

PRECISIONES SOBRE EL LIMITE JURASICO-CRETACICO EN EL SUBSUELO DEL ESTE DE MEXICO

RESUMEN

A. CANTU-CHAPA*

* Departamento de Geología,
Sección de Graduados, ESIA.
Instituto Politécnico Nacional
Dirección Personal: A.P. 53-921,
C.P.11320, México, D.F.

Se analizan las determinaciones micropaleontológicas del contacto Jurásico-Cretácico, y se comparan con las amonitas presentes también en material de núcleos, de pozos petroleros del Este de México. Ambos grupos de fósiles son asociados a la curva de rayos gamma del registro radioactivo, para control metodológico-estratigráfico. El total de 87 muestras estudiadas cubren una área de aproximadamente 1 300 km y proceden de tres distritos petroleros denominados Noreste, Tampico y Poza Rica; las muestras fueron extraídas de profundidades que varían de 400 a 3 000 m.

La presencia simultánea en las mismas muestras de núcleo, de *Calpionella alpina*, *C. elíptica*, *Nannocunus globulus*, *N. Colomi*, *N. bermudezi* y *N. kamptneri* desde el Títoniano Superior hasta la base del Cretácico, no permite definir el límite Jurásico-Cretácico, por medio de uno de esos microfósiles, las amonitas himalayitidos, spiticerátinos y haplocerátidos como *Kossmatia*, *Salinites*, *Durangites* y *Proniceras* sólo ocurren en el Títoniano Superior de México y de América.

Se discute la metodología bioestratigráfica utilizada en ciertas localidades clásicas del mundo, que ha servido para definir el límite Jurásico-Cretácico. Se propone Mazatepec, Puebla (Este de México) como localidad tipo, del estratotipo del límite Jurásico-Cretácico.

ABSTRACT

A stratigraphic study was made in order to know the ammonites and microfossils distribution at the Jurassic-Cretaceous boundary in the subsurface rocks. Radioactivity well logging, particularly the gamma-ray curve, made it possible to locate the exact and stratigraphic position of these fossils, which were studied in 87 samples, from wells located in a large region of 1 300 km in the Eastern Gulf Plain of Mexico. Cores come from three oil districts: Northeast, Tampico and Poza Rica, and were obtained from different depths, from 400 to 3 000 m.

Calpionella alpina, *C. elíptica*, *Nannocunus globulus*, *N. colomi*, *N. bermudezi* and *kamptneri* always occurred together, in these cores where they are present; any one of these microfossils is able to identify by itself the Jurassic top or the Cretaceous base, at their point of contact. Otherwise, the Himalayitidae, Haploceratidae and some Spiticeratinae ammonites, as *Kossmatia*, *Salinites*, *Durangites* and *Proniceras* are found only in the Jurassic top of Mexico and in South America. Biostratigraphic studies used to recognise the Jurassic-Cretaceous boundary, in some classic localities of the world, are analysed in this work. Mazatepec, Puebla (Eastern Mexico) is designated as type locality of Jurassic-Cretaceous boundary-stratotipo.

INTRODUCCION

La realización del presente estudio fue motivado porque el autor del mismo se dio cuenta de que el tema "El límite Jurásico-Cretácico", como lo había tratado anteriormente (Cantú 1976b, 1980 y 1982), carecía de la parte micropaleontológica, la cual era tema de debate (Jelesky, 1984).

El autor de este trabajo estudió las amonitas de pozos petroleros de exploración geológica, cuando colaboró con el desaparecido Laboratorio Central de Paleontología de Petróleos Mexicanos, donde no tuvo oportunidad de enterarse de los análisis simultáneos que realizaba el personal del Laboratorio de Micropaleontología del Mesozoico, que dirigía el Dr. Federico Bonet, y, sobre todo, porque se creó un antagonismo por defender nuestras respectivas disciplinas, la micro y la macropaleontología, que imposibilitó toda colaboración.

Bonet trabajó con Imlay, quien determinaba las amonitas que aquél le enviaba a los Estados Unidos, para confirmar la edad de los microfósiles y, eventualmente, apoyarse en ellas, así como para utilizarlas como referencias cronoestratigráficas en sus publicaciones. En 1962 el autor de este estudio se reintegró a Petróleos Mexicanos y se hizo cargo del estudio de las amonitas, suscitándose discrepancias de opiniones, debido a que se consideraba que las edades proporcionadas por estos fósiles debían sujetarse a aquellas establecidas por la micropaleontología, resumidas en dos estudios (Bonet, 1956 y Trejo, 1960).

La seguridad que proporcionan las amonitas, en cuanto a su valor cronoestratigráfico, apoyadas tan sólo en México por una práctica de más de 70 años, hizo que el autor optara por ignorar los noveles estudios de la Micropaleontología del Mesozoico, basados en láminas delgadas. Ahora, después de haber hecho el estudio del límite Jurásico-Cretácico en el subsuelo del Este de México (Cantú, 1982), auxiliándose solamente de las amonitas y de la curva de rayos gamma de los registros radioactivos, se ve que ese tema está aún incompleto, porque falta integrar la parte micropaleontológica.

Por esa razón, se considera de suma importancia incluir las determinaciones que realizó el equipo de micropaleontólogos que dirigió Bonet, y que permanecerán inéditas si no se publican en forma integrada. Ahora se presentan aquí, con objeto de complementar y confrontar al mismo tiempo su estudio en la cronoestratigrafía de esa parte de México. Por lo tanto, todas las determinaciones micropaleontológicas que aquí se señalan y que han permanecido inéditas, fue-

ron hechas por Bonet y su personal. Sólo algunas de las determinaciones de las amonitas fueron realizadas por Imlay, el resto las estudió el autor de estas notas.

Es de aclarar que la única vez que se pudieron estudiar simultáneamente las amonitas y los microfósiles, a sugerencia del autor de este estudio, fue en el trabajo de Mazatepec (Cantú, 1967); ahí colaboró Leonel Salinas en la parte micropaleontológica. Fuera de ese caso publicado, jamás se lograron integrar estas dos disciplinas, tan valiosas para el mejor conocimiento de la Bioestratigrafía de México.

En el presente estudio, como en el anterior (Cantú, 1982) se agregan los registros radioactivos de pozos, para darle al estudio el estricto enfoque estratigráfico que se requiere y establecer, al mismo tiempo, el valor preciso de esos fósiles, al ubicarlos mediante los registros de pozos, en las capas problema.

Considérese el presente artículo como un homenaje del autor de estas notas, al grupo de micropaleontólogos que dirigió el Dr. Federico Bonet, quienes con sus numerosas y anónimas determinaciones paleontológicas, hicieron posible ubicar y datar las unidades lito y cronoestratigráficas de nuestro país. También el autor de estas notas rinde homenaje al Dr. Ralph W. Imlay, de Estados Unidos, quien trabajó bastante en el conocimiento de la Estratigrafía del Mesozoico de México.

Cabe aclarar que no es dominio del autor de estas notas, establecer la exacta nomenclatura actual de los tintínidos y nanoconos, por esa razón se transcriben las determinaciones originales, como se encuentran en los informes inéditos antes señalados.

Lo mismo puede decirse de los nanofósiles como *Conusphaera mexicana* Trejo, que ha dado origen a una reciente denominación zonal, justo en la cima del Jurásico, en la región del Atlántico Norte (Thierstein, 1975, *in* Roth, 1980). Esta nueva unidad taxonómica micropaleontológica está seguramente presente en las muestras estudiadas anteriormente, pero esto será obra de posteriores trabajos de rectificación nomenclatural micropaleontológica.

ANTECEDENTES HISTORICOS EN MEXICO

Las amonitas.— Burckhardt inició los estudios del Mesozoico de México basados en amonitas, y en ellos trató el tema de las rocas limítrofes del Jurásico-Cretácico, que las resumió en su obra de 1930; en esos estudios del Centro de México, comparó las amonitas de México, con las del Sur de Europa y con las de la región andina.

Más tarde, Imlay agregó otros datos al límite Jurásico-Cretácico, en los estudios que realizó del Noreste de México (1939, 1943 y 1980). Por su parte, Arkell (1956) fue decisivo en la cronoestratigrafía neojurásica de México, al proponer la presencia del Titoniano, más que del Portlandiano, en nuestro país, como se había considerado anteriormente por algunos autores.

Verma y Westermann (1973) hicieron un estudio del Titoniano de la Sierra de Catorce, en el Centro de México. El autor de estas notas ha tratado en repetidas ocasiones, el tema del límite Jurásico-Cretácico, de varias regiones del país, tanto en superficie como en subsuelo (Cantú 1963, 1967, 1968, 1971, 1976a, 1976b, 1980 y 1982).

