Estratigrafía de la Serie Comancheana del Noreste de México

J. F. Longoria

Instituto de Geología, UNAM

Apartado Postal 70-296

México 20, D. F.

RESUMEN

Se presenta un estudio estratigráfico completo de la Serie Comancheana del Noreste de México. En base a la distribución estratigráfica y evolución de los foraminíferos planctónicos, se define la Serie Comancheana como el tiempo comprendido de la primera aparición evolutiva de las especies del género *Leupoldina* (base de la Zona *Leupoldina cabri*), a la primera aparición evolutiva de la quilla periférica de los hedbergelloideos (base de la Zona *Thalmaninella ticinensis*). Estos límites corresponden aproximadamente a la base de la Zona de *Dufrenoyia texana*, y a la base de la Zona *Stoliczkaia blancheti* respectivamente, del esquema bioestratigráfico basado en amonitas.

La Serie Comancheana se divide en ocho zonas de foraminíferos planctónicos, de la más vieja a la más joven: Zona *Leupoldina cabri*, Zona *Globigerinelloides ferreolensis*, Zona *Globigerinelloides algerianus*, Zona *Hedbergella gorbachikae*, Zona *Hedbergella trocoidea*, Zona *Ticinella bejaouaensis*, Zona *Ticinella primula* y Zona *Ticinella breggiensis*.

Las evidencias obtenidas del estudio de los foraminíferos, como lo es la proporción de planctónicos/bentónicos, indican que en la región estudiada todas las formaciones depositadas durante la Serie Comancheana, se acumularon en facies prearrecifales, en aguas relativamente someras, esto es, en la zona nerítica interna a media, indicando la existencia de una Plataforma Continental amplia con comunicación permanente y directa con el mar. Las facies arrecifales contemporáneas a los depósitos prearreci-

fales de la secuencia estratigráfica encontrada deberán localizarse al noreste del área en estudio.

ABSTRACT

A detailed stratigraphic study on the Comanchean Series of northeast Mexico is presented on basis of the analysis of several measured sections. Based on the stratigraphic distribution, as well as on the evolutionary trends of planktonic foraminifera, the Comanchean Series is defined as the interval of time comprised from the first evolutive appearance of members of the genus *Leupoldina* (base of the *Leupoldina cabri* Zone) to the first evolutive appearance of the peripheral imperforate keel of the Hedbergelloidea (base of the *Thalmaninella ticinensis* Zone). The upper boundary corresponds to the base of the ammonite zone *Dufrenoyia texana*, while the upper limit of the Series more or less corresponds to the base of the *Stoliczkaia blancheti* Zone.

The Comanchean Series is subdivided in eight planktonic foraminiferal zones, which are, from older to younger: *Leupoldina cabri* Zone, *Globigerinelloides ferreolensis* Zone, *Globigerinelloides algerianus* Zone, *Hedbergella gorbachikae* Zone, *Hedbergella trocoidea* Zone, *Ticinella bejaouaensis* Zone, *Ticinella primula*, and *Ticinella breggiensis* Zone.

The region under study was occupied by a wide shelf with open connection to the sea allowing the planktonics to circulate into shallower waters. Based on the planktonic/bentonic ratio it is postulated that all the formations comprised in the Comanchean Series were deposited in shallow Internal to Middle Neritic waters.

INTRODUCCION

La Serie Comancheana representa un evento geológico de suma importancia en las reconstrucciones paleogeográficas del noreste de México, por lo que es de gran interés el reconocimiento estratigráfico de la región, que permita el establecimiento de las facies de depósito de los sedimentos incluidos en la Serie. En Texas, donde originalmente se estableció el concepto estratigráfico de la Serie Comancheana, se tiene un conocimiento bastante claro de la distribución de las facies. Los estudios de Fisher y Roda (1969), Rose (1972), Lozo y Smith (1964) y Mosteller (1970) establecieron con certeza las relaciones estratigráficas y facies de depósito, así como también las unidades paleogeográficas existentes en Texas durante el Aptense-Albense.

Entre los elementos paleogeográficos reconocidos por Fisher y Roda (1969) en el sur de Texas destacan: a) Los sedimentos carbonatados con microfaua pelagica de pre-arrecife y b) Los sedimentos carbonatados de banco y arrecife formados principalmente por rudistas y varios tipos de arenas carbonatadas los cuales se han agrupado con el nombre de "Stuart City Trend". El reconocimiento de estas unidades paleogeográficas en el sur de Texas hasta los límites geográficos territoriales con México, hace pensar en la posible extensión de estas unidades, sobre todo la extensión meridional del complejo arrecifal, en el noreste de México. Sin embargo, realmente pocos intentos se han hecho tendientes a comprender la estratigrafía del intervalo de tiempo comprendido por la Serie Comancheana del noreste de México. Generalmente, los autores se refieren a la litoestratigrafía cuando tratan este intervalo, siendo en la mayoría de los casos bastante superficial. Por lo que respecta a la cronoestratigrafía y la bioestratigrafía de la Serie Comancheana, se conocen algunos intentos de situar la Serie en el tiempo geológico, sobre todo basados en la distribución de las amonitas. Aunque los estratos comprendidos en la Serie Comancheana son ricos en foraminíferos planctónicos, hasta la fecha no se ha intentado establecer sus relaciones cronoestratigráficas basadas en este grupo de organismos.

El objetivo del presente estudio es presentar un esquema, crono, bio y litoestratigráfico de la Serie Comancheana del noreste de México con la esperanza de que pueda ser utilizada como un modelo para futuras correlaciones e interpretaciones estratigráficas en otras regiones; así como también, delimitar las facies en la que se depositaron los sedimentos comancheanos en el área de estudio lo que

permitirá realizar reconstrucciones paleogeográficas precisas.

AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo está basado en el estudio detallado de varias secciones estratigráficas medidas en el Noreste de México. La localización geográfica de las secciones estudiadas se muestra en la figura 1.

Aunque se visitaron innumerables afloramientos de la Serie Comancheana en el área de estudio, solamente se estudian aquellos que son más representativos, tomando en cuenta que para el presente trabajo solo son adecuadas secciones bien expuestas. Las secciones estudiadas quedan localizadas en las siguientes estructuras: Sierra de Sabinas-Lámpazos, Sierra de Picachos, Sierra de Papagayos, Cerro de la Silla, Sierra de Tamaulipas. La situación geográfica de estas estructuras se muestra en la figura 1. Las secciones medidas están ilustradas en detalle en las figuras 4, 5 y 6.

MARCO TECTONICO REGIONAL

Mucho de lo que se conoce sobre la Tectónica Regional del Noreste de México, está basado en los trabajos de Alvarez (1949 1958); Humphrey (1956 a, 1956 b) y Murray (1961); así como también en las investigaciones primeramente realizadas por Böse y Cavins (1928), Burckhardt (1930), Imlay (1936, 1937, 1938, 1939, 1943), Kellum *et al.* (1936) y Coffin (1950). Sin embargo, los lineamientos generales planteados por esos investigadores aún necesitan confirmación basada en trabajo detallado de campo.

Burckhardt (1930) e Imlay (1936, 1937, 1938, 1939 y 1943) reconocieron la existencia de elementos tectónicos positivos en el noreste de México; así mismo, con sus excelentes investigaciones paleontológicas contribuyeron a definir los límites de estos elementos tectónicos.

La región en estudio abarca parte del Macizo de El Burro Picachos y la Plataforma de Tamaulipas, según las unidades tectónicas definidas por Alvarez (1949, 1958). Por otra parte, el área en estudio queda situada sobre la Plataforma de Tamaulipas de acuerdo a la nomenclatura tectónica empleada por Humphrey (1956).

Aunque Murray (1961) piensa que el término Plataforma de Tamaulipas debe restringirse al área

FIG. 2: CRONO Y LITOSTRATIGRAFIA DE LA SERIE

SERIE	DATUM	Z. DE ANCHURA	PIEDRA	ZONAS DE PARANETOPUS
COMANCHEANA	Thalassoma	Stricklandia super	PIEDRA	Thalassoma super
		Stricklandia Mench		Thalassoma super
		Martinezia inflata		Thalassoma super
		Opelasma cristatum		Thalassoma super
		Eubolites laticostatus		Thalassoma super
		Opelasma cristatum		Thalassoma super
		Opelasma cristatum		Thalassoma super
		Opelasma cristatum		Thalassoma super
		Opelasma cristatum		Thalassoma super
		Opelasma cristatum		Thalassoma super
COMANCHEANA	Leopoldo	Opelasma cristatum	PIEDRA	Thalassoma super
		Opelasma cristatum		Thalassoma super

FIG. 3: LITOSTRATIGRAFIA

SERIE	SIERRA SABINAS-LAMPAZOS	S. DE PICACHOS	S. DE PAPAGAYOS	CERRO DE LA SILLA	S. DE TAMAULIPAS
COMANCHEANA	CUESTA DEL CUA	CUESTA DEL CUA	CUESTA DEL CUA	CUESTA DEL CUA	CUESTA DEL CUA
	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m
	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m
	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m
COMANCHEANA	LA PEÑA	LA PEÑA	LA PEÑA	LA PEÑA	LA PEÑA
	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m
	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m
	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m

con rocas basaménticas continuas situada inmediatamente al este del Golfo de Sabinas, en el presente trabajo el autor refiere provisionalmente el área estudiada a la Plataforma de Tamaulipas en el sentido de Humphrey (1956) hasta lograr resultados definitivos del estudio que actualmente realiza sobre las rocas jurásicas del noreste de México.

Sobre la Península de Tamaulipas (*sensus* Humphrey) descansan aproximadamente 13 anticlinales muy ligeramente deformados, a todos ellos se les conoce como las Sierras Tamaulipecas. Estos anticlinales son, de norte a sur: Serranía del Burro, Lomerío de Peyotes, Sierra de Don Martín, Sierra de la Iguana, Sierra de Vallecitos, Sierra de Sabinas-Lampazos, Sierra de Picachos, Sierra de Papagayos, Sierra de Cruillas, Sierra de San Carlos y Sierra de Tamaulipas. Parece ser que todas estas estructuras se plegaron aproximadamente al mismo tiempo que la Sierra Madre Oriental, aunque el efecto de la deformación no fue tan severo en ellas.

De las estructuras arriba mencionadas, únicamente se estudiaron las siguientes: Sierra de Sabinas-Lampazos, Sierra de Picachos, Sierra de Papagayos y Sierra de Tamaulipas. Además, se estudio la secuencia de la Serie Comancheana expuesta en el Cañón de la Boca, del Cerro de la Silla. Los rasgos generales de cada una de las estructuras son como se dan a continuación.

Sierra de Sabinas-Lampazos:

La Sierra de Sabinas-Lampazos (Figura 1,1) es un anticlinal alargado situado al noroeste de la Sierra de Picachos. Únicamente se estudió el Cañón de Sabinas al Oeste de Sabinas Hidalgo. Aquí la Serie Comancheana es considerablemente más gruesa que en las otras sierras estudiadas.

Sierra de Picachos:

La Sierra de Picachos (Figura 1,2) es un anticlinal amplio, ligeramente plegado y con una orientación noroeste, está principalmente formada por rocas sedimentarias cretácicas con algunos intrusivos ígneos de edad Terciaria. El anticlinal tiene aproximadamente 50 km de longitud y 28 km de ancho.

Sierra de Papagayos:

La Sierra de Papagayos (Figura 1,3) es un pequeño anticlinal localizado al sur de la Sierra de Picachos, con la misma orientación (noroeste) y secuencia

FIG. 4.-SECCIONES COLUMNARES DE LA FORMACIÓN LA PEÑA

La Sierra de Tamaulipas (Figura 1,6) es un anticlinal de orientación noroeste, está fundamentalmente formado por rocas sedimentarias cretácicas intruionadas por cuerpos ígneos terciarios. El anticlinal mide aproximadamente 80 km de largo y en su parte más ancha tiene aproximadamente 45 km.

