 175-228.

Manuscrito presentado: 7 de octubre de 1985.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 2 de mayo de 1986.

Manuscrito aprobado: 3 de diciembre de 1986.