Otros especialistas extranjeros se han referido accesoriamente al límite Jurásico-Cretácico en México, según las amonitas (Enay, 1972; Wiedmann 1980a; Jelesky, 1984; Zeiss, 1985).

Los microfósiles.— Bonet (1956) inició el estudio de los tintínidos en México, mediante el método de láminas delgadas; para realizar la zonificación del Jurásico Superior y Cretácico Inferior, él basó su estudio en muestras aisladas que contenían amonitas.

Trejo (1960 y 1980) aportó más datos a ese estudio, con la utilización de las especies del género *Nannoconus*; también se apoyó en muestras aisladas que contenían amonitas. En algunos casos, Trejo (1980) no especificó la procedencia de las amonitas ni de los microfósiles, por lo mismo, ese trabajo carece del rigor bioestratigráfico que debería tener.

Otros estudios sobre el límite Jurásico-Cretácico se han realizado en el subsuelo de Poza Rica, Este de México (Velasco y Sepúlveda, 1973). Un caso especial fue el estudio arriba señalado, del límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec, con microfósiles estudiados por Leonel Salinas y con amonitas (*in* Cantú, 1967).

EL LIMITE JURASICO-CRETACICO EN OTRAS PARTES DEL MUNDO

Sureste de Francia.— Ciertas localidades del SE de Francia, estudiadas originalmente por Mazonot (1939), son consideradas como los representantes del estrato-tipo del límite Jurásico-Cretácico, en esa región. Ahí el límite de esos dos sistemas continúa aún basándose únicamente en la presencia de especies de los géneros de *Berriasella* y *Calpionella* (Le Hégarat y Remane, 1968).

Cuba.— En el extremo occidental de esta isla se ha reconocido el Titoniano Superior, con himalayítidos

y con microfósiles (Imlay, 1942; Judoley y Furrázola, 1968); así como el Berriasiano, con amonitas (Myczyński, 1977).

Canadá.— En la parte occidental de Canadá, Jeletsy (1984) ha diferenciado el límite Jurásico-Cretácico, predominantemente con las especies del lamelibranquio *Bucchia*.

Argentina.— En este país se ha caracterizado el límite Jurásico-Cretácico, con la presencia de dos géneros de amonitas Berriasélidos (*Parodontoceras* y *Substeuerocheras*) para el Titoniano Superior e Himalayítidos (*Spiticeras*) para el Berriasiano (Leanza, 1945 y 1947).

METODOLOGIA

En esta ocasión, como en las anteriores (Cantú 1976b, 1982 y 1987), se integran en las secciones estratigráficas, la curva de rayos gamma de los registros radioactivos de pozos, con las amonitas y los microfósiles, como fueron encontrados en los núcleos; se hace así, para darle al estudio el estricto enfoque estratigráfico que se requiere y establecer, al mismo tiempo, el valor cronoestratigráfico preciso de todos estos fósiles, al ubicarlos mediante los registros, en las capas problema.

Estas capas, según los principios de la estratigrafía del subsuelo, son diferenciadas por características físicas, que muestran los registros y verificadas a su vez con ejemplares de núcleos.

Cada una de las secciones estratigráficas contiene además, una figura anexa, donde se han colocado los núcleos y señala con letras, las diferentes edades proporcionadas por los microfósiles, según Bonet y colaboradores; y las amonitas, según el autor de estas notas.

El estudio estratigráfico de las rocas del subsuelo es particular, en la medida que no se tienen núcleos continuos para cada pozo, que muestren sus características litológicas y paleontológicas en forma total, excepto en muy raras ocasiones (Cantú, 1976b). En cambio, las litofacies, como se reflejan en los registros radioactivos, son correlacionadas a diferentes distancias, de acuerdo exclusivamente a sus características físicas reflejadas en los mismos.

Por esta razón y para complementar el estudio, los núcleos cortados en las litofacies problemas, pero en diferentes pozos, llegan a veces a cubrir toda la capa por estudiar, por lo que puede inferirse la edad de las mismas, aun si no se tiene cubierto con núcleos todo el estrato. Es evidente que hay casos donde los límites de las facies son imprecisos, por lo cual, para

poder establecer ese horizonte de referencia se auxilió de otros registros, que aquí no se incluyen por cuestiones de espacio.

Otro de los motivos que impulsaron la realización del presente estudio bioestratigráfico, fue el tratar de entender la metodología utilizada por Bonet, para datar las muestras de subsuelo por medio de los microfósiles, como se observan en los informes inéditos; toda vez que los dos trabajos teóricos sobre este tema no son suficientes para esclarecer esas dataciones (Bonet, 1956 y Trejo, 1960).

Es de recordar que las zonificaciones microfaunísticas propuestas por esos autores, fueron basadas sólo en muestras aisladas, de donde proporcionaron subdivisiones bioestratigráficas inmutables. Las cuales, al ser utilizadas posteriormente en estudios de prospección petrolera, muestran serias deficiencias que las hacen vulnerables y dudosas.

De esta manera, se concibe el presente estudio en la forma siguiente:

- 1.— Se tomaron como base ciertos trabajos claves, que se habían realizado (Cantú, 1976b y 1982).
- 2.— Simultáneamente se elaboraron listas de pozos por regiones, donde Bonet y colaboradores habían estudiado los microfósiles, y solamente se tomaron para el estudio aquellos pozos que tenían registros.
- 3.— Se procedió a construir secciones estratigráficas, siguiendo los principios de la geología del subsuelo, al utilizar registros de pozos.
- 4.— A la derecha de esas secciones estratigráficas se proyectaron los microfósiles y las amonitas, como fueron determinados en los núcleos; de manera que los fósiles conservaran en cada sección la posición señalada por la profundidad.
- 5.— En las ilustraciones de las secciones se agregó un cuadro estratigráfico donde se ubicaron los núcleos, con relación al límite Jurásico—Cretácico, como fueron observados en cada pozo. Las edades de esos núcleos fueron señaladas con letras, según fueron propuestas por Bonet, o por los especialistas de amonitas.
- 6.— Eso fue hecho así, con objeto de mostrar sus diferentes edades, según la Micropaleontología, para núcleos que proceden de capas isócronas y al mismo tiempo mostrar, como fue inferida la edad que aquí se propone, después de hacer las correlaciones pertinentes

con registros y apoyadas también por amonitas.

- 7.— En cuadros bioestratigráficos especiales fueron agrupados los núcleos de pozos de una misma edad, donde se anotó la presencia de los microfósiles para cada caso.
- 8.— Estos cuadros bioestratigráficos representan la distribución por edades de los microfósiles, que a su vez fueron confrontados por el autor con las secciones estratigráficas, de donde se infieren las edades exactas de esos núcleos, para la cima del Jurásico, como para la base del Cretácico.
- 9.— Para este último caso es de señalar que no hay aún suficientes elementos confiables, de tipo bioestratigráfico, como para dividir la base del Cretácico en pisos, por lo que sólo se propone la denominación de Neocomiano Inferior indiferenciado.
- 10.— Después de analizar conjuntamente cada caso, tanto por regiones geográficas, como por medio de las secciones y de los cuadros bioestratigráficos, de aquellas edades proporcionadas por Bonet, se puede afirmar cuál es la distribución exacta de esos microfósiles, en las capas limítrofes del Jurásico—Cretácico, del Este de México, lo cual puede observarse en cuadros bioestratigráficos sintéticos regionales (Figs. 5, 9 y 12).
- 11.— El estudio total permitió compilar en dos tipos de cuadros bioestratigráficos, la exacta distribución de los microfósiles; uno de ellos corresponde a la propuesta final sobre las sucesivas apariciones de los microfósiles, hacia la cima del Jurásico del Este de México, como se observan en cada zona petrolera estudiada (Fig. 15).

El otro representa el resumen, que señalaría las conclusiones sobre la distribución de los microfósiles en las capas terminales del Jurásico, en el subsuelo del Este de México, asociados con las amonitas (Fig. 21).

El área de estudio comprende casi toda la Planicie Costera del Golfo de México, en la parte que concierne a nuestro país, o sea más de 1 300 km.

Esas áreas son aquellas que reconoce Petróleos Mexicanos, con algunas excepciones, a saber, en el NE de México se agrega el pozo Camotal 1, que administrativamente corresponde al Distrito de Tampico, en el Este de México (Fig. 1).