Varios autores (Dalbiez, 1959; Pessagno, 1967) han expresado las dificultades que existen cuando se intenta correlacionar secuencias estratigráficas con los estratotipos cretácicos europeos. También se ha puesto en evidencia la necesidad de crear Comisiones Internacionales que se encarguen de reevaluar la escala cronoestratigráfica europea, así como de reexaminar la flora y la fauna presente en esos estratotipos para, idealmente, obtener una escala cro-

noestratigráfica basada en criterios múltiples, es decir, que la definición de los pisos no recaiga en un solo grupo de fósiles, sino en varios grupos de organismos. Varios intentos infructuosos se han hecho con el objeto de formar una Comisión Internacional que se encargue de evaluar la inestabilidad de la escala cronoestratigráfica europea. Durante el Sexto Coloquio Africano de Micropaleontología celebrado en Tunes, se realizó otro más de esos intentos al pretender la creación de neoestratotipos de los pisos del Sistema Cretácico, llegándose a la conclusión de que únicamente en un Congreso Geológico Internacional se podrían conciliar todas las diferencias de opiniones. Mientras que esto suceda, el que escribe piensa que sería de gran utilidad, al menos en una forma regional, elaborar una escala cronoestratigráfica que permita correlacionar en forma precisa los mismos episodios geológicos de las diferentes provincias geológicas del país.

Desde el punto de vista cronoestratigráfico, el Cretácico mexicano es divisible en tres Series: de la más vieja a la más joven: la Serie Coahuiliana, la Serie Comancheana y la Serie Gulfiana. Esta división tripartita del Sistema Cretácico es muy adecuada, ya que los límites de las Series están definidos paleontológicamente, representando eventos precisos, fácilmente de reconocer.

La Serie Comancheana y sus Pisos:

La Serie Comancheana fue originalmente definida por Hill en 1887, tomando como tipo la secuencia cretácica inferior expuesta en la parte central de Texas. Hill (1887) subdividió la Serie Comancheana en tres partes o subciclos de depositación, de más vieja a más joven: Trinity, Frederickburg y Washita. Originalmente Hill se refirió a estas tres subdivisiones de la Serie como unidades roca (grupos líticos). Posteriormente, Murray (1961) elevó estos grupos a la categoría cronoestratigráfica de Piso. De todas maneras, después de los trabajos de Lozo (1959) y Lozo y Smith (1964) la mayoría de los geólogos que trabajan sobre la estratigrafía del Cretácico tejano han aceptado el concepto cronoestratigráfico de la Serie Comancheana.

En 1940, Imlay introdujo el término "Grupo Coahuila" para referirse a los sedimentos cretácicos más viejos que la Zona de *Dufrenoyia texana*, con lo cual definió el límite inferior de la Serie Comancheana. El límite superior de la Serie corresponde con la base de la zona de amonitas *Stoliczkaia blancheti*. En base a la distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos, aquí se define la Serie Comancheana como el intervalo de tiempo comprendido de la primera aparición del género *Leupoldina* (base de la Zona *Leupoldina cabri*) a la primera aparición evolutiva de formas quilladas de foraminíferos planctónicos (inmediatamente abajo de la primera aparición de *Thalmaninella ticinensis*). Es decir, la Serie Comancheana abarca el intervalo de tiempo geológico comprendido entre los 110 y 98 millones de años según la escala elaborada por Harland. En términos de la escala cronoestratigráfica europea, la Serie Comancheana es equivalente al tiempo comprendido entre la base del Aptense Superior, en el sentido que fue definido por Longoria (1974), y la mayor parte del Albense.

La definición que aquí se propone de la Serie Comancheana corresponde a un período bien definido en la evolución de la fauna de foraminíferos planctónicos, delimitándose su inicio con el advenimiento evolutivo del género *Leupoldina*, mientras que la terminación de la Serie está definida por la aparición de la quilla periférica de los foraminíferos planctónicos. Ambas características son muy diagnósticas y fácilmente reconocibles.

Los pisos norteamericanos están definidos en base a su contenido paleontológico. El hecho de que sus áreas tipo se encuentren en la Provincia Geológica de la Planicie Costera del Golfo de México los hace más adecuados para la estratigrafía del Continente Americano y en particular para la cronoestratigrafía del Sistema Cretácico mexicano. Sin embargo, los pisos norteamericanos han permanecido fuera de la nomenclatura estratigráfica y su reintroducción causaría mucha confusión, por lo que el autor prefiere insistir en la redefinición y creación de Neoestratotipos de los Pisos europeos que permita unificar su reconocimiento internacional.

Los Pisos Europeos:

Desarrollo Histórico.—

Históricamente, la definición de la mayoría de los pisos del Sistema Cretácico está basada en la presencia de amonitas. Esto es fácil de entender, si se recuerda que el inicio de la cronoestratigrafía fue en el siglo pasado, tiempo en el que no se comprendía el valor estratigráfico de los microfósiles planctónicos. Además, en aquel entonces el estudio de fósiles estaba restringido a formas megascópicas, principalmente amonitas, debido a que éstas son abundantes en estratos cretácicos de las localidades clásicas.

Las bases fundamentales de la Cronoestratigrafía del Sistema Cretácico se deben a d'Orbigny (1842-1860), por lo que también los estratotipos de la mayoría de los pisos cretácicos están en Francia.

Aunque casi todos los estratotipos de los pisos del Cretácico se han redescrito y sus faunas también se han reilustrado (cf.: Colloque sur le Crétacé Supérieur, Dijon, 1959; y Colloque sur le Crétacé Inférieur Française, Lyon, 1963), en la actualidad es difícil intentar correlaciones cronoestratigráficas a escalas regionales e intercontinentales basadas en el esquema cronoestratigráfico europeo.

Estas dificultades en la correlación cronoestratigráfica se deben a la imprecisa y en muchos casos también obsoleta definición de los pisos cretácicos, lo cual es reflejo de los factores siguientes: 1) los estratotipos franceses son inadecuados y están muy lejos de ser los sitios ideales para decidir sobre los límites de los pisos y su caracterización; 2) en la mayoría de los casos los pisos están definidos solamente con amonitas; 3) en gran parte de los casos la Cronoestratigrafía basada en amonitas carece de control de capa a capa; y 4) los sistemas de zonificación basados en amonitas son en su mayoría zonificaciones informales, es decir, raramente definen el tipo de zona empleada y la distribución estratigráfica de las especies empleadas en cronoestratigrafía es poco conocida, lo cual dificulta la delineación de los límites superior e inferior de los pisos en otras regiones.

Todos estos factores hacen peligrosa e inadecuada la nomenclatura cronoestratigráfica francesa, para los estratígrafos del Continente Americano, por lo que los pisos europeos deben usarse con mucha reserva. Algunos autores, entre ellos Dalbiez (1959) y Pessagno (1967), han expresado algunas de las dificultades con las que se han enfrentado al intentar el uso de los esquemas cronoestratigráficos elaborados en las áreas tipo del Sistema Cretácico. Dalbiez (1959, p. 866) indicó que "hay problemas muy serios en relación a la definición de casi todos los pisos correspondientes al Cretácico".

Afortunadamente, a partir de la década de los cincuenta se inició una etapa más moderna de la estratigrafía. En la actualidad, contamos con estudios estratigráficos basados en otros grupos de fósiles, tales como foraminíferos, radiolarios, nannoplanton calcáreo etc., que nos permiten elaborar

esquemas bioestratigráficos precisos. Ejemplo de esto es la importancia que han adquirido los foraminíferos planctónicos en la elaboración de una escala cronoestratigráfica internacional del Paleogeno y Neogeno (Berggren, 1966). Sin embargo, será necesario integrar las zonificaciones basadas en diversos grupos fósiles para obtener límites cronoestratigráficos definidos en criterios múltiples. Sobre todo, es indispensable que los límites cronoestratigráficos sean elaborados en secuencias estratigráficas más completas que los actuales estratotipos del Cretácico francés.

El Piso Aptense.—El término *Aptense* (se hace aquí uso de la terminación *ense* para distinguir la unidad cronoestratigráfica, el Piso, de la unidad geocronológica, la Edad), fue creado por D'Orbigny en 1840. La definición del Aptense ha permanecido confusa y complicada desde su creación. D'Orbigny (1840, p. 63), al crear el Aptense intentaba comprender con él la parte superior del "Neocomense s. l.", caracterizada por su fauna de amonitas que afloran en las cercanías de Apt, Francia. Sin embargo, d'Orbigny (*op. cit.*) incluyó en su definición de Aptense un contenido faunístico que representa dos sucesiones estratigráficas diferentes, una de éstas de Apt (o de la villa cercana de Gargas), y la otra de La Bédoule. Poco más tarde, llegó a ser evidente que en La Bédoule la Facies Urgoniana termina antes que en Apt y que la Urgonia está separada del Aptense margoso por estratos calcáreos ricos en cefalópodos los cuales son más viejos que el conjunto faunístico representado por las margas de Apt.

Fue así como Reynes (1861) sugirió que el Aptense de d'Orbigny muy bien podría dividirse en dos partes sucesivas: El Aptense Inferior calcáreo y el Aptense Superior margoso; sin embargo, Reynes (*op. cit.*), no propuso nombres formales para estas dos subdivisiones del Piso Aptense. No fue sino hasta 1887, que Kilian propuso el término *Gargasense* para incluir en él las margas del Aptense de Gargas, el cual, según él, está muy bien expuesto en Clansayes, y se caracteriza por la presencia de *Diadochoceras nodosocostatum*. Un año más tarde, Toucas (1888), ideó el término *Bedoulense*, para designar con él la parte inferior del Aptense original de d'Orbigny. Toucas (*op. cit.*) caracterizó el Bedoulense por la fauna de amonitas siguiente: *Ammonites matheroni* (= *Pusosia matheroni*), *A. cornelia* (= *Chelonicerias cornelianum*), *A. stobieschi* (= *Prochelonicerias stobieschi*) y *A. recticostatus* (= *Costidiscus recticostatus*). Así el área tipo del Aptense, en la villa cercana de Gargas, la cual originalmente era la

localidad tipo del Aptense, pasó a representar en la actualidad el estratotipo de la parte superior del piso, es decir del Gargasense.

Varios intentos se han hecho para redefinir y modificar la definición y subdivisión del piso Aptense basada en el contenido de amonitas. En 1947, Breistroffer estudiando la fauna de amonitas del Aptense, concluyó que las amonitas del Gargasense de Clansayes están representadas por los Acanthoplitidos donde reconoció la zona con *Diadochoceras nodosocostatum*, llevándole a proponer una división tripartita del Aptense en Subpisos, los cuales él definió, de la base a la cima, como sigue: Aptense Inferior (Bedoulense), Aptense Medio (Gargasense) y Aptense Superior (Clansayesense). Además Breistroffer (op. cit.) distinguió dos zonas de amonitas en el Clansayense. El esquema estratigráfico presentado por Breistroffer fue posteriormente adaptado por el Coloquio sobre el Cretácico Inferior Francés, celebrado en Lyon, Francia en 1963.

En oposición a las ideas de Breistroffer, Stoyanow (1949) define el límite Aptense/Albense entre las zonas de *Immitoceras nolani* e *Hypacanthoplitites jacobii*. Por otra parte, el esquema presentado por Stoyanow es criticado por Casey (1961, p. 498). Este último autor se pone en desacuerdo con la idea de Stoyanow de poner el límite Aptense/Albense en la base de la "zona de *Dufrenoyia*"; Según Casey (op. cit.) la posición errónea dada a la zona de *melchioris* por Stoyanow se debió a la incorrecta identificación de las formas interpretadas por este último como *Dufrenoyia*.

Al parecer, con la redefinición del piso Aptense dada por Kilian (1887), Toucas (1888) y posteriormente por Breistroffer (1947) el término Aptense sería innecesario ya que su localidad tipo, incluida en las cercanías de la villa de Gargas, pasó a formar parte de los subpisos; o en su defecto, la subdivisión formal de Piso Aptense en Subpisos no debería de existir. Sin embargo, en 1963, durante el Coloquio sobre el Cretácico Inferior celebrado en Lyon, Francia, se llevó a cabo una revisión de los estratotipos franceses del Cretácico Inferior. Los miembros de este coloquio (fide Flandrin, 1965) estuvieron de acuerdo en: 1) mantener el término Aptense; 2) reconocer el término Clansayesense como un subpiso; y 3) en subdividir el piso Aptense, basado en la fauna de amonitas, en cuatro zonas sucesivas: Zona de *Deshayesites deshayesi* (Bedoulense); Zona con *Achonoceras nisum* y *Dufrenoyia furcata* (Gargasense Inferior); Zona con *Cheloniceras subnodoso-*

costatum y *C. buxtorfi* (Gargasense Superior); y Zona con *Diadochoceras nodosocostatum* y *Acanthoplitites biguereti* (Clansayesense). El límite Barremense/Aptense se colocó en la cima de la Zona con *Heteroceras astieri* y *Macroscaphites yvoni*, mientras que el límite Aptense/Albense se fijó en la base de la Zona con *Leymeriella tradefurcata* del Albense Inferior.

De todas maneras, las decisiones tomadas por el Coloquio sobre el Cretácico Inferior Francés no han sido aceptadas universalmente, ni tampoco todos los estratígrafos franceses se apegan a ellas. Como por ejemplo, Moullade (1966) subdivide el Aptense en Inferior y Superior y subdivide el Aptense Superior en Gargasense (abajo) y Clansayesense (arriba). Más recientemente, Kemper (1970) discute la subdivisión y límites del piso Aptense en Alemania. El está de acuerdo en situar el límite Aptense Inferior/Aptense Superior en la cima de las capas con *Dufrenoyia* tal como lo propone Casey (1961) para el Aptense Inglés.

Los más significativos esquemas de subdivisión estratigráfica del piso Aptense fueron compilados por Longoria (1974 text-fig. 7a y 7b). Como puede observarse en esa figura, existe gran discrepancia entre los diferentes autores con respecto a la subdivisión y límites del Aptense.

El autor tuvo la oportunidad de constatar lo impreciso y poco representativo que son los estratotipos del Cretácico al muestrear y examinar los cortes tipos del Aptense. Los cortes esquemáticos de cada uno de los estratotipos fueron ilustrados en un trabajo anterior (Longoria, 1974). Después de un análisis detallado de la microfauna de foraminíferos, se pudo comprobar que los estratotipos de los "subpisos" del Aptense se sobrelapan considerablemente en tiempo, lo que explica los serios problemas que han resultado con el uso impreciso de los términos cronoestratigráficos franceses.

El Piso Albense.—D'Orbigny (1850) creó el término *Albense* para designar con tres facies isocronas: "Argilés du Gault, Grés vert inferieur y Glauconite sableuse". El caracterizó el Albense por el contenido faunístico siguiente: *Ammonites auritus*, *A. lautus*, *A. comatessnues*, *A. tardefurcatus*, *A. mamillatum*, *A. legelli*, *Scaphites*, *haugardianus*, *Ancyloceras saussureanum* y *Turritiles bergeri*.

El concepto original de Albense dado por d'Orbigny fue modificado por Jacob (1901) y posteriormente

por Breistroffer (1947). Este último autor subdividió el piso Albense en cuatro zonas sucesivas de amonitas, denominando Vraconense a la zona IV, la más superior de todas. El término *Vraconense* fue creado por Renevier en 1867, para designar con el a un conjunto de amonitas de La Vraconne en la cercanías de Sainte Croix, Suiza. Sin embargo, debido a que Renevier (op. cit.) no definió el piso "Vraconense", el término había permanecido fuera de la nomenclatura estratigráfica.

Con la redefinición e incorporación del Vraconense dada por Breistroffer se iniciaron una serie de conflictos y problemas de nomenclatura estratigráfica. De inmediato se hicieron las preguntas siguientes en relación a la nomenclatura del Vraconense: en primer lugar, se cuestionó si el piso Vraconense sería válido; segundo, se preguntaba si el Vraconense debería considerarse como subpiso del Albense y por consecuencia como parte del Cretácico Inferior; tercero, si el Vraconense debería de colocarse en el Cenomanense basal.

La mayoría de estos problemas relacionados con la nomenclatura de los pisos del Cretácico Inferior fueron tratados con cierta extensión durante el "Colloque sur le Crétacé Inférieur" celebrado en Lyon, Francia en 1963. De acuerdo a las conclusiones de este Coloquio (Collignon, 1963, pp. 313-318) los miembros del coloquio concordaron en que el piso Albense debería subdividirse en tres partes sucesivas, es decir: Albense Inferior, Albense Medio y Albense Superior. Esta división fue basada en el contenido de la fauna de amonitas. Al mismo tiempo, consideraron apropiado reconocer al Albense Inferior y Medio subdivididos en dos zonas de amonitas, mientras que el Albense Superior en cuatro. La nomenclatura para el Albense propuesta por el coloquio francés del Cretácico Inferior y su caracterización en zonas de amonitas se presenta aquí en la figura 2.

A pesar de los esfuerzos del Coloquio francés del Cretácico Inferior, los acuerdos tomados no han sido considerados más allá de meras aplicaciones locales para la bioestratigrafía regional francesa.

El Piso Cenomanense.—D'Orbigny (1847) propuso el término *Cenomanense* para designar una serie de estratos que afloran cerca de Mans (Sarthe) en la Cuenca Anglo-Parisina. Posteriormente, Hanckok (1959, p. 249-252) estudió la fauna de amonitas del estratotipo del Cenomanense. El dividió este piso en tres zonas principales: La zona con

Mantelliceras mantelli (= Cenomanense Inferior), la zona con *Acanthoceras rhotomagensis* (= Cenomanense Medio) y la zona con *Calycoceras naviculares* (= Cenomanense Superior). Ocho años más tarde, en 1967, Marks erigió el Neoestratotipo del piso Cenomanense, el neoestratotipo seleccionado por Marks (1967, pp. 264-175) comprende todo el Cenomanense y además incluye todas las zonas de amonitas utilizadas por Hanckok.

BIOESTRATIGRAFIA

Como es por todos conocido, los foraminíferos planctónicos son importantes fósiles índices y su aplicación para efectuar correlaciones estratigráficas a corta y larga distancia ha tomado mucho auge en los últimos veinte años. La carencia de estudios estratigráficos de la Serie Comancheana basados en los foraminíferos planctónicos se debe a que, en primer lugar, los foraminíferos planctónicos del Cretácico Inferior se conocen muy superficialmente; en segundo lugar, hay pocos lugares en el mundo en donde estratos referibles a este intervalo de tiempo estén bien representados por facies francamente marinas ricas en fauna pelágica; y en tercer lugar, existen pocos afloramientos en donde se pueda realizar un muestreo detallado, con el cual se obtengan muestras ricas en foraminíferos planctónicos. En el noreste de México estos tres obstáculos pueden eliminarse, ahí existen numerosos sitios donde afloran sedimentos francamente marinos, ricos en foraminíferos planctónicos; estos sedimentos están ampliamente expuestos permitiendo un muestreo detallado y al mismo tiempo, un control preciso de capa a capa de la microfauna.

Estudios previos realizados en esta región por el presente autor (Longoria, 1974), así como también por Longoria y Gamper (1974) han dado a conocer la microfauna y ahora nos permiten elaborar un esquema cronoestratigráfico de la Serie Comancheana basado en los foraminíferos planctónicos. A las personas interesadas en la taxonomía, descripción e ilustración de la microfauna se les recomienda consultar aquellos dos trabajos.

Como anteriormente se explicó, existen pocos intentos tendientes a establecer la bioestratigrafía de la Serie Comancheana basada en foraminíferos planctónicos. El primer intento hacia la obtención de una zonificación de este intervalo de tiempo se debe a Bolli (1959), quien trabajando sobre la estratigrafía de la Isla de Trinidad logró definir un esquema

bastante generalizado de biozonación. Sigal (1966) por su parte al estudiar materiales procedentes de Madagascar elaboró un marco bioestratigráfico, desgraciadamente Sigal no definió las biozonas empleadas por lo que su esquema zonal quedó sin aplicación. En la Unión Soviética, Gorbachik y Krechmar (1969) crearon un sistema de zonificación sin caracterizar las unidades empleadas. Moullade (1966) al trabajar la estratigrafía de la Fosa Voconnciana del sureste de Francia, realiza lo que se puede considerar como el primer intento hacia la elaboración de una zonificación múltiple, al integrar la distribución estratigráfica de las amonitas y los foraminíferos. Desafortunadamente, Moullade (*op. cit.*) utilizó los foraminíferos bentónicos para definir sus unidades bioestratigráficas con lo cual da a su zonificación un uso geográfico muy limitado. Cosa similar sucede con el sistema de zonificación elaborado por Salaj y Samuel (1966) para los Cárpatos Checoslovacos. Un excelente intento de biozonificación tendiente a presentar un esquema bioestratigráfico de la Serie Comancheana del norte y centro de Texas fue recientemente elaborado por Michael (1972), debido a que la parte inferior de la secuencia estratigráfica de la Serie Comancheana de esa región carece de foraminíferos, por ser de facies muy someras. Michael se vió imposibilitado a presentar una zonificación completa que cubriera toda la Serie Comancheana. En resumen, puede decirse que antes de 1973 no se contaba con un esquema bioestratigráfico, basado en foraminíferos, de la Serie Comancheana.

El esquema bioestratigráfico de la Serie Comancheana que aquí se presenta está basado en los estudios previos realizados por Longoria (1974) y Longoria y Gamper (1974), de materiales procedentes de afloramientos y secciones medidas localizadas en el noreste de México, la región Subética de España, sureste de Francia y estratotipos de los pisos Aptense y Albense. Las zonas empleadas están definidas en base a los criterios siguientes: 1) una combinación de los alcances estratigráficos de los taxa; 2) concurrencia de los rangos de taxa; 3) la primera y última ocurrencia de taxa. Todas las unidades bioestratigráficas reconocidas en la Serie Comancheana son, por su naturaleza, *Zonas Oppel*.

ZONIFICACION DE LA SERIE COMANCHEANA BASADA EN FORAMINIFEROS PLANKTONICOS

La Serie Comancheana se divide en ocho biozonas las cuales se caracterizan como sigue:

Zona Leupoldina cabri:

Caracterización.—La base de la Zona *Leupoldina cabri* se coloca a la primera aparición evolutiva de los miembros del género *Leupoldina*; tales como *Leupoldina cabri* (Sigal), *L. pustulans* (Bolli), *Globigerinelloides blowi* (Bolli) y *Hedbergella robesae* (Obregón) también aparecen a la base de ésta zona. El límite superior de la zona se coloca debajo de la primera ocurrencia de *Globigerinelloides ferreolensis* (Moullade).

Es importante notar que la Zona *Leupoldina cabri* se correlaciona con la zona de amonitas de *Dufrenoyia texana*, además, la Zona *Leupoldina cabri* se considera la zona más inferior del Trinitense americano.

Otras características importantes de esta zona son: 1) la desaparición en la parte inferior de la Zona *L. cabri* de *Nannoconus bucheri* Bronnimann, *N. wasalli* Bronnimann, *Hedbergella sigali* Moullade, *H. similis* Longoria y *Globigerinelloides duboisi* (Chevalier); 2) la primera aparición dentro de la zona de: *Hedbergella delrioensis* (Carsey) y *H. hispaniae* Longoria; 3) la abundancia de *Loeblichella moulladei* Longoria y *L. convexa* Longoria. Estas últimas dos especies parecen estar restringidas a ésta zona.