El Distrito de Tampico se ilustra por medio de un

plano isométrico, cuyo horizonte de referencia es el límite Jurásico–Cretácico. Aquí, la distribución geográfica es respetada (Fig. 2).

En cambio, en el resto de las secciones estratigráficas, los pozos son colocados según el orden geográfico aparente, que resulta más conveniente para ser trabajado, aclarando que no se respetó la distancia correcta, más bien son colocados a una distancia constante, para poder realizar la correlación estratigráfica (Figs. 6, 7 y 10).

Para cada sección estratigráfica y el plano isométrico se anexan el plano de localización de los pozos. Por lo que respecta al Distrito de Poza Rica, éste fue subdividido en dos partes, para ser analizado mejor (Figs. 6 y 10).

Es pertinente aclarar que cuando se hizo el primer estudio del Jurásico–Cretácico, del subsuelo (Cantú, 1982) de esta parte de México, fue señalado, según los estudios de Imlay, que en el Sur de E.E.U.U. no se habían encontrado amonitas en la cima del Jurásico Superior, sólo lamelibranquios.

Sin embargo, Imlay y Herman (1984) han proporcionado buenos ejemplares de *Salinites* y *Durangites* de la cima del Titoniano, de algunos pozos de Louisiana y Texas; esto vino a modificar la opinión que se tenía (Cantú *op. cit.*), sobre esa región de E.E.U.U. y a extender, en cierta medida, el área de distribución de esas amonitas.

ESTUDIO ESTRATIGRAFICO

NORESTE DE MEXICO

El área estudiada en el Noreste de México cubre una distancia aproximada de 470 km lineales. En esta región el contacto Jurásico–Cretácico es transicional, como se puede observar en la curva de rayos gamma; en efecto, esa curva no manifiesta cambios bruscos, por no reflejar a su vez, un cambio importante en la litología (Fig. 1). Sin embargo, el cambio litológico de este contacto es particularmente notable en el área sur del Distrito Noreste, a partir del pozo Noyola 1.

De esta manera, ese contacto Jurásico–Cretácico se hace más evidente en los pozos Mirasol 1 y Camotal 1. En ellos la curva de rayos gamma se desplaza bruscamente hacia la derecha, justo en el contacto de esos dos sistemas y permanece en esta última posición, con ligeras variaciones en el horizonte inferior, que aquí se considera del Titoniano Superior, por contener amonitas de esa edad (Cantú, 1982) (Fig. 1).

El Cretácico Inferior en el Distrito Noreste está representado por la Formación Taraises (calizas arcilosas,

negras, que alternan con lutita del mismo color), que pasa a una caliza arcillosa negra, a veces carbonosa, que alterna con lutita del mismo color, de la Formación La Casita del Jurásico Superior.

Hacia el sur del área estudiada, en el pozo Noyola 1, se observa que la caliza arcillosa de la Formación Taraises cambia lateralmente a la caliza micrítica de la Formación Tamaulipas Inferior. También ahí está presente un notable cambio vertical de facies, de la Formación Tamaulipas Inferior del Cretácico Inferior, pasa a la caliza arcillosa de la Formación Pimienta del Jurásico Superior; ésta última contiene además lentes de bentonita, que se manifiestan en la curva de rayos gamma por fuertes desplazamientos hacia la derecha (Fig. 1).

Desde el punto de vista litológico y de su manifestación en los registros radioactivos, la presencia de bentonita representaría la característica más notable para diferenciar entre sí estas dos unidades litoestratigráficas: la Formación Pimienta de la Formación La Casita, ambas presentes en la cima del Jurásico, en el subsuelo del Este de México.

Fosiles

Las amonitas del Titoniano Superior más características en esta área son los géneros siguientes:

Kossmatia, pozo Lajillas 1, núcleo 7 (Cantú, 1982, Lám. 1, Fig. 3).

Salinites, pozos Paras 1, núcleo 3 (Cantú, 1968, Lám. 5, Fig. 11); Garza 101, núcleo 8; Negrete 1, núcleo 7 y San Javier 3, núcleo 2.

Proniceras, pozos Corral 1, núcleo 1 (Lám. II, Fig. 5); Camotal 1, núcleo 4 y San Javier 3, núcleo 2, (Lám. I, Fig. 7).

Parodontoceras, pozo Camotal 1, núcleo 4 (Cantú, 1982, Lám. I, Fig. 4) y *Substeuerocheras*, mismo pozo y núcleo, Lám. II, Fig. 7.

Haploceras y *Lamellapthychus*, pozo Mirasol 1, núcleo 5 (Cantú, 1982, Lám. I, Fig. 5) y Lám. II, Fig. 2.

Acevedites (Cantú, 1982, Lám. I, Fig. 6) e *Inoceramus bassei* Lecolle, pozo Corral 1, núcleo 2, (Lám. I, Fig. 1).

Durangites, pozo Paras 1, núcleo 3 (Lám. I, Fig. 5).

Un poco más arriba del horizonte que contiene las amonitas aparecen los microfósiles *Calpionella alpina*, *C. elliptica*, *Tintinnopsella carpathica*, *T. oblonga*; asociados con *Nannoconus steinmanni* *N. globulus* y *N. bronnimanni*. Otros microfósiles sin valor cronoestratigráfico que se observan en el mismo nivel antes mencionado, son *Fibrosphaera* sp., *Saccocoma* sp. y *Globochaete alpina*.

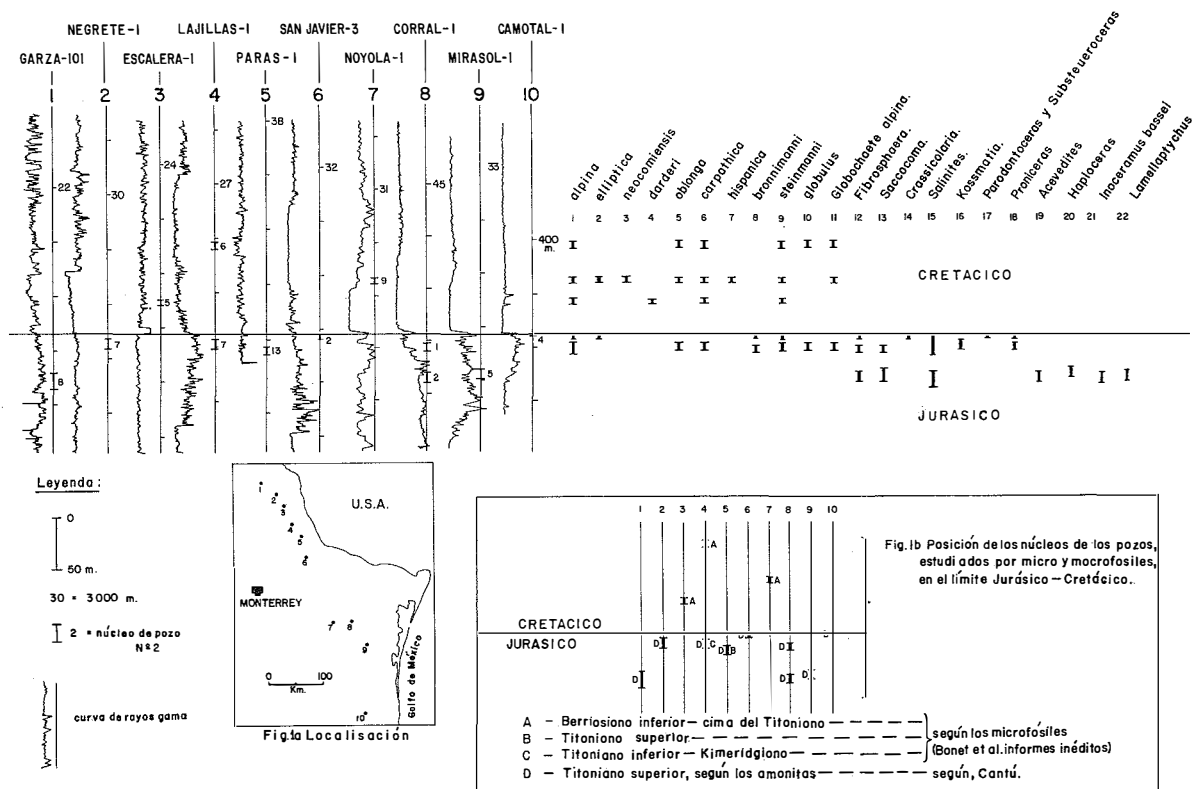


Fig. 1.— El límite Jurásico–Cretácico en el Noreste de México, según las amonitas, los microfósiles y los registros radiactivos.