Zona Globigerinelloides ferreolensis:

Caracterización.—La base de la Zona *Globigerinelloides ferreolensis* se define a la primera aparición evolutiva de la especie nominal; el límite inferior de la zona también corresponde a la concurrencia de *Loeblichella moulladei* Longoria, *Leupoldina cabri* (Sigal) y *Globigerinelloides ferreolensis* (Moullade). La cima de la zona se coloca debajo de la primera ocurrencia bioestratigráfica de *Globigerinelloides algerianus* (Cushman y Ten Dam).

Otras características de importancia de esta zona son: 1) la abundancia de *Hedbergella hispaniae* Longoria y *H. delrioensis* (Carsey); 2) la última ocurrencia estratigráfica de *Globigerinelloides gottisi* (Chevalier) y *G. cepedai* (Obregón) en la parte inferior de esta zona; y 3) la primera ocurrencia de *Hedbergella infracretacea* (Glaessner) en la parte superior de la zona.

Zona Globigerinelloides algerianus:

Caracterización.—La base de la Zona *Globigerinelloides algerianus* se coloca en el horizonte de la primera aparición evolutiva de la especie nominal. La

cima de ésta zona se define con la primera aparición bioestratigráfica de *Hedbergella gorbachikae* Longoria.

Esta zona también se caracteriza por la concurrencia del rango estratigráfico de *G. algerianus*, *G. barri* (Bolli et al.) y *G. ferreolensis* (Moullade). Algunas especies que ocurren juntas a lo largo de la zona son: *Hedbergella infracretacea* (Glaessner) *H. delrioensis* (Carsey) y *Globigerinelloides blowi* (Bolli). *Hedbergella trocoidea* (Gandolfi) hace su primera aparición estratigráfica en la parte superior de la zona.

Zona *Hedbergella gorbachikae*:

Caracterización.—El límite inferior de la Zona *Hedbergella gorbachikae* se define a la primera aparición estratigráfica de la especie nominal. El límite superior de la zona se coloca inmediatamente abajo de la extinción de *Globigerinelloides maridalensis* (Bolli), *G. ferreolensis* (Moullade) y *G. barri* (Bolli et al.).

Esta zona también se caracteriza por la concurrencia de los rangos estratigráficos de *H. gorbachikae* Longoria, *H. trocoidea* (Gandolfi), *H. luterbacheri* Longoria, *Globigerinelloides maridalensis* (Bolli), *G. ferreolensis* (Moullade) y *G. barri* (Bolli et al.). *Globigerinelloides algerianus* se extingue en la base de esta zona, mientras que *Hedbergella maslakovae* Longoria y *H. labocaensis* Longoria aparecen por primera vez en la parte superior de la Zona *Herbergella gorbachikae*.

Zona *Hedbergella trocoidea*:

Caracterización.—El límite inferior de la zona en cuestión se localiza inmediatamente arriba de la extinción estratigráfica de *Globigerinelloides ferreolensis* (Moullade) y *G. barri* (Bolli et al.). El límite superior de la zona se coloca inmediatamente abajo de la primera aparición evolutiva de *Ticinella bejaouaensis* Sigal.

La Zona *Hedbergella trocoidea* también se caracteriza por la concurrencia de los rangos estratigráficos de *Hedbergella gorbachikae* Longoria, *H. trocoidea* (Gandolfi), *H. infracretacea* (Glaessner) y *H. delrioensis* (Carsey). La extinción de *H. labocaensis* y *H. maslakovae* sucede dentro de la zona. La Zona *Hedbergella trocoidea* fué considerada como la cima del Aptense por Longoria (1974) y es correlacionable en tiempo con la zona de amonitas

con *Diadochoceras nodosocostatum* y *Acanthoplites bigoureti* (subzona con *H. nolani*), del esquema clásico francés para el Aptense tipo. El género *Colomella*, un tintínido, hace su primera aparición en la parte más alta de esta zona de foraminíferos.

Zona *Ticinella bejaouaensis*:

Caracterización.—El límite inferior de la Zona *Ticinella bejaouaensis* se define con la primera aparición evolutiva del taxon nominal. El límite superior de la zona se define por la primera aparición estratigráfica de *Ticinella primula* Luterbacher.

En esta zona concurren los rangos estratigráficos de *Ticinella bejaouaensis* Sigal, *H. trocoidea* (Gandolfi), *H. infracretacea* (Glaessner) y *H. delrioensis* (Carsey). *Ticinella primula* aparece en la parte más alta de la zona.

La Zona *Ticinella bejaouaensis* fue considerada como la base Albense por Longoria (1974). Esta zona es equivalente en tiempo a la mayor parte de la subzona de amonitas con *Hypacanthoplites jacobii* de la zona de amonitas con *Diadochoceras nodosocostatum* y *Acanthoplites bigoureti*, del esquema clásico presentado por el Coloquio sobre el Cretácico Inferior francés.

Zona *Ticinella primula*:

Caracterización.—La base de la Zona *Ticinella primula* se define en el horizonte de la primera aparición estratigráfica de la especie nominal. La cima de la zona se define con la primera ocurrencia estratigráfica de *Ticinella breggiensis* (Gandolfi).

En esta zona concurren los rangos estratigráficos de *T. primula* Luterbacher, *H. luterbacheri* Longoria y *H. gorbachikae* Longoria. La primera aparición estratigráfica de los miembros del género *Favusella* ocurre en la parte media de esta zona.

Zona *Ticinella breggiensis*:

Caracterización.—El límite inferior de la Zona en cuestión se define con la primera aparición estratigráfica de *Ticinella breggiensis* (Gandolfi). El límite superior de la zona se coloca en la primera aparición estratigráfica de *Tlalmanninella ticinensis*. Varias especies del género *Favusella* concurren en esta zona. *F. nitida* Michael y *F. scitula* Michael están restringidas a la zona. Otra característica de la Zona *T. breggiensis* es la concurrencia en el rango estratigráfico del taxon nominal con *Ticinella roberti*

(Gandolfi) y *Hedbergella grobachikae* Longoria. La Zona *Ticinella breggiensis* se considera como la biozona de foraminíferos más joven de la Serie Comancheana.

Zona *Thalmaninella ticinensis*:

Caracterización.—El límite inferior de la Zona *Thalmaninella ticinensis* se coloca inmediatamente arriba de la primera aparición estratigráfica del taxon nominal. El límite superior de la zona se situa inmediatamente por abajo de la primera aparición estratigráfica de *Thalmaninella evoluta* Sigal (= *Th. appenninica* de los autores europeos).

Algunas de las características más importantes de la Zona *Thalmaninella ticinensis* incluyen: 1) la concurrencia del rango estratigráfico de *Th. ticinensis* (Gandolfi), *Ticinella roberti* (Gandolfi) y *Globigerinelloides caseyi* (Bolli et al.); 2) la primera aparición de miembros de la Superfamilia Heterohelicoidea, los géneros *Heterohelix* y *Guembelitra*, en la parte superior de la zona; y 3) la última ocurrencia de *Hedbergella grobachikae* en la parte inferior de la Zona.

La Zona *Thalmaninella ticinensis* fué considerada por Longoria y Gamper (1974) como la biozona de foraminíferos más joven del Albense. El límite superior de la Serie Comancheana se define inmediatamente abajo de la Zona *Thalmaninella ticinensis*, este límite corresponde con el *datum*: primera aparición evolutiva de la quilla periférica de los Hedbergelloidea.

LITOESTRATIGRAFIA

En el área de estudio la Serie Comancheana está representada por una secuencia litica en su mayor parte calcárea con intercalaciones de lutitas y margas. Esta secuencia litológica varía considerablemente del Sur al Norte del área en estudio. En la parte austral (Sierra de Tamaulipas) la litología es predominantemente calcárea mientras que en la región septentrional la secuencia se hace más terrígena y se puede caracterizar como una alternancia de lutitas margas y calizas.

Las relaciones litoestratigráficas laterales (figura 7)

permiten agrupar las secuencias estudiadas en una sola unidad: *El Grupo Picachos*. Este Grupo está formado por las formaciones siguientes: Caliza Tamaulipas, formada por tres miembros (La Borrega, Otates, Nacimiento), Formación la Peña con tres miembros: Arcilla La Boca, Caliza La Presa y Caliza La Silla y Formación Sombreretillo.

Grupo Picachos:

Caracterización.—El Grupo Picachos se propone aquí para agrupar todas las unidades litoestratigráficas arriba mencionadas las cuales mantienen estrechas relaciones espaciales. El límite inferior del Grupo Picachos no está expuesto en la Sierra de Tamaulipas; sin embargo, en la parte noroeste (Sierra de Picachos, Sierra de Sabinas-Lámpazos, Cerro de la Silla) este límite inferior (La Peña-Cupido) es muy abrupto pero concordante. El límite superior es también muy marcado y corresponde al contacto Tamaulipas-Cuesta del Cura y Sombreretillo-Cuesta del Cura.

El Grupo Picachos deriva su nombre de la Sierra de Picachos en el Estado de Nuevo León, donde el Grupo está muy bien expuesto. La sección expuesta en el Cañón de los Reyes puede tomarse como sección de referencia.

Caliza Tamaulipas:

Antecedentes.—La Caliza Tamaulipas tiene una historia y nomenclatura bastante complicadas. Aparentemente el término Caliza Tamaulipas se puso en circulación sin referirse a una localidad tipo (Muir, 1936, p. 23).

Según Muir (1936, pp. 23-26) el término Caliza Tamaulipas fue creado por Stephenson en 1921 en un informe privado para la Mexican Gulf Oil Company. Sin embargo, la primera cita publicada sobre el término se debe a Belt (1925, p. 138) quién hace referencia a esta unidad en la siguiente forma: "The Tamaulipas limestone outcrops typically in the Sierra de Tamaulipas and in the first ranges of the Sierra Madre, west of Ciudad Victoria, and is given the name Tamaulipas on account of its abundant occurrence and typical development in the State of Tamaulipas". Posteriormente, Muir (1936, pp. 23-26) da una definición más completa de esta unidad. De acuerdo con la definición dada por ese autor todas las rocas que infrayacen a la Formación Agua Nueva en la Sierra de Tamaulipas, quedarían in-

cluidas en la Caliza Tamaulipas. Al mismo tiempo, Muir dividió esta formación en tres unidades: 1) la Tamaulipas Inferior, 2) el Horizonte Otates, y 3) la Tamaulipas superior, indicando que el Cañón de la Borrega debería de considerarse como la localidad tipo de la Caliza Tamaulipas. Muir incluyó en su definición de Tamaulipas Superior lo que en la actualidad se conoce como Formación Cuesta del Cura que Imlay (1936, p. 1125) había definido de la Sierra de Parras.

Humphrey y Díaz (1953) restringieron el uso del término Caliza Tamaulipas para solamente incluir en él la secuencia de calizas, expuestas en el Cañón de la Borrega, que sobreyacen al Horizonte Otates de Muir; en tanto que la secuencia inferior, la Tamaulipas inferior de Muir, la consideraron como sinónimo de la Caliza Cupido.

El presente autor se opone al concepto restringido de la Caliza Tamaulipas dado por Humphrey y Díaz (1953) ya que después de analizar la secuencia del Cañón de la Borrega y compararla con la localidad tipo de la Caliza Cupido de la Sierra de Parras, es evidente que se trata de dos unidades más o menos equivalentes cronoestratigráficamente pero de carácter litológico diferente. Por otra parte, el cambio de nomenclatura propuesto por Humphrey y Díaz (1953) no satisface los requisitos señalados en el Artículo 13 del Código de Nomenclatura Estratigráfica.

Aunque la mayoría de los geólogos que han escrito sobre la unidad en cuestión se refiere a ella como "Formación Tamaulipas", el nombre formal propuesto por Belt (1925) y por Muir (1936) en su redefinición es *Caliza Tamaulipas*. Este último término se considera más adecuado de acuerdo con las normas establecidas en el Código de Nomenclatura Estratigráfica; así mismo, en concordancia con lo establecido en el Código el autor de la formación Caliza Tamaulipas es Belt y no Stephenson ni Muir a quienes comunmente se refiere como autores de la formación.

La Caliza Tamaulipas en el Área de Estudio.—La Caliza Tamaulipas es una de las unidades más sobresalientes ya que generalmente forma la mayor masa lítica de los anticlinales estudiados. Además, está ampliamente distribuida encontrándose tanto en el norte como en el sur del área de estudio. Su litología varía considerablemente de una parte a otra. La división tripartita de la formación es de fácil reconocimiento en su área tipo (Sierra de Tamaulipas).

Caracterización.—La presencia de calizas de estratificación mediana a gruesas muy compactas, color gris a crema, con pedernal en nódulos, de estratificación uniforme (no ondulada) y en ocasiones formando una alternancia de lutitas y calizas en la parte superior, permite el reconocimiento de la Caliza Tamaulipas. Todas estas características la hacen contrastar con la Formación La Peña que la infrayace, así como también de las Formaciones Cuesta del Cura y Sombreretillo que la suprayacen.

Límites.—En su localidad tipo, el Cañón de la Borrega de la Sierra de Tamaulipas, el límite inferior no está expuesto. En esa localidad, el límite superior se definió inmediatamente abajo de la primera aparición de las calizas ondulantes que caracterizan a la Formación Cuesta del Cura. Este mismo criterio sirvió para delimitar ambas formaciones en la parte norte del área en estudio.

Divisiones de la Caliza Tamaulipas.—La división tripartita de la Caliza Tamaulipas propuesta por Muir (1936, p. 23) ha sido adoptada por la mayoría de los geólogos que han realizado trabajos de campo en el área. Después del trabajo de Muir (1936) solamente se conoce el trabajo de Carrillo Bravo (1955), quien también estudió el Cañón de la Borrega considerado por Muir como la localidad tipo de la Caliza Tamaulipas.

Aunque existen muchos trabajos en la literatura en los cuales se hace mención a la "Formación Tamaulipas" ninguno de ellos discute la nomenclatura de la unidad. El presente autor después de visitar y estudiar la sección expuesta a lo largo del Cañón de la Borrega llegó a la conclusión de que la división tripartita de la Caliza Tamaulipas propuesta originalmente por Muir (op. cit.) es fácilmente diagnosticable. Sin embargo, es importante hacer resaltar aquí que el uso actual de la nomenclatura tripartita de la Caliza Tamaulipas es contrario a lo establecido en el artículo 16d del Código de Nomenclatura Estratigráfica, por lo que se sugiere la siguiente nomenclatura para la Caliza Tamaulipas: Para el miembro inferior, denominado "Formación Tamaulipas Inferior", se propone el término *Miembro Caliza La Borrega*; para la parte media, denominada Horizonte Otates, se propone *Miembro Caliza Otates*; y para la parte superior, denominada "Formación Tamaulipas Superior", se propone el término *Miembro Caliza Nacimiento*. Este último Miembro deriva su nombre del Rancho el Nacimiento al Este del cual se encuentra el afloramiento tipo de la unidad.

Miembro Caliza La Borrega:

Caracterización.—El Miembro Caliza La Borrega de la Caliza Tamaulipas se caracteriza por la presencia de calizas medianas, de 25 a 30 cm. hasta de medio metro de espesor, con nódulos y lentes de pedernal color crema y con estilolitos gruesos generalmente paralelos a los planos de estratificación.

Límites.—El límite inferior de la Caliza Tamaulipas no está expuesto en su localidad tipo. El límite superior del Miembro Caliza La Borrega, es decir Caliza La Borrega-Caliza Otates, es bastante abrupto pero concordante y se colocó a la primera aparición de las calizas café a negro carbonosas del Miembro Caliza Otates.

Variaciones de la Unidad.—El Miembro Caliza La Borrega es muy homogéneo, la principal variación se debe a su coloración, ya que en ocasiones ésta unidad intemperiza en color gris oscuro a claro. También el grosor de sus capas varía considerablemente, pero en términos generales los estratos son medianos.

Posición Cronoestratigráfica.—Este miembro inferior de la Caliza Tamaulipas es relativamente rico en foraminíferos planctónicos. En la Sierra de Tamaulipas, las calizas basales se caracterizan por la presencia de *Caucasella huterivica* (Subbotina). Esta especie refiere la unidad al Huterivense. Por otra parte, la presencia de *Globigerinelloides ferreolensis* (Moullade) en las capas más superiores, inmediatamente por debajo del límite con el Miembro Caliza Otates, permite decir que el Miembro Caliza La Borrega en su localidad tipo comprende el tiempo transcurrido del Huterivense al Aptense Superior (de la Zona *Caucasella huterivica* a la Zona *Globigerinelloides ferreolensis*).

Petrografía y Microfacies.—Este miembro de la Caliza Tamaulipas es fácil de reconocer en sección delgada por su aspecto "detritico" es decir, la gran cantidad de fragmentos de moluscos y ostrácodos que lo componen (lámina 2 figuras 1-11). En general las rocas del Miembro Caliza La Borrega se pueden clasificar como Biomicritas. Los principales granos son: fragmentos de moluscos (incluyendo rudistas), ostrácodos, foraminíferos planctónicos, radiolarios calcificados. Todos los granos se encuentran fuertemente recristalizados lo que dificulta en muchos casos el diagnóstico preciso. El aspecto detritico de las microfacies de la caliza La Borrega es una evidencia de la existencia de corrientes (oleaje)

durante el depósito. Por otra parte, la cantidad tan alta de fragmentos de moluscos y corales asociados a la fauna de foraminíferos planctónicos permite deducir que el área ocupada por la Sierra de Tamaulipas estaba cercana a la barrena arrecifal que contemporaneamente existía al oeste del área.

Correlación.—La caliza La Borrega de la Sierra de Tamaulipas es equivalente en tiempo a la parte inferior de la Formación La Peña del norte de la región estudiada.

Miembro Caliza Otates:

Antecedentes.—Muy poco es lo que se conoce acerca del "Horizonte Otates". Sin embargo, se sabe que este horizonte había llamado la atención de algunos investigadores (Sellards, Barker, *In Muir*, 1936) dado que representa un quiebre litológico que contrasta con las calizas La Borrega y Nacimiento que lo encajonan.

No fue sino hasta 1936 que Muir propuso la separación "formal" tripartita de la Caliza Tamaulipas con la cual separa esta unidad, para designar con ella a un pequeño paquete de calizas muy bien expuesto en el Cañón de Otates de la Sierra de Tamaulipas, asignando ese cañón como localidad tipo (Muir, 1936, p. 28).

El Miembro Caliza Otates en el Área de Estudio.—Durante el presente estudio solamente se encontró este miembro en su localidad tipo en la Sierra de Tamaulipas. Desafortunadamente, en varios cañones las calizas Otates están en contacto directo con los cuerpos intrusivos terciarios por lo que los afloramientos no fueron susceptibles para el presente estudio.

Caracterización.—En el Cañón de Otates, el Miembro Caliza Otates se presenta como una secuencia de calizas delgadas, de 10 a 25 centímetros de espesor, color café a negro, localmente muy carbonizadas.

Límites.—El límite inferior del Miembro Caliza Otates con las calizas La Borrega es bastante abrupto y fácil de reconocer en el terreno, ya que las calizas micríticas gris, medianas a gruesas de esta última unidad pasan a calizas negras carbonosas. El límite superior es menos marcado, un tanto transicional, habiéndose delimitado inmediatamente debajo de la aparición de las calizas micríticas no carbonosas, de espesor mediano de las calizas Nacimiento.

Variaciones de la Unidad.—En el presente estudio no fué posible reconocer las variaciones que puedan existir en el Miembro Caliza Otates, ya que solamente se estudió la localidad tipo de la unidad. Como anteriormente se dijo, en otras localidades de la Sierra de Tamaulipas donde también aflora este miembro, se encuentra en contacto metamórfico con los intrusivos terciarios.

Posición Cronoestratigráfica.—El contenido faunístico de foraminíferos planctónicos permite atribuir esta unidad, en su localidad tipo, al Aptense Superior: Zona *Globigerinelloides algerianus*.

Correlación.—El Miembro Caliza Otates es cronoestratigráficamente equivalente a la parte media del miembro superior de la Formación La Peña de las Sierras de Picachos y Sabinas-Lámpazos y Cerro de la Silla.

Petrografía y Microfacies.—(Lámina 4, figuras 4-10). Las calizas del miembro Otates son de dos grupos: Micritas fosilíferas y Biomicritas, caracterizándose por la abundancia de materia carbonosa. Entre los granos destacan: foraminíferos planctónicos, fragmentos de moluscos y ostrácodos.

Miembro Caliza Nacimiento:

Caracterización.—Este miembro de la Caliza Tamaulipas se puede caracterizar por sus calizas en estratos de espesor mediano a masivo con nódulos de pedernal, color gris claro a crema.

Variaciones de la Unidad.—El Miembro Caliza Nacimiento tiene una variación considerable dentro del área en estudio: En su localidad tipo en la Sierra de Tamaulipas, se presenta como una secuencia muy uniforme de calizas café a gris, en capas de 35 centímetros a un metro de espesor, con escasos lentes de pedernal crema, siendo muy notable la carencia de lutitas interestratificadas. En el Cañón de la Borrega, al Este del Rancho Nacimiento, el miembro tiene 65 metros de espesor.

En el Cañón de la Boca al sureste de Monterrey, los sedimentos que sobreyacen a la Formación La Peña están formados por una secuencia muy uniforme de calizas masivas de color gris y con abundantes nódulos de pedernal. En la Sierra de Picachos donde se puede observar aproximadamente 130 metros de las Calizas Nacimiento suprayaciendo concordantemente a la Formación La Peña, la secuencia expuesta consiste de una alternancia de calizas de

estratificación mediana, color gris oscuro, en capas de hasta 35 centímetros de espesor y capas de lutitas café amarillentas a gris en capas hasta de 30 centímetros de espesor. Por otra parte, en la Sierra de Papagayos la secuencia expuesta del Miembro Caliza Nacimiento tiene aproximadamente 120 metros de espesor; en la base de la sección se encuentran calizas micríticas de estratificación mediana con abundantes nódulos de pedernal, el cual con mucha frecuencia se encuentra oxidado. En la parte superior del Miembro se presenta una alternancia casi rítmica de calizas y lutitas, las primeras en capas medianas de color gris oscuro y las lutitas de color café en capas delgadas.

Límites.—En su localidad tipo, el Cañón de la Borrega de la Sierra de Tamaulipas, el límite inferior (Otates-Nacimiento) de este miembro es un tanto transicional. Para fines prácticos este límite se fijó inmediatamente debajo de la aparición de una secuencia uniforme de calizas micríticas muy puras en estratos uniformes de coloración cremosa. El límite superior (Nacimiento-Cuesta del Cura), en esta localidad, se definió inmediatamente abajo de la primera aparición de las calizas ondulantes de la Formación Cuesta del Cura.

Aunque el carácter de la formación es algo diferente en el Cañón de la Boca, al norte del área en estudio, la cima de la unidad (Tamaulipas-Cuesta del Cura) también fue delimitada por el mismo criterio.

En las Sierras de Papagayos y de Picachos el límite La Peña-Tamaulipas se definió inmediatamente por debajo de la primera aparición de la secuencia homogénea de las calizas micríticas de color gris, carentes de lutitas interestratificadas. Aquí el límite Tamaulipas-Sombreretillo es muy marcado, formando un quiebre topográfico muy aparente por lo que es fácil de reconocer en el terreno. Este límite superior de la Caliza Tamaulipas se colocó inmediatamente abajo de la aparición de la secuencia homogénea de margas amarillentas de la Formación Sombreretillo.