En la misma sección estratigráfica de la Fig. 1 se han incluido los núcleos de la base del Cretácico, de ciertos pozos (Escalera 1, núcleo 5; Lajillas 1, núcleo 6 y Noyola 1, núcleo 9); en ellos sólo se encontraron los microfósiles *C. alpina*, *C. elliptica*, *C. neocomiensis*, *C. darderi*, *T. oblonga*, *T. carpathica*, *S. hispanica*, *N. steinmanni* y *N. globulus*.

El recuadro 1C (Fig. 1) resume las edades determinadas para los núcleos de esos pozos, por Bonet; ese material conserva su posición con relación a la línea de sección, que se utilizó para hacer la correlación. Por lo mismo, se puede inferir la edad de aquellos núcleos que están por encima de esa línea, las cuales no corresponderán, como se verá más adelante, a las edades adjudicadas originalmente en informes inéditos. De esta manera, se pueden avanzar algunas consideraciones bioestratigráficas para el Noreste de México:

- Las amonitas *Kossmatia*, *Salinites*, *Substeueroceras*, *Proniceras* y *Parodontoceras* no transgreden la cima

del Jurásico, lo cual no sucede así con los microfósiles, que pasan indistintamente de un período a otro, excepto *N. bronnimanni*, que se comporta igual que aquellos fósiles.

- Las amonitas del Titoniano Superior aparecen aproximadamente en los últimos 50 m, abajo del contacto Jurásico–Cretácico. En cambio, los microfósiles sólo se han observado desde los últimos 20 m, abajo de dicho contacto.
- Ciertos pozos como el Lajillas 1, núcleo 7, no contiene microfósiles característicos; por lo mismo, Bonet en informe inédito dató ese núcleo de edad Titoniano Inferior–Kimeridgiano. Sin embargo, en el mismo núcleo aparece *Kossmatia*, por lo cual no dudamos en datarlo del Titoniano Superior.
- Los núcleos que están por encima del contacto Jurásico–Cretácico, en la sección de la Fig. 1, en particular los de los pozos Escalera 1, Lajillas 1 y Noyola 1, fueron considerados por Bonet como pertenecientes a la cima del Titoniano–Berriasiano Inferior.

En el recuadro 1C (Fig. 1) esos núcleos se colocan dentro del Berriasiano indiferenciado, por posición estratigráfica, ya que es de considerar que esos microfósiles por sí solos, no son característicos de un piso determinado del Cretácico y menos aún podrían señalar la edad ‘‘cima del Titoniano–Berriasiano’’, como lo propuso Bonet en sus informes inéditos:

- Para el subsuelo del Noreste de México, el límite Jurásico–Cretácico se establece en la parte superior de la capa donde desaparecen las amonitas *Kosmatia*, *Salinites* y *Proniceras*; por lo mismo, la capa donde están presentes esos fósiles corresponde al Titoniano Superior.
- El contacto Jurásico–Cretácico está a diferentes profundidades que varían de 2 350m bnm, en el pozo Garza 101, hasta llegar a 3 980m en el pozo Paras 1, que representa la parte más profunda del Sistema de Fallas Paras (Cantú, 1989). En cambio, ese contacto sólo está a 480m en el pozo Camotal 1, que está en el extremo sur del área estudiada.

DISTRITO DE TAMPICO

En esta región del Este de México, situada al sur de la Ciudad de Tampico, hay un gran número de pozos que cortaron núcleos en las capas limítrofes del Jurásico y Cretácico. Sólo se utilizaron 35 pozos que representan el más alto índice de muestreo en estas capas, como puede observarse en la Fig. 2.

El área cubre aproximadamente 22 000 km² y en este distrito se localiza el pozo Bejuco 6, que sirvió de base para establecer la correlación estratigráfica sobre el límite Jurásico–Cretácico, debido al alto contenido de amonitas que suministraron 60 m de núcleo continuo (Cantú, 1976b). El Distrito de Tampico ofrece varias particularidades estratigráficas en el límite Jurásico–Cretácico, a saber:

- a) En el extremo norte se presenta la secuencia sedimentaria marina de la cima del Jurásico – base del Cretácico, en contacto discordante con rocas de origen continental (pozos Los Mangles 1 y Mantarraya 1) o metamórficas (pozos Barcodón 102 y Topila 105), cf. Cantú, 1987.
- b) El límite Jurásico–Cretácico es transicional en pozos del área centro–oeste y sur; ahí no hay cambios notables en la curva de rayos gamma, la sedimentación calcáreo–arcillosa del Titoniano pasa a una caliza también arcillosa del Berriasiano.

- c) Este límite Jurásico–Cretácico es muy evidente en la curva de rayos gamma, hacia los pozos del Este del área, porque ahí la sedimentación calcáreo arcillosa con bentonita de la Formación Pimienta, del Titoniano Superior, cambia bruscamente a las calizas micríticas y aporcelanadas de la Formación Tamaulipas Inferior, del Berriasiano.

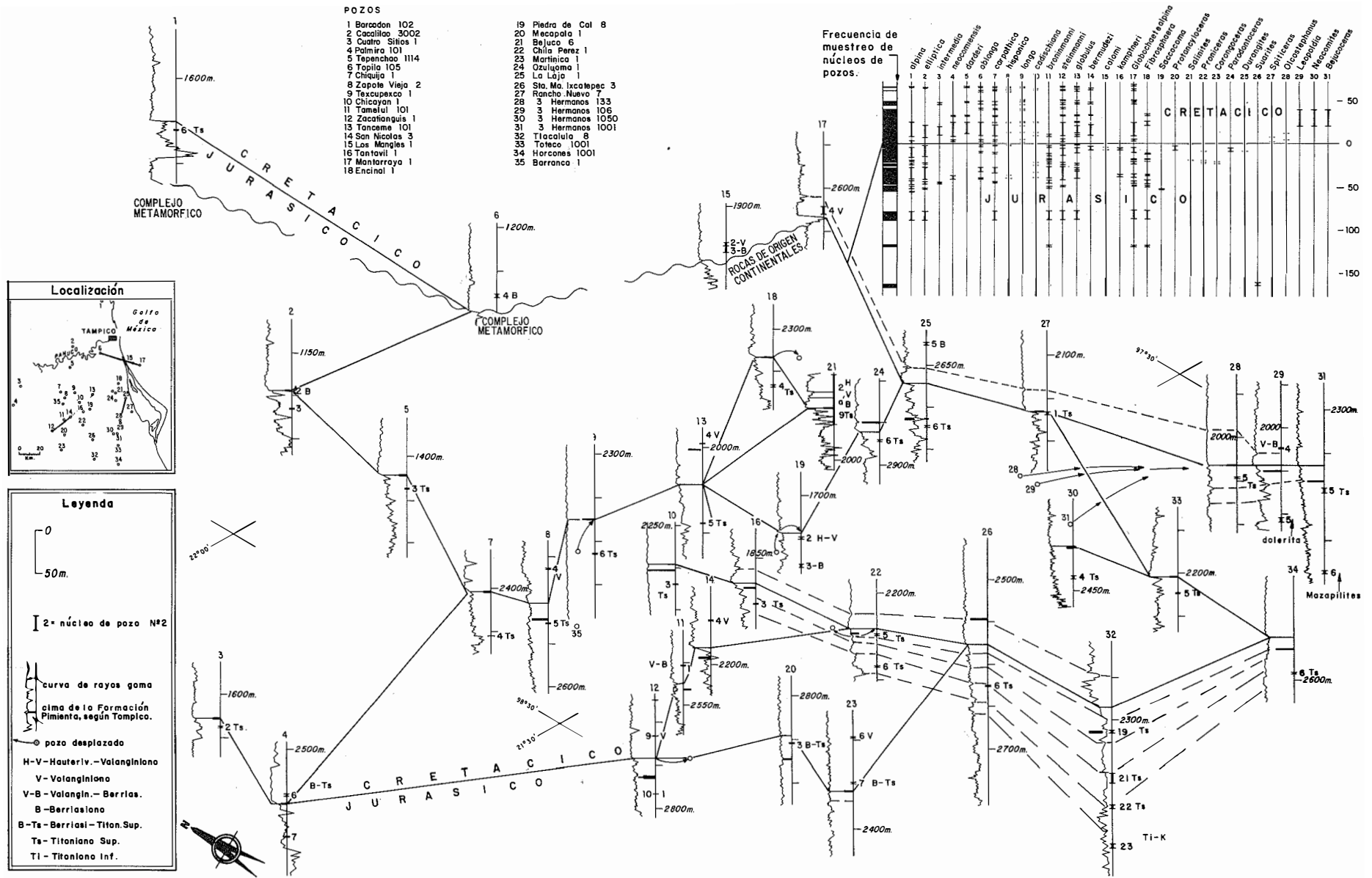
Uno de los problemas estratigráficos del subsuelo que prevalece en el distrito petrolero de Tampico, es la anarquía para fijar con registros eléctricos, el contacto de las Formaciones Pimienta y Tamaulipas Inferior, del Titoniano y Neocomiano, respectivamente, toda vez que ese contacto debería corresponder a un cambio litológico evidente, que pueda observarse en los registros geofísicos. Por lo mismo, ese cambio litoestratigráfico no concuerda, cuando se correlacionan pozos vecinos, con la ayuda de registros radioactivos. Véase en la Fig. 2 cómo en ciertos pozos hay una gran diferencia en la ubicación de la cima de la Formación Pimienta, ejemplo Pozos Chila Pérez, Sta. María Ixcatepec, Tlacolula 8 y Horcones 1001, que impide toda correlación si se utilizaran.