Posición Cronoestratigráfica.—El contenido faunístico de foraminíferos planctónicos de la Caliza Tamaulipas de la Sierra de Papagayos fué descrito por Longoria y Gamper (1974). En la base de esta formación, aproximadamente a cinco metros arriba del contacto con la Formación La Peña, esos autores (op. cit.) encontraron *Ticinella bejaouaensis* Sigal, (Carsey) y *H. trocoidea* (Gandolfi) asignándola a la Zona *Ticinella bejaouaensis* del Albense Inferior. En esa misma localidad, la fauna encontrada inme-

diatamente abajo del contacto con la Formación Sombreretillo, la cual incluye: *Ticinella primula* Luterbacher, *T. breggiensis* (Gandolfi), *T. floresae* Longoria y Gamper entre otras, refieren la parte más alta de la Caliza Tamaulipas de esta localidad a la Zona *Ticinella breggiensis* del Albense Superior.

En la Sierra de Tamaulipas, donde la formación está muy bien expuesta, se encontró que las Calizas Nacimiento son en su base asignables al Aptense Superior ya que contienen fauna referible a la Zona *Hedbergella gorbachikae*. A unos cuantos metros abajo del contacto con las calizas ondulantes de la Cuesta del Cura se observó la primera aparición de *Thalmaninella evoluta* Sigal, equivalente a la Zona de *Mantelliceras mantelli* del esquema zonal basado en amonitas y que en la Cuenca de París cerca de Mans (Sarthe), en donde ambas especies concurren, se ha considerado como el Cenomanense basal. Es decir que en su localidad tipo la Caliza Tamaulipas contiene los límites Aptense/Albense y Albense/Cenomanense.

Correlación.—El Miembro Caliza Nacimiento del sur del área en estudio es equivalente a la parte alta de la Formación La Peña, toda la Caliza Tamaulipas, la Formación Sombreretillo y la parte más inferior de la Formación Cuesta del Cura de la parte septentrional del área.

Petrografía y Microfacies (Lámina 3, figuras 7-12).—Las Calizas del Miembro Nacimiento contrastan grandemente con las del Miembro Caliza La Borrega en su petrografía y microfacies. Estas calizas son ricas en granos y pueden clasificarse como Micritas fosilíferas, Biomicritas e Intramicritas. Entre los granos más significantes destacan: foraminíferos planctónicos, fragmentos de ostrácodos, fragmentos de pelecípodos, radiolarios, tintinidos y calcisferúlidos.

Formación La Peña:

Antecedentes.—Imlay (1936) propuso el término Formación La Peña para referirse a una secuencia de calizas y lutitas que se presentan encajonadas entre La Formación Aurora (arriba) y la Formación Parritas (abajo). Imlay (op. cit. p. 1119) designó el flanco norte de la Sierra de Taraises como la localidad tipo de La Peña. En la definición original de la Formación La Peña, Imlay (1936, p. 1119) incluyó una secuencia litológica en la cual predominan las calizas; al mismo tiempo, él hizo notar que en otras localidades cercanas la Formación La Peña está constituida por una tercera parte de lutitas. Imlay dividió la Formación La Peña en dos miem-

bro: el Miembro Inferior de aproximadamente 1400-2190 pies de espesor, formado predominantemente de calizas masivas con algunas intercalaciones de lutita; y el Miembro Superior, de aproximadamente 50-80 pies de espesor, constituido por una alternancia de calizas delgadas y lutitas. Imlay (op. cit.) remarcó la importancia que este miembro superior tiene en la expresión topográfica de la parte occidental de la Sierra de Parras.

En 1949, Humphrey trabajando la geología de la Sierra de los Muertos entre Monterrey y Saltillo, restringió la definición de la Formación La Peña para incluir únicamente la secuencia alternante de margas y calizas arcillosas que de acuerdo con sus investigaciones, presentan una fauna Aptense de amonitas.

Así pues, en el concepto de Humphrey la Formación La Peña corresponde sólo al "Miembro Superior" de La Peña en el sentido original de Imlay. Esta definición enmendada de la Formación La Peña dada por Humphrey ha prevalecido en uso y en la actualidad la mayor parte de los geólogos que se ocupan de la geología del noreste del país sigue este concepto.

La Formación La Peña en el Area de Estudio.—La definición enmendada de la Formación La Peña propuesta por Humphrey (1949) es adecuada y fácil de reconocer en el terreno por lo que el presente autor la adoptó en el presente trabajo.

La Peña se encuentra ampliamente expuesta en un buen número de localidades, desgraciadamente en muchos sitios los afloramientos de la formación están cubiertos por vegetación por lo que no se pudieron estudiar en detalle.

En las localidades estudiadas la Formación La Peña es divisible en tres partes que pueden reconocerse formalmente como Miembros. El presente autor propone la siguiente nomenclatura que permitirá identificar estas partes de la formación con mayor precisión; de abajo a arriba:

Miembro Arcilla La Boca, formado predominantemente por arcillas, margas y algunas calizas resistentes.

Miembro Caliza La Presa, compuesto principalmente de calizas de color gris con muy pocas intercalaciones de arcillas.

Miembro Caliza La Silla, que consiste de una intercalación de calizas arcillosas resistentes y suaves y margas.

Estos tres miembros están bien expuestos en la Sierra de Sabinas-Lámpazos, Sierra de Picachos y Cerro de la Silla. La sección expuesta en el Cañón de la Boca del Cerro de la Silla se designa como sección de referencia por estar ahí claramente expuestos los límites de la Formación y además, por ser esta sección accesible para estudios comparativos. Los nombres de los miembros se derivan de su localidad geográfica: Cerro de la Silla, Cañón de la Boca y Presa Rodríguez (La Boca).

Límites.—La Formación La Peña se encuentra encajonada por las formaciones Cupido (abajo) y Tamaulipas (arriba). El límite inferior es muy marcado, pero concordante. Este límite se situó a la primera aparición de estratos de arcillas y lutitas que contrastan claramente con las calizas gruesas a masivas de la Formación Cupido. El límite superior se definió inmediatamente por debajo de la aparición de una secuencia uniforme de calizas medianas a gruesas, de color gris, que corresponden a la Formación Tamaulipas.

El límite entre los miembros de la formación se situó, para los fines prácticos, como sigue: el límite Arcillas La Boca/Caliza La Presa inmediatamente abajo de la primera aparición de la secuencia de calizas que forman un paquete de espesor considerable, generalmente de por lo menos 8 a 10 metros; el límite Caliza La Presa/Caliza La Silla se colocó inmediatamente por debajo de la primera aparición de la secuencia alternante de calizas arcillosas resistentes y suaves y margas en forma continua.

Variaciones de la Formación.—Las variaciones más sobresalientes que se observaron en la Formación La Peña son: 1) el grosor de las calizas arcillosas, que aunque en términos generales son delgadas estas varían de 5 a 25 centímetros de espesor; 2) la coloración, sobre todo de los miembros Caliza La Presa y Arcilla la Boca, la cual varía de gris oscuro a rojizo; 3) la posición cronoestratigráfica, la formación tiene un rango estratigráfico que abarca del Aptense Inferior (*Zona Globigerinelloides gottisi*) al Albense Inferior (*Zona Ticinella bejaouaensis*); y 4) el espesor de la formación, desde 62 metros en el Cañón de los Reyes (Sierra de Picachos) hasta 210 metros en el Cañón de Sabinas (Sierra de Sabinas-Lámpazos).

Posición Cronoestratigráfica.—La Formación La

Peña fue objeto de un estudio detallado de su contenido de foraminíferos (Longoria, 1974). Esta unidad es muy rica en fauna planctónica lo que permite subdividirla en varias biozonas y también situarla con certeza cronoestratigráficamente.

En el Cerro de La Silla, la Formación La Peña representa el tiempo comprendido del Aptense Inferior al Aptense Superior: Zona *Globigerinelloides maridaleensis* a la mayor parte de la Zona *Hedbergella trochoidea*; en tanto que en la Sierra de Sabinas-Lámpazos la parte más alta de la formación incluye estratos asignables a la parte más inferior de la Zona *Ticinella bejaouaensis*: Albense Inferior.

Correlación.—La Formación La Peña es cronoestratigráficamente correlacionable con gran parte de la Caliza Tamaulipas, es decir, la parte superior de la Caliza La Borrega, todo el Miembro Caliza Otates y la parte más inferior de la Caliza Nacimiento de la secuencia estratigráfica representada en la parte austral del área bajo estudio.

Petrografía y Microfacies (Lámina 1 figuras 1-14).—El análisis de secciones delgadas de calizas de la Formación La Peña revela que estas rocas de la Formación pueden agruparse en tres tipos: Micritas, Micritas fosilíferas y Biomicritas. Estos tres tipos de caliza están distribuidos irregularmente en todas las secuencias estudiadas, por lo que no se puede caracterizar ninguna parte de la formación por su petrografía.

Entre los granos más sobresalientes destacan; en orden de abundancia: los foraminíferos planctónicos, fragmentos de ostrácodos, fragmentos de molusco, fragmentos de equinodermo e intraclastos. En términos generales, la microfacies más diagnóstica de la formación es la Biomicrita arcillosa de foraminíferos planctónicos y fragmentos de ostrácodos.

Formación Sombreretillo:

Antecedentes.—La Formación Sombreretillo fué recientemente creada por Bishop (1977, p. 1256) para designar con ella una unidad delgada compuesta de margas y lutitas calcáreas que sobreyacen a la Caliza Tamaulipas en la Sierra de Picachos. Bishop (op. cit.) designó la cima del cerro localizado a 1.5 millas al sur sureste de la Villa de Sombreretillo como la localidad tipo de la formación.

La Formación Sombreretillo en el Área de Estudio.—El presente autor visitó la localidad tipo de la For-

mación Sombreretillo asignada por Bishop (1970, p. 1256) al sureste de la villa del mismo nombre y observó que la mayor parte del afloramiento tipo está cubierto por suelo, por lo que el estratotipo de esta formación no fue susceptible para el presente estudio.

Dentro del área de estudio se visitaron numerosos afloramientos de esta formación, desgraciadamente muchos de ellos están parcial o totalmente cubiertos por una densa capa de suelo. El afloramiento expuesto a lo largo de la brecha que conduce al Pozo Los Ramones No. 1 es bastante representativo de la Formación Sombreretillo, de acuerdo a la definición de la unidad dada por su autor original, por lo que aquí se propone como Neoestratotipo para la Formación Sombreretillo.

Caracterización.—Los paquetes uniformes de margas y lutitas calcáreas color café-amarillento permiten reconocer con mucha facilidad esta unidad; al mismo tiempo, la expresión topográfica baja hace contrastar fácilmente esta unidad con las formaciones que la encajonan.

Límites.—Tanto el límite Tamaulipas-Sombreretillo, como el Sombreretillo-Cuesta del Cura son bastante marcados, pero concordantes, ya que representan cambios muy definidos en la litología, lo cual se refleja en la topografía.

El límite inferior se definió inmediatamente debajo de la secuencia homogénea de margas y lutitas, este límite puede en algunos sitios dificultarse sobre todo en los casos en que la Caliza Tamaulipas está muy enriquecida con terrígenos, formando alternancias muy ritmicas con las calizas. El límite superior se colocó por debajo de la primera aparición de las calizas ondulantes, ricas en pedernal negro de la Formación Cuesta del Cura.

Variaciones de la Unidad.—La Formación Sombreretillo es una unidad bastante uniforme dentro del área de estudio, solamente se encontró en la Sierra de Picachos y en la Sierra de Papagayos, la sección que en el presente trabajo se propone como Neoestratotipo consiste de una alternancia de lutitas calcáreas y margas que localmente se convierten en calizas muy arcillosas, de un grosor máximo de 15 centímetros. En términos generales, el espesor de la formación es corto, de un máximo de 9 metros en la Sierra de Picachos a 7 metros en la Sierra de Papagayos.