Se ha tomado como referencia ciertos pozos, para establecer ese límite entre dos sistemas, tomando como elemento físico los cambios litológicos que se observan en el registro radioactivo y sobre todo, auxiliándose de la presencia de amonitas en los núcleos, que caracterizan esos dos sistemas geológicos en su contacto. No se incluyen ciertas amonitas estudiadas, por falta del registro radioactivo (*Protancyloceras barransensis* Cantú; in Cantú, 1963, p. 17, Lám. I, Fig. 5), sólo se señala la localización del pozo Barranca 1, de donde procede (Fig. 2).

Sobre ese plano isométrico se han vertido aquellos datos micropaleontológicos, estudiados por Bonet y colaboradores en informes inéditos, con el fin de conocer la distribución bioestratigráfica exacta de las calpionelas y nanoconos. De esta manera se desprenden de ese análisis varias consideraciones, a saber:

Microfósiles

- 120m antes del límite Jurásico–Cretácico aparecen los primeros microfósiles, es decir, en el Jurásico Superior y son: *Nannoconus bronnianni*, *Globochaete alpina* y *Fibrosphaera* sp.
- Varios microfósiles aparecen simultáneamente, a partir de los últimos 100m del Titoniano Superior y continúan más allá del límite Jurásico–Cretácico y son: *Calpionella alpina*, *C. elliptica*, *Tintinnopseilla carpathica*, *Nannoconus steinmanni* y *N. globulus*.



33 Fig. 2.- El límite Jurásico-Cretácico al Sur de Tampico, Este de México; según las amonitas, los microfósiles y los registros radiactivos.

- Un tercer grupo de microfósiles aparece más arriba, desde los últimos 50 metros subyacentes al límite Jurásico–Cretácico; estos microfósiles también transgreden ese límite y son: *Calpionellites neocomiensis*, *Calpionella intermedia*, *Tintinnopsella oblonga*, *T. cadischiana*, *Stenosemellopsis hispanica*, *Nannoconus kamptneri* y *Saccocoma* sp.
- *N. bermudezi* y *N. colomi* aparecen casi en la cima del Jurásico, sólo unos 10 metros antes de llegar al límite Jurásico–Cretácico y persisten en el Cretácico Inferior.
- *C. darderi* y *T. longa* están por encima de ese límite, o sea en el Cretácico.

Amonitas

Estos fósiles se presentan a diferentes niveles, abajo del límite Jurásico–Cretácico:

- *Suarites* está a 150 metros por debajo del límite.
- *Proniceras*, *Salinites Haploceras* y *Corongoceras* aparecen 25 metros antes del límite estudiado, en rocas del Jurásico Superior.
- *Parodontoceras*, *Protancyloceras* y *Durangites* sólo están 15 metros abajo del límite antes señalado. En ninguno de los casos estudiados se observa que estas amonitas transgredan ese límite.

Por encima del límite mencionado, es decir en la base del Cretácico se han obtenido ejemplares de *Spiriticeras* y *Olcostephanus* (Cantú, 1976a y 1987).

Como puede verse, uno de los aspectos más difíciles de la geología petrolera es establecer la cronoestratigrafía de las rocas que atraviesa la barrena de perforación, basándose en las edades que proporcionan la micropaleontología, como en el caso aquí analizado, el cual ha sido anárquico.

En efecto, en el estudio del material analizado por Bonet se notan algunas irregularidades, por el hecho de no haberse auxiliado de los registros de pozo, para realizar ese estudio y, sobre todo, por haber puesto una gran confianza en los microfósiles, al no confrontar sus edades con material de similar edad, como por ejemplo las amonitas estudiadas por Imlay y por el autor de este estudio.

Por lo mismo, cabe preguntarse sobre qué bases bioestratigráficas fueron establecidas las edades, en informes inéditos, de los núcleos analizados por los micropaleontólogos, para trabajos de operación geológico petrolera.

Si a eso agregamos las zonificaciones teóricas, carentes de elementos bioestratigráficos de confronta-

ción, obtenidos específicamente de una sección litológica de referencia, como las que ha proporcionado Longoria (1977 y 1984), quien decreta que la ausencia de *C. elliptica* debe señalar el Titoniano Superior en México, vemos pues, que la confusión es total, hasta establecerse en un principio dogmático inmutable (cf van Hinte, 1976), lo cual ha tenido consecuencias negativas para la exploración petrolera, cuando se apoya incorrectamente en esa parte de la Micropaleontología.

Sin embargo, puede verse que aparecen asociados *C. alpina* y *C. elliptica*, tanto en el Titoniano como en el Berriasiano, en todo el material antes señalado, del Distrito de Tampico.

Por nuestra parte y después de haber realizado el plano isométrico del Distrito de Tampico, se han elaborado dos cuadros bioestratigráficos (Figs. 3 y 4), que representan las determinaciones bioestratigráficas propuestas por Bonet. Ahí, los núcleos de los pozos se han agrupado según las edades señaladas por ese autor; se ha hecho así con el fin de tratar de explicarse las bases micropaleontológicas que impulsaron a este autor, a dar tales edades y, en particular tratar de ver hasta donde sea posible, una constante, causada por la presencia o ausencia de esos microfósiles, para cada unidad cronoestratigráfica señalada por ese autor.

Fue así como se concluye que Bonet concibió siete edades para caracterizar en diferentes informes inéditos. Las capas limítrofes del Jurásico–Cretácico del Distrito de Tampico se sintetizan aquí, con el fin de señalar los conjuntos de microfósiles. Con objeto de abreviar los nombres de los pozos con sus núcleos y profundidades, éstos pueden verse en las Figs. 3 y 4, donde se sigue el mismo orden que a continuación se detalla:

- Grupo A, o del Hauteriviano–Valanginiano, contiene: *Nannoconus steinmanni*, *N. globulus*, *N. bermudezi* y *N. colomi* (Fig. 3),
- Grupo B, o del Valanginiano, contiene: *alpina*, *neocomiensis*, *darderi*, *oblonga*, *carpathica*, *hispanica*, *longa*, *cadischiana*, *steinmanni*, *globulus bermudezi*, *G. alpina* y *Fibrosphaera* sp. (Fig. 3).
- Grupo C, o del Valanginiano–Berriasiano, contiene: *elliptica*, *intermedia*, *neocomiensis*, *darderi*, *oblonga*, *carpathica*, *steinmanni*, *globulus*, *bermudezi* y *G. alpina* (Fig. 3),
- Grupo D, o del Berriasiano, ahí se tiene: *alpina*, *elliptica*, *intermedia*, *neocomiensis*, *darderi*, *oblonga*, *carpathica*, *hispanica*, *longa*, *cadischiana*, *steinmanni*, *globulus*, *bermudezi* y *G. alpina* (Fig. 3),

- Grupo E, o del Berriasiano–Titoniano Superior, se tiene: *alpina*, *elíptica*, *intermedia*, *neocomien-sis*, *oblonga*, *carpathica*, *cadischiana*, *brönnimanni*, *steinmanni*, *globulus*, *bermudezi* y *G. alpina* (Fig. 3).
- Grupo F, o del Titoniano Superior, contiene: *alpina*, *elíptica*, *intermedia*, *oblonga*, *carpathica*, *ca-dischiana*, *brönnimanni*, *steinmanni*, *globulus*, *kamp-neri*, *G. alpina*, *Fibrosphaera* y *Saccocoma* (Fig. 4).
- Grupo G, o del Titoniano Inferior–Kimerid-giano, con *G. alpina* y *Fibrosphaera* (Fig. 4).