Posición Cronoestratigráfica.—Los afloramientos estudiados de la Formación Sombrerete son ricos en foraminíferos planctónicos. En la Sierra de Papagayos el contenido faunístico está predominantemente formado por especies del género *Favusella*, al mismo tiempo la abundancia relativa de *Ticinella breggiensis* y la ausencia de *Thalmaninella ticiensis* Sigal, permiten asignar esta unidad a la Zona *Ticinella breggiensis* del Albense Superior.

Correlación.—La Formación Sombrerete es equivalente en tiempo a la parte superior de la Caliza Tamaulipas (Caliza Nacimiento) del Cañón de la Borrega y a la parte más alta de la misma formación en el Cerro de la Silla (Cañón de la Boca). Esta unidad representa un cambio lateral, un tanto local, de la Caliza Tamaulipas.

Petrografía y Microfacies.—La Formación Sombrerete es predominantemente arcillosa; sin embargo localmente las arcillas se convierten en margas y calizas muy arcillosas. Las secciones delgadas estudiadas muestran que las calizas de esta unidad pueden clasificarse como Biomicritas arcillosas con abundantes calcisferúlidos, radiares calcificados y Foraminíferos planctónicos.

Formación Cuesta del Cura:

Antecedentes.—Imlay (1936, pp. 1125-1126) propuso el término Formación Cuesta del Cura para designar con él a una secuencia de calizas delgadas de color gris oscuro a negro con intercalaciones de pedernal negro en capas delgadas y ondulantes. En su localidad tipo, la parte occidental de la Sierra de Parras, la formación tiene aproximadamente 65 metros de espesor estando marcada en su cima por calizas masivas que llegan a alcanzar hasta 15 metros de espesor.

La Formación Cuesta del Cura en el Área de Estudio.—El presente autor tuvo la oportunidad de comparar la secuencia litica de que está formada la Caliza Tamaulipas en su localidad tipo, con los afloramientos típicos de la Formación Cuesta del Cura en el flanco occidental de la Sierra de Parras, llegando a la conclusión de que la parte superior de la Caliza Tamaulipas en el sentido de Muir (1936), corresponde litológicamente a la Formación Cuesta del Cura.

Todos los afloramientos designados a esta unidad expuestos en las sierras de Picachos, Papagayos y Cerro de La Silla corresponden en sus características litológicas a la parte inferior de la Formación Cuesta del Cura de la Sierra de Parras, ya que en la región

estudiada esta unidad se caracteriza por sus calizas de color gris, en estratificación ondulante y con abundante pedernal negro en nódulos y capas hasta de 30 centímetros de espesor, contrastando notablemente con los afloramientos tipo del área de parras por la carencia del cuerpo masivo en la cima.

Límites.—El límite Tamaulipas-Cuesta del Cura es un tanto transicional en ciertas localidades; sin embargo, para los fines prácticos se colocó inmediatamente por debajo de la aparición de las primeras capas de estratificación ondulante. El límite Cuesta del Cura-Agua Nueva es muy abrupto, pero concordante y representa un cambio muy marcado en el contenido lítico. Este límite superior de la Cuesta del Cura se colocó abajo de la primera aparición de la secuencia alternante de calizas muy arcillosas, algo carbonosas, lutitas y bentonitas, características de la Formación Agua Nueva que la suprayace en toda el área estudiada.

Variaciones de la Formación.—La Formación Cuesta del Cura es una de las unidades más constantes en el área de estudio. Su variación más significativa dentro del área se refiere a su espesor. En la sección medida en la Sierra de Picachos la formación alcanza un espesor de 110 metros; mientras que en la Sierra de Papagayos, donde esta unidad está ampliamente expuesta, tiene un espesor máximo de 35 metros. En el Cañón de la Boca del Cerro de La Silla la Cuesta del Cura alcanza aproximadamente 65 metros.

Posición Cronoestratigráfica.—La Formación Cuesta del Cura contiene abundantes foraminíferos planctónicos. En la Sierra de Picachos se encontró que la base de la formación es asignable a la Zona *Ticinella breggiensis*, en tanto que a unos metros abajo del contacto con la Formación Agua Nueva se observaron: *Thalmaninella brotzeni* (Morrow), *Th. greenhornensis* (Morrow) y *Rotalipora cushmani* (Morrow) indicando que la parte superior de la formación es asignable a la Zona *Rotalipora cushmani* del Cenomanense.

En la Sierra de Tamaulipas la Cuesta del Cura incluye estratos asignables al período de tiempo comprendido desde la Zona *Thalmaninella ticiensis* (Albense Superior) a la Zona *Rotalipora cushmani*.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Cronoestratigrafía:

Las Series Cretácicas Americanas (Coahuiliana, Co-

mancheana y Gulfiana) aunque originalmente definidas como unidades líticas, fueron separadas y caracterizadas en base a su contenido paleontológico lo cual las sitúa dentro de las unidades cronoestratigráficas formales. Por otra parte, los pisos americanos comprendidos en la Serie Comancheana (Trinitense, Fredericksburgense) representan puntos precisos en el tiempo geológico fácil de reconocer en el Cretácico mexicano, la utilización de estos nombres en la nomenclatura cronoestratigráfica sería más adecuada ya que sus estratotipos están mejor representados, y sobre todo son más accesibles para los geólogos mexicanos que los estratotipos europeos. Sin embargo, dado a que la mayoría de los geólogos está más acostumbrada al uso de la nomenclatura europea como lenguaje común es conveniente referir la estratigrafía mexicana a la obsoleta e imprecisa nomenclatura francesa, esperando que algún día podamos contar con un esquema cronoestratigráfico más adecuado para uso internacional.

En el noreste de México la Serie Comancheana representa un evento geológico muy definido, cuyos límites están bien caracterizados tanto por la fauna de amonitas como por los foraminíferos planctónicos. Estos límites son fácilmente reconocibles y pueden determinarse en cualquier otra región del país.

El análisis comparativo de la secuencia estratigráfica del noreste de México con los estratotipos franceses permitió establecer las conclusiones siguientes: 1) Los estratotipos de los pisos europeos comprendidos en la Serie Comancheana (Aptense/Albense) presentan serios problemas relacionados con su definición y sus límites superior e inferior; 2) Es relativamente fácil reconocer los límites de los pisos en las áreas tipo, pero conforme se aleja de ellas el problema se agrava y se hace más complejo al intentar correlaciones cronoestratigráficas entre las áreas tipo y estratos comparables en el Continente Americano; 3) La nomenclatura cronoestratigráfica europea del Sistema Cretácico debe usarse con muchas reservas, solo en forma tentativa, hasta que se disponga de un reanálisis del contenido faunístico y florístico de los estratotipos que permita reconocer los pisos con más precisión fuera de sus áreas tipo.

Bioestratigrafía:

La zonificación de la Serie Comancheana basada en los foraminíferos planctónicos permitirá realizar correlaciones cronoestratigráficas muy precisas. Cada una de las unidades bioestratigráficas establecidas tiene sus límites basados en criterios que son fácil de reconocer en otras regiones.

Esa zonificación está basada en estudios comparativos de las faunas de foraminíferos planctónicos de las secciones estratigráficas del noreste de México con los estratotipos franceses y la región Subética de España, asegurando en esta forma su utilidad como líneas de tiempo intercontinentales.

Litoestratigrafía:

La Serie Comancheana en el noreste de México está representada por una alternancia de rocas carbonatadas y rocas terrígenas de grano fino, todas ellas ricas en foraminíferos planctónicos.

Las estrechas relaciones laterales que mantienen las rocas depositadas en el área permite agrupar gran parte de la secuencia en un solo grupo: El Grupo Picachos. Este grupo incluye las siguientes unidades: Caliza Tamaulipas, Formación La Peña y Formación Sobreretillo.

Todas esas unidades son descritas en detalle y su estudio comparativo permite aclarar la nomenclatura formal; como consecuencia se formaliza la nomenclatura que deberá emplearse para referirse a las divisiones de la Caliza Tamaulipas y Formación La Peña. Para la primera se propone la siguiente división; de abajo a arriba: Miembro Caliza La Borrega, Miembro Caliza Otates y Miembro Caliza Nacimiento. Para la Formación La Peña se sugiere; de abajo a arriba: Miembro Arcilla La Boca, Miembro Caliza La Presa y Miembro Caliza La Silla.

En general, las unidades líticas depositadas en el área, en tiempos comancheanos, son más jóvenes hacia el norte por lo que se les considera transgresivas en tiempo.

Ambientes de Depósito:

La interrupción abrupta en el depósito de la sedimentación de carbonatos, es decir el inicio del depósito de la Formación La Peña, que por mucho tiempo había prevalecido en el área de estudio, se debe al influjo de terrígenos finos a la cuenca debido muy probablemente a cambios climáticos, esto es, a lluvias intensas las cuales causaron que grandes cantidades de terrígenos fueran acarriados de la fuente de origen al sitio del depósito. Otra explicación sería evocar un origen tectónico a los terrígenos, para esto sería necesario asumir que contemporáneamente en la fuente de suministro se llevaban a cabo procesos tectónicos (levantamientos, fallamientos, etc.). El autor se inclina a pensar que ambos factores con-

tribuyeron en el cambio abrupto de sedimentación. Smith (1970) postula que solo pequeñas islas quedaron expuestas como elementos positivos en el área, contemporáneamente al depósito de La Peña. Por lo que la erosión de esas islas pudo contribuir como fuente de suministro de los terrígenos. De todas maneras, las relaciones espaciales de las unidades evidencian que la fuente de suministro se localizaba al norte-noroeste del área estudiada, puesto que durante el Aptense inferior la secuencia estratigráfica del área estudiada se hace más terrígena hacia el norte. Cabe aclarar aquí que el contacto inferior de La Peña es concordante, la secuencia bioestratigráfica es continua a través de este contacto litológico.

Durante tiempos comancheanos (Aptense-Albense) el área bajo estudio fue parte de una amplia Plataforma Continental relativamente somera, con comunicación permanente al mar, depositándose facies pre-arrecifales. En general la secuencia litológica se depositó en profundidades neríticas (Nerítico Medio), sobre el margen de la plataforma. Esta conclusión está documentada por el hecho de que las faunas de foraminíferos consisten de 90/10 a 85/15 planctónicos/bentónicos; además, es notable en la fauna bentónica la ausencia de formas aglutinadas. Por otra parte, la abundancia de favuselidos en el Albense da mayor soporte a la interpretación ecológica-batimétrica postulada, ya que este grupo de foraminíferos es exclusivo de facies depositadas en mares someros. A la fecha los favuselidos no se han encontrado en los sedimentos profundos obtenidos de las cuencas oceánicas de las perforaciones del "Deep Sea Drilling Project". Al mismo tiempo, la abundancia de fragmentos de moluscos y equinodermos en algunas partes de la secuencia es otra evidencia en favor de la interpretación ambiental (pre-arrecife) atribuida a los depósitos de la Serie Comancheana. La presencia de las mismas especies planctónicas de foraminíferos en las rocas de la Serie Comancheana y en los estratotipos franceses indica que el área en estudio estuvo en comunicación permanente con aguas oceánico-pelágicas, las que circulaban ampliamente sin barreras geográficas aparentes.

Durante el Albense el noreste de México es divisible en dos facies muy bien definidas: La *Facies Pre-Arrecifal*, que corresponde a la secuencia estudiada, caracterizada por la microfacies de sedimentos carbonatados con abundantes favuselidos, y La *Facies Arrecifal*, formada por los biohermas de rudistas. La distribución geográfica de estas dos facies se muestra en la figura 8. La *Facies Arrecifal* contemporánea a la *Facies Pre-Arrecifal* del área estudiada cons-

tituye la extensión austral del llamado "Stuart Reef Complex" de Texas.