Discusión de las edades de los grupos de microfósiles propuestos por Bonet, en informes inéditos del Distrito de Tampico:

- El grupo A sólo tiene representantes en el pozo Piedra de Cal 8, núcleo 2. Para Bonet, la sola presencia de esos microfósiles arriba indicados, señala una edad Hauteriviano–Valanginiano; sin embargo, en ese núcleo, Imlay determinó en informes inéditos *Parodontoceras* cf. *P. callistoides*, a esto hay que agregar la correlación por medio del registro radioactivo con pozos vecinos, con su típica expresión litológica, lo cual nos induce a modificar esa edad y a considerar el caso del núcleo 2 del pozo Piedra de Cal, dentro del Titoniano Superior (Fig. 2), (cf. Cantú, 1982, Fig. 4).
- Los grupos B, C y D deben ser analizados en conjunto, a través de tres correlaciones de pozos que pueden observarse en la Fig. 2:
 - Topila 105, núcleo 4 del “Berriasiano”.
 - Los Mangles 1, núcleos 2 del “Valanginiano” y 3 del “Berriasiano”.
 - Mantarraya 1, núcleo 4, con un *Olcostephanus* del Valanginiano (cf. Cantú, 1987, pp. 148–151, Fig. 14). Obsérvese que ese horizonte litológico resulta muy característico en la curva de rayos gamma y difícilmente podría ser subdividido en las unidades cronoestratigráficas que propuso Bonet.
- La Laja 1, núcleo 5 del “Berriasiano”.
- Tres Hermanos 106, núcleo 4 del “Valanginiano–Berriasiano”. Aquí el “Berriasiano” del pozo La Laja 1 estaría por encima del “Valanginiano–Berriasiano” del pozo Tres Hermanos 106, lo cual resulta incongruente (Fig. 2).
- Zacatianguis 1, núcleo 9 del “Valanginiano”.
- San Nicolás 3, núcleo 4 del “Valanginiano”.

- Tamelul 101, núcleo 1, del “Valanginiano–Berriasiano” se trata de un caso similar a los anteriores, aquí el “Valanginiano–Berriasiano” del pozo Tamelul 101 estaría estratigráficamente al mismo nivel que el “Valanginiano” de los pozos Zacatianguis 1 y San Nicolás 3; por lo mismo, no se pueden aceptar esas edades aparentemente muy precisas que proporcionarían los tintínidos.

- El grupo E, o del “Berriasiano–Titoniano Superior” de Bonet estaría presente en los pozos Palmira 101, núcleo 6, Mecapala 1, núcleo 3 y Martinica 1, núcleo 7. En los dos primeros pozos estarían esos núcleos por encima del Jurásico, según la correlación con registros radioactivos de la figura 2, y en el tercer pozo, el núcleo estaría por abajo de ese horizonte de correlación. Por lo tanto, esas determinaciones son aquí modificadas cf. Figs. 3 y 4.
- El grupo F, o del “Titoniano Superior” de Bonet, se trata de algunos casos de núcleos que al ser colocados en la correlación de la Fig. 2, concuerdan con la posición estratigráfica que conserva ese subpiso, por lo que no sufren modificaciones en el presente estudio.
- El grupo G, o del “Titoniano Inferior–Kimeridgiano” de Bonet, sólo está representado en el núcleo 23 del pozo Tlacolula 8; ahí se obtuvo un ejemplar de *Suarites* que caracteriza exclusivamente el Titoniano Superior (Cantú, 1982, Lám. 1, Fig. 1, Fig. 5, p. 315); por lo tanto, esta última determinación se revela más precisa que aquella, que señaló Bonet en informes inéditos.

La ubicación de los núcleos aquí estudiados, como se observan en el plano isométrico de la figura 2, más las conclusiones estratigráficas, nos inducen a proponer modificaciones a las edades señaladas por Bonet (cf. Figs. 3 y 4).

En efecto, este volumen tan grande de datos bioestratigráficos procedentes de pozos del Distrito de Tampico, nos ha hecho reconsiderar esos siete grupos de edades, situadas en las capas limítrofes del Jurásico y Cretácico. Es así como en la figura 5 se han sintetizado con letras de A a G, tanto los núcleos de los pozos, como los microfósiles que fueron determinados por Bonet y sus colaboradores. Esos grupos, al ser confrontados con el plano isométrico de la Fig. 2, nos permiten señalar la edad que efectivamente les corresponde, por medio de una columna situada a la derecha de la mencionada Fig. 5.

Pozos y núcleos	Microfósiles y Amonitas																	EDAD según:											
	alpina	alipica	almegada	de-deri	oblongo	carpathica	hispanica	longo	codischiano	bronnimomi	globulifera	bermudezi	coloni	kampneri	G. alpina	Fibrosphaera	Saccocoma	Protanclitoceras	Salinites	Promiceras	Coroniceras	Paratoniceras	Durantioceras	Sucrilites	Spitzeras	Subhurmannia	GRUPO	BONET	CANTU
Barcodon 102 N-6 (1659-1660m)	X							X							X														
Cacalilao 3002 N-3 (1214-1216 m)															X	X													
Cuatro Sitios 1 N-2 (1636-1638m)	X	X																											
Palmira 101 N-5 (2457-2458m)	X							X						X	X														
N-7 (2597-2599m)	X							X																					
Tepanchao III4 N-3 (1436-1438m)	X																												
Chiquija 1 N-4 (2455-2456m)	X	X														X													
Zapote Viejo 2 N-5 (2525-2527m)	X	X						X	X	X																			
Texcupexco 1 N-6 (2413-2415m)	X	X		X				X	X	X				X															
Chicayan 1 N-3 (2318-2319m)								X				X																	
Zacatianguis 1 C-10(2782-2783m)	X							X	X																				
Tanceme 101 N-5(2088-2090m)	X	X	X					X					X	X															
Tantavil 1 N-3 (1900-1902m)	X							X					X				X												
Encinal 1 N-4 (2366-2369m)	X	X						X	X	X																			
Chila Perez 1 N-5 (2246-2249m)	X	X													X														
N-6 (2283-2285 m)	X	X																											
Ozuluama 1 N-6(2370-2372 m)	X	X							X	X				X															
La Laja 1 N-6(2722-2724m)	X	X						X						X															
Sta.Ma.lxcatepec 3 N-6 (2625-2627m)	X	X							X					X	X														
Rancho Nuevo 7 N-1 (2166-2169m)	X	X						X																					
3 Hermanos 133 N-5 (2045-2047m)	X	X						X	X																				
3 Hermanos 1050 N-4 (2432-2435m)	X							X	X			X	X																
3 Hermanos 1001 N-5 (2392-2396m)	X	X		X	X			X	X																				
Tlacolula 8 N-19 (2315-2314m)								X	X	X																			
N-21 (2361-2372m)	X	X		X				X	X	X				X	X								X						
N-22 (2398-2402m)	X							X	X	X				X	X														
Tolteca 1001 N-5 (2223-2224m)	X							X						X	X														
Horcones 1001 N-6 (2591-2593m)	X	X		X				X						X															
Barranca 1 N-19 (2668-2672m)	X	X							X							X													
N-20 (2690-2694m)	X	X							X																				
Tlacolula 8 N-23 (2443-2447m)													X	X								X							
Bejuco 6 N-6 (1928-1935 m)																													
N-7 pt. (1935-1943m)																													
N-8 (1943-1952 m)																X	X					X							
N-9 (1952-1961 m)																X	X					X							
F																													
TITONIANO SUPERIOR																													
G																													
TITONIANO INF.-KIMERIDGIANO																													
BERRIASIANO																													
TITONIANO SUPERIOR																													

Fig. 4. – Determinaciones micropaleontológicas inéditas de Bonet de muestras de núcleos cortados en el límite Jurásico-Cretácico, en pozos de Tampico, modificadas aquí después de confrontarlas con su posición real como aparecen en la figura 2.

Algunas dataciones micropaleontológicas hicieron que esta unidad fuese denominada tanto “Pimienta Jurásica”, como “Pimienta Cretácica” (Carrillo, 1965; cf. Longoria, 1984). Por nuestra parte, propusimos la datación de la misma en varios estudios de superficie y de subsuelo, y la consideramos exclusivamente del Titoniano, por la presencia en ella de ciertos géneros de amonitas (Cantú, 1967, 1971, 1976b, 1979, 1982, 1985 y 1987).

También se cuestionó la metodología bioestratigráfica basada en esa parte de la micropaleontología y se sugirió hacer una revisión de la misma, lo cual fue mal recibido e hizo que ciertos párrafos del texto original fueran censurados (Cantú, 1967, pp. 19–20). Simultáneamente apareció el texto íntegro con nuestras argumentaciones en la Revista Ingeniería Petrolera (1968a, pp. 21–22), en donde pueden verse dichas aseveraciones, bajo los conceptos siguientes:

- Bonet (1956) y Trejo (1960) utilizaron ciertos géneros de amonitas del Titoniano Superior, cuyas edades no respetaron, al acomodarlas a sus propuestas micropaleontológicas y dándoles a esas amonitas una distribución incorrecta: Titoniano–Berriasiano.
- Sus zonificaciones no fueron basadas en secciones litológicas, a las cuales pueda uno reportarse; por lo mismo, los supuestos cambios bioestratigráficos que proporcionan los microfósiles, sólo se infieren de muestras tomadas al azar. En algunos casos, Bonet (*op. cit.*) propuso límites bioestratigráficos, que denominó “arbitrarios”.
- Esta errónea metodología bioestratigráfica, que en su oportunidad se criticó (Cantú, 1968a), repercutió en la datación de la Formación Pimienta y en sus dos denominaciones cronoestratigráficas antes señaladas, toda vez que la datación fue originada por los microfósiles que fueron observados en muestras aisladas.

La anarquía de la datación por microfósiles de las formaciones limítrofes al contacto Jurásico-Cretácico, se refleja en la geología petrolera. Ahí la definición del contacto de la Formación Pimienta con la Formación Tamaulipas Inferior no es constante, como puede verse en los registros radioactivos de algunos pozos de Tampico y Poza Rica, el cual lo hemos señalado con un trazo fuerte en las figuras 2 y 6.

En efecto, el señalamiento de ese contacto, como ha sido hecho por el Departamento de Geología de Subsuelo del Distrito de Tampico, muestra que es inconstante y llega a variar de 20 a 200 m, como se puede ver en el caso de los pozos Encinal 1, Bejuco 6, Ozuluama 1 y La Laja 1 que están muy cerca entre

sí. Lo mismo se puede decir de los pozos Tanceme 101, San Nicolás 3 y Tantevil 1 (figura 2).

En otros pozos, el establecimiento de la cima de la Formación Pimienta en el registro radioactivo muestra que es muy evidente su falta de caracterización, en particular en los pozos Chila Perez 1, Santa Ma. Ixcatepec 3, Tlacolula 8 y Horcones 1001. Las líneas de correlación a nivel de Titoniano Superior que se han incluido en la figura 2, para esos últimos pozos, corroboran lo acertado de la utilización de esa herramienta de trabajo, que representa el registro radioactivo, en su curva de rayos gamma.

En los casos anteriores no se ha seguido la expresión de un elemento físico constante, que permita reconocer con facilidad el contacto de dos formaciones que manifiestan características litológicas muy evidentes en la curva de rayos gamma del registro radioactivo, como son las Formaciones Tamaulipas Inferior y Pimienta.

Por lo mismo, la realización de toda configuración estructural o estratigráfica de esas formaciones que se pretenda relizar con fines de exploración petrolera, resultarán afectadas y, por supuesto, no reflejarán la realidad, de donde se desprende que para algunos autores les resulta incomprendible captar la magnitud del tema estratigráfico que aquí se analiza (Enos, 1983 y cf. Suter, 1980, p. 21). Asimismo, un dato que hay que agregar para el Titoniano Superior del Distrito de Tampico es la presencia de un dique de dolerita, en el pozo 3 Hermanos 106, núcleo 5, así como la presencia de *Mazapilites*, del Titoniano Inferior, en el pozo 3 Hermanos 1001, núcleo 6 (Fig. 2).

DISTRITO DE POZA RICA, SECTOR NORTE Y CENTRO

16 pozos del Distrito de Poza Rica, en el Este de México, contienen amonitas y microfósiles, que permiten conocer el límite Jurásico-Cretácico, en el subsuelo de esa región. Se trata de un área alargada de NW a SE, de 180 km aproximadamente, la cual, para tener continuidad en el estudio estratigráfico, con las otras regiones limítrofes, se agregaron dos pozos: al NW el pozo Tlacolula 8 y al SE el pozo Sultepec 1.

En esta región del Este de México están presentes las litofacies limítrofes al contacto Jurásico-Cretácico más difíciles de establecer, debido a la casi completa uniformidad de las mismas, como se reflejan en los registros de pozos. Para poder establecer la correlación estratigráfica se ha necesitado de otros pozos intermedios, así como de otros registros. Aquí sólo se presentan en la sección estratigráfica de la figura 6, los pozos que cortaron núcleos y que contienen fósiles identificables, sobre todo amonitas, en las capas problema.

GRUPO según:																		EDAD según:					
BONET	CANTU	alpina	ellipfica	intermedia	neocomiensis	darderi	oblonga	carpathica	hispanica	longa	cadischiana	bronnimanni	steinmanni	globulatus	bernudezi	colomi	kampfneri	G. alpina	Fibrosphaera	Saccocoma	BONET	CANTU	
A												X	X	X	X							HAUTERIVIANO- VALANGINIANO	TITONIANO SUPERIOR
B		X			X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X				VALANGINIANO	NEOCOMIANO INFERIOR
C			X	X	X	X	X					X	X	X			X					VALANGINIANO- BERRIASIANO	
D		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X					BERRIASIANO	TITONIANO SUPERIOR
E		X	X	X	X		X	X			X	X	X	X			X					BERRIASIANO - TITONIANO SUP.	NEOCOMIANO INF.
F		X	X	X			X	X			X	X	X	X			X	X	X	X		TITONIANO SUPERIOR	TITONIANO SUPERIOR
G																		X	X			TITONIANO - KIMERIDGIANO	
	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					NEOCOMIANO INFERIOR
	II	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			TITONIANO SUPERIOR

Fig. 5.- Cuadro bioestratigráfico de siete grupos de edades inéditas propuestas por Bonet, para núcleos cortados en el contacto Jurásico-Cretácico, de pozos de Tampico, modificadas aquí después de confrontarlas con su posición real como aparecen en las figuras 2 a 4 del presente estudio y reagrupadas en sólo dos edades (I y II).

Las rocas del Titoniano se caracterizan por una caliza arcillosa negra, que alterna con lutita y bentonita, que corresponden a la Formación Pimienta; las calizas de la base del Cretácico son de color gris oscuro a crema y pertenecen a la Formación Tamaulipas Inferior. Hay que hacer notar que ciertos pozos del centro del área muestran una curva de rayos gamma muy plana, que dificulta establecer el contacto Jurásico-Cretácico; sin embargo, ese contacto se pudo identificar con la ayuda de registros de pozos intermedios y sobre todo, utilizando simultáneamente otras marcas que presentan los mismos registros.

Como en el caso del Distrito de Tampico, en el de Poza Rica tampoco ha habido congruencia en el establecimiento del contacto de las Formaciones Pimienta y Tamaulipas Inferior, por medio de esa herramienta que representan los registros geofísicos de pozos. También aquí se observa que en pozos muy vecinos,

el contacto de esas dos formaciones se dispara inexplicablemente, entre 70 a 200 m, como se puede apreciar en la sección de la figura 6 (cf. pozos Miquetla 1 a Furbero 102).

La manifestación más característica del límite Jurásico-Cretácico, en el Distrito de Poza Rica, es aquella donde se observa un ligero desplazamiento de la curva de rayos gamma hacia la derecha, cuando pasa de las rocas del Cretácico a las del Jurásico, debido a su mayor contenido arcilloso en estas últimas y en algunos casos a la presencia de bentonita.

Microfósiles

Sus representantes comienzan a aparecer desde el Titoniano, a diferentes profundidades:

- *Fibrosphaera* y *Saccocoma* están desde 160 m antes de la cima del Jurásico.

- *C. alpina*, *C. elíptica*, *N. bronnmanni* y *Globochaete alpina* están presentes desde 140 m por debajo del límite Jurásico–Cretácico y persisten más allá de ese límite, es decir, en la base del Cretácico.
- Un tercer grupo aparece desde los 90 m previos al límite Jurásico–Cretácico, con *intermedia*, *carpathica*, *N. steinmanni* y *N. globulus*.
- Hacia los 60 m antes del límite aparecen *neocomiensis*, *oblonga*, *hispanica*, *cadischiana* y *N. bermudezi*.
- 25 m previos al límite aparece *longa*; no se han reportado ejemplares de esta especie, así como de *hispanica* y *cadischiana* más allá de este límite, es decir, en la base del Cretácico.
- Por su parte, *darderi* aparece inmediatamente después del límite Jurásico–Cretácico, o sea, en la base del Cretácico.
- El resto de estos microfósiles se continúan indistintamente en el Cretácico Inferior
- De todos los microfósiles observados, sólo *intermedia* y desaparece aproximadamente 25 m después del contacto, es decir, en rocas de la base del Cretácico.