FIG. 8.- DISTRIBUCCION DE FACIES EN EL NORTE DE MEXICO AL FIN DE LA SERIE COMANCHEANA (ALBENSE)

La abundancia de hedbergelloideos quillados en las formaciones post-comancheanas permite inferir que el área estudiada se localizaba considerablemente alejada de la línea de costa, confirmando al mismo tiempo que la Plataforma Continental existente en tiempos comancheanos se cubrió, al menos hasta el Cenomanense, con aguas más profundas (Batial Superior). Esta conclusión es de gran interés en las reconstrucciones paleogeográficas del norte de México ya que, permite postular que las mismas formaciones en la parte norte de la región serán más jóvenes que en el sur.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de campo para realizar la presente investigación se llevó a cabo bajo el subsidio donado al autor por la Geological Society of America como parte de un Penrose Bequest Research Grant para realizar la tesis doctoral en la Universidad de Texas en Dallas en 1970.

El trabajo de gabinete y laboratorio se efectuó a principios de 1974 en la Sección de Estratigrafía del

Instituto de Geología, UNAM, por lo que el autor agradece a las autoridades de ese Instituto todas las facilidades brindadas para hacer posible la realización del presente trabajo.

El autor agradece al M. en C. Baldomero Carrasco, IMP, el haber revisado críticamente el manuscrito, asimismo sus valiosas sugerencias para mejorar su calidad.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ, M. JR.

1949 *Tectonics of Mexico*. A. A. P. G. Bull. 33: 1319-1335.

1958 *Tectónica profunda de México*. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr. 10 (3/4): 163-181.

AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE

1961 *Code of Stratigraphic Nomenclature*. A. A. P. G. Bull. 45 (5): 645-665.

BELT, B. C.

1925 *Stratigraphy of the Tampico district of Mexico*. A. A. P. G. Bull. 9: 136-144.

BERGGREN, W. A.

1969 *Cenozoic chronostratigraphy, planktonic foraminiferal zonation and the radiometric time scale*. Nature 224 (5224): 1072-1075.

BISHOP, B. A.

1970 *Stratigraphy of Sierra de Picachos and Vicinity, Nuevo Leon, Mexico*. A. A. P. G. Bull. 54 (7): 1245-1270.

BOLLI, H. M.

1959 *Planktonic foraminifera from the Cretaceous of Trinidad, B. W. I.* Bull. Amer. Paleont. 39 (179): 257-277, pls. 20-23.

BOSE, E.

1923 *Vestiges of an ancient continent in northern Mexico*. Am. Jour. Sci. 5th. ser., 6: 127-337.

BOSE, E. & CAVINS, O. A.

1928 *The Cretaceous and Tertiary of southern Texas and northern Mexico*. Texas Univ. Bull. 2748.

BREISTROFFER, M.

1947 *Sur les zones d'Ammonites dans l'Albien de France et d'Angleterre*. Trab. Lab. Geol. Fac. Sc. Grenoble, 26: 17-104.

BURCKHARDT, C.

1930 *Etude synthétique sur le Mésozoïque mexicain*. Soc. Paleont. Suisse Mem. 49-50.

CASEY, R.

1961 *The stratigraphical paleontology of the Lower Greensand*. Paleont. 3 (4): 487-621.

CARRILLO-BRAVO, J.

MS *Estratigrafía y Geología Estructural de la Sierra de Tamaulipas*. Tesis Profesional. IPN-ESIA. 1955, 46 pp., 3 figs.

COFFIN OTERO, J.

1950 *Análisis de los trabajos geofísicos llevados a cabo en el noreste de México*. Primera Conv. Tectónica Petr. Mex. Parte 1: Exploración-Explotación-Refinación-Transportación 149-148.

COLLOQUE SUR LE CRETACE INFÉRIEUR

1963 *Mem. Bur. Geol. Min. No. 34*. Editions B. R. G. M.,

1965, 840 pp.

DALBIEZ, F.

L

1959 *Corrélations et Résolutions*. In: Roger, J. Editor. Colloque sur le Crétacé Supérieur Français: 857-867.

FISHER, W. L. & RODDA, P. U.

1969 *Edwards Formation (Lower Cretaceous) Texas Dolomitization in a carbonate platform system*. A. A. P. G. Bull. 53 (1): 53-72.

FLANDRIN, J.

1963 *Rapport sur l'étage Aptien*. Coll. Crétacé Inférieur (Lyon, Sept., 1963) Mem. Bur. Rech. Geol. Min. 24: 227-234.

GORBACHIK, T. N. & KRECHMAR, V.

1969 *Raschlenene Apt-Albiskikh Otlozheny Kryma po planktonnym foraminiferam*. Vestnik. Moskovskogo Universiteta 3: 46-56, 2 pls. (en ruso).

HILL, R. T.

1887 *The topography and geology of the Cross Timbers and surroundings regions in northern Texas*. Amer. Jour. Sci. Ser. 3, 33: 291-303.

HUMPHREY, W. E.

1949 *Geology of the Sierra de los Muertos area (with descriptions of Aptian Cephalopods from the La Peña Formation)*. G. S. A. Bull. 60: 889-176.

1956a *Tectonic framework of northeast Mexico*. Gulf. Coast Assoc. Geol. Cocs. Tans. 6: 26-35.

1956b *Notes on the geology of northeast Mexico*. Supplement to Guidebook, Laredo to Monterrey Field Trip, Corpus Christi Geol. Soc. 41 pp.

HUMPHREY, W. E. & DIAZ, T.

1953 *Excursión al Cañón de Peregrina, Ciudad Victoria, Tamaulipas. Programa, Primera Convención, Asoc. Mex. Geol. Petr.*

KELLUM, L. B.; IMLAY, R. W. & KANE, W. G.

1936 *Evolution of the Coahuila Peninsula Mexico. Part I. Relation of structure, stratigraphy, and igneous activity to an early continental margin*. G. S. A. Bull. 47: 969-1008.

IMLAY, R. W.

1936 *Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. Geology of the western part of the Sierra de Parras (Part IV)*. G. S. A. Bull. 47: 1091-1152.

1937 *Geology of the middle part of the Sierra de Parras, Coahuila, Mexico*. G. S. A. Bull. 48: 587-630.

1938 *Studies on the Mexican geosyncline*. G. S. A. Bull. 49: 1651-1694.

1939 *Upper Jurassic ammonites from Mexico*. G. S. A. Bull. 50: 1-77.

1943 *Evidence for the Upper Jurassic landmass in eastern Mexico*. A. A. P. G. Bull. 27: 524-529.

KILIAN, W.

1888 *Système Crétacé*. Extr. Ann. Geol. Univ. V: 339-423.

LONGORIA, J. F.

1974 *Stratigraphic, morphologic and taxonomic studies of Aptian planktonic foraminifera*. Rev. Española Micro-pal. Número Extraordinario, 107 pp., 27 pls.

LONGORIA, J. F. & GAMPER, M. A.

- MS *Albian planktonic foraminifera from the Sabinas Basin of northern Mexico*. Actes 60. Col. African Micropal. Tinez. 1974 (en prensa).
- MARKS, P.
1967 *Rotalipora et Globotruncana dans La Craie Theligny (Cenomanien), Dept. de la Sarthe*. Koninkl. Nederl. Akad. van Wetenschappen Proc. Ser. B, 70 (3): 264-275.
- MICHAEL, F. Y.
1972 *Studies of Foraminifera from the Comanchean Series (Cretaceous) of Texas*. Jour. Foram Res. 2 (4):
- MOORE, C. H. JR.
1967 *Stratigraphy of the Edwards and associated formation, west-central Texas*. Trans. Gulf Coast. Assoc. Geol. Soc. 17th. annual Meeting: 61-75.
- MOSTELLER, M. A.
1970 *Subsurface stratigraphy of the Comanchean Series in east central Texas*. Baylor Geol. St. Bull. No. 19.
- MOULADE, M.
1966 *Etude stratigraphique et micropaleontologique du Crétacé Inférieur de la "Fosse Vocontienne"*. Doc. Lab. Geol. Fac. Sci. Lyon (15), 369 pp., 17 pls.
- MUIR, J. M.
1936 *Geology of the Tampico Region*. A. A. P. G., 280 pp.
- MURRAY, G. A.
1961 *Geology of the Atlantic and Gulf Coastal Province of North America*. New York, Harper and Brothers: 127-138; 297-362.
- ORBIGNY, A. D'
1840 *Paléontologie Française. Terrains crétacés I*. Paris Librairie Victor Masson.
- 1842 *Paléontologie Française. Terrains crétacés II*. Paris Librairie Victor Masson.
- 1847 *Paléontologie Française. Terrains crétacés. Gastropodes. 1 Les Cephalopodes. 2 Les Animaux Mollusques et Rayonnés*. Paris. Publicado por el autor, 456 pp.
- 1850 *Prodrome de Paléontologie Stratigraphique Universelle*. Paris. Publicado por el autor. 427 pp.
- PESSAGNO, E. A. JR.
1967 *Upper Cretaceous Stratigraphy of the western Gulf Coast Area of Mexico, Texas and Arkansas*. G.S.A. Mem. III.
- ROSE, P. R.
1972 *Edwards Group, surface and subsurface Central Texas*. Bureau Econ. Geol. Univ. Texas Austin Rep. Inv. No. 74.
- REYNES P.
1861 *Etudes sur le synchronisme et la délimitation des terrains des Sud-Est de la France*. Mem. Soc. Emul. Province et Paris E. Savy Edit. 115 pp.
- SIGAL, J.
Contribution a une monographie des Rosalines. 1 Le genre Ticinella Reichel, suche des Rotalipores. Eclogae Geol. Helv. 59(1): 185-217, pls. 1-6.
- SMITH C. I.
1970 *Lower Cretaceous sedimentation and tectonics of the Coahuila and west Texas Platforms*. In: The Geologic Framework of the Chihuahua tectonic belt: A Symposium in honor of Prof. R. K. DeFord. Est Texas Geol. Soc.: 75-82.
- TOUCAS, A.
1888 *Note sur le Jurassique supérieur et le Crétacé*

inférieur de la Vallée du Rhône. Bull. Soc. Geol. Fr. 16(3). 903 pp.

APENDICE

Localización de las secciones estratigráficas ilustradas:

Sierra de Sabinas-Lámpazos

Sección medida sobre la carretera Sabinas Hidalgo-Villaldama aproximadamente 8.3 kilómetros al Oeste de la Plaza de Armas de Sabinas Hidalgo, N. L. Lado Norte del Cañón del Río Sabinas. Formaciones la Peña y Caliza Tamaulipas (parte).

Sierra de Picachos

Sección medida en la parte norte de la Sierra, sobre el lado Este del Cañón de la Gotera la sección empieza con el contacto inferior de La Peña. Formaciones: La Peña y Tamaulipas.

Sección medida al norte del Rancho Los Reyes, empezando justamente en la entrada al Cañón de Los Reyes. Formaciones: Tamaulipas, Sombrerete y Cuesta del Cura.

Sierra de Papagayos

Sección medida sobre la brecha al Pozo Los Ramones No. 1 de Pemex. La brecha corta la cresta del anticlinal y expone toda la sección con pequeños intervalos cubiertos por derrumbes. La brecha se encuentra al noroeste de la Plaza principal del poblado Los Ramones, aproximadamente a 8.5 kilómetros del centro del poblado.

Cerro de la Silla

Sección medida sobre el camino que conduce a través del Cañón de la Boca a Congregación La Boca. La sección comienza, de Este a Oeste, justamente en el contacto inferior de La Peña. Formaciones: La Peña, Tamaulipas y Cuesta del Cura.

Sierra de Tamaulipas

Sección medida sobre el flanco Oeste de la Sierra. La sección empieza en el Cañón de Otates y termina justo a la altura del Rancho el Nacimiento, en el Cañón de la Borrega. Formaciones: Tamaulipas y Cuesta del Cura.