En el recuadro 6a de la figura 6 se han ubicado los núcleos de los pozos estudiados de esa región de Poza Rica, como fueron determinados por micropaleontología y por amonitas. Para identificar esos núcleos se les ha agregado una letra, con las edades proporcionadas por esos fósiles, así como un número progresivo colocado en la parte superior, que permite identificar el nombre del pozo.

Esos núcleos del recuadro 6a conservan la misma escala métrica, que aquella que tienen en la sección estratigráfica, en relación a su posición ante el límite Jurásico–Cretácico. Se ha hecho en esa forma con objeto de ver su real posición estratigráfica respecto a ese límite, que aquí fue definido tanto por amonitas como por medio de la correlación con registros de pozos.

Es así como se observa en el recuadro 6a que ciertos núcleos tendrían una edad aberrante respecto al límite antes indicado, las cuales, si se siguieran, no corresponderían a su verdadera posición estratigráfica.

El análisis de las determinaciones bioestratigráficas de ciertos pozos del Distrito de Poza Rica, realizado por Bonet y colaboradores, muestra que este autor concibió en informes inéditos y para esa región de México, cuatro subdivisiones cronoestratigráficas presentes en las capas limítrofes del Jurásico–Cretácico, de acuerdo, probablemente, a la presencia o ausencia de ciertos microfósiles.

Estas subdivisiones están resumidas en las figuras 8 y 9, como sigue, de arriba a abajo:

- Grupo A, o de edad Berriasiano.
- Grupo B, o del Berriasiano–Titoniano Superior.
- Grupo C, o del Titoniano Superior.
- Grupo D, o del Titoniano Inferior–Kimeridgiano.

La figura 8 contiene el nombre del pozo, número de núcleo con sus profundidades en metros y los microfósiles con las edades propuestas por Bonet, como aparecen consignadas en informes inéditos de esos pozos del Distrito de Poza Rica. En cambio, la figura 9 representa un resumen de la figura anterior, donde los pozos están agrupados de acuerdo a la edad señalada por Bonet y al conjunto de microfósiles determinados por él.

El resultado del análisis estratigráfico de esos núcleos, según la posición que conservan en el pozo, permite inferir la exacta posición cronoestratigráfica de ese material, como puede observarse en los registros radioactivos de la sección estratigráfica de las figuras 6 y 7. Por esta razón, en las figuras 8 y 9 se propone la edad que parece más congruente y que puede ser observada en la última columna de la derecha de ambas figuras. Esta edad es inferida por posición estratigráfica, por la presencia de amonitas en los mismos núcleos o por la correlación estratigráfica que ahí se realizó.

Aquí el Titoniano Superior es definido por la presencia inconfundible de ciertos géneros de amonitas. En cambio, las rocas del Cretácico Inferior de esa región carecen de estos fósiles, excepto en el pozo Palma Sola Norte No. 1.

DESCRIPCION DE GRUPOS

Grupo A, del Berriasiano; según Bonet está presente en los núcleos 4 y 5 del pozo Montería 1; ahí él determinó *alpina*, *elíptica*, *neocomiensis*, *darderi*, *oblonga*, *carpathica*, *steinmanni* y *globulus*. Por nuestra parte, al realizar una correlación entre este pozo y el Palma Sola Norte No. 1, que contiene (este último) *Spiticeras* podemos confirmar que efectivamente aquellos dos núcleos del Montería 1 son de una edad Berriasiano (Fig. 7).

Grupo B, del Berriasiano–Titoniano Superior; según Bonet, comprende los núcleos 9, 10 y 11 del pozo Palo Blanco 106; el núcleo 5 del pozo Mesa 1; el núcleo 2 del pozo Zapotalillo 3 y los núcleos 4 y 5 del pozo Huizotate 2. En esos núcleos están presentes, según Bonet, *alpina*, *elíptica*, *intermedia*, *neocomiensis*, *darderi*, *oblonga*, *carpathica*, *hispanica*, *longa*, *cadischiana*, *bronnmanni*, *steinmanni*, *globulus*, *bermudezi*, *G. alpina*, *Fibrosphaera* y *Saccocoma* (Figs. 8 y 9).

Al ubicar ese material en la sección estratigráfica de las figuras 6 y 7 podemos inferir que los núcleos 9 a 11 del pozo Palo Blanco 106 son del Berriasiano. En cambio, el núcleo 5 del pozo Mesa 1, el núcleo 2 del pozo Zapotalillo 3 y los núcleos 4 y 5 del pozo Huizotate 2 son del Titoniano Superior, según la correlación estratigráfica que se estableció en la mencionada sección de la Fig. 6.

Grupo C, del Titoniano Superior; según Bonet, incluye los pozos Tlacolula 8, núcleos 19, 21 y 22; Miquetla 1, núcleo 16; Santiago 1, núcleo 2; Montería 1, núcleo 6; Llano Lindo 1, núcleo 3; Independencia 3, núcleo 3 y Xochiltepec 1, núcleo 2.

En conjunto, Bonet determinó *alpina*, *elíptica*, *intermedia*, *carpathica*, *cadischiana*, *brunnimanni*, *steinmanni*, *globulus*, *G. alpina*, *Fibrosphaera* y *Saccocoma* (cf. Figs. 8 y 9).

Después de analizar la posición estratigráfica de esos núcleos, como se presentan en la figura 6, se puede afirmar que el núcleo 2 del pozo Santiago 1, núcleo 3 del pozo Llano Lindo 1 y núcleo 2 del pozo Xochiltepec 1 son del Berriasiano. En cambio, aquéllos del Tlacolula 8 (19, 21 y 22), Miquetla 1 (16), Montería 1 (6) e Independencia 3 (3) son del Titoniano Superior.

Grupo D, del Titoniano Inferior–Kimeridgiano; según Bonet fue señalado para el pozo Tlacolula 8, núcleo 23; éste caso ya fue analizado anteriormente, en la parte relacionada con el Distrito de Tampico, donde, por la presencia de un ejemplar de *Suarites* sp. (Cantú, 1982, Lám. I, Fig. 8), representa el Titoniano Superior (Cantú, *op. cit.*).

Amonitas

Para esta parte del subsuelo de Poza Rica se han determinado ciertos fragmentos de amonitas, que junto con el *Suarites* antes mencionado son los siguientes (Fig. 8):

- *Spiticerus* en el pozo Palma Sola Norte 1, núcleo 6 (Lám. II, Fig. 3), que señala el Berriasiano (Cantú 1968, 1979; Imlay, 1944). Este fósil está 150 metros por encima del límite Jurásico–Cretácico
- *Salinites* en los pozos Mesa 2, núcleo 1; Sultepec 1, núcleo 3 (Lám. I, Fig. 4), que caracteriza el Titoniano Superior (Cantú, 1982) y que están 25 metros por debajo del límite Jurásico–Cretácico.
- *Kosmatia* en el pozo Huizotate 8, núcleo 1 y Furbero 102, núcleo 6, que en México sólo se ha

encontrado en el Titoniano Superior (Cantú, 1982). En ese pozo esa amonita se encontró 130 metros previos a la cima del Jurásico.

- *Mazapilites* en el pozo Huizotate 8, núcleo 1 (Lám. I, Figs. 2 y 6) y en el pozo Huizotate 2, núcleo 6 (Lám. II, Fig. 4), que caracteriza el Titoniano Inferior (Cantú, 1971; Imlay, 1982); esos ejemplares se obtuvieron a 220 metros previos a la cima del Jurásico.

El análisis del material paleontológico de Poza Rica, como se observa en las figuras 6, 7 y 8, ha permitido a su vez realizar el cuadro bioestratigráfico de la figura 9. En ella se han sintetizado los cinco grupos cronoestratigráficos, propuestos por Bonet en informes inéditos. Además, en esa figura se proponen las edades corregidas de los cuatro grupos, arriba mencionados, en la columna de la derecha.

Al mismo tiempo, en la parte inferior de la figura 9 se resumen los cuatro grupos cronoestratigráficos de Bonet, en sólo dos, es decir, el del Berriasiano y el del Titoniano Superior, de donde se puede inferir que para la parte norte y centro del Distrito de Poza Rica:

- *darderi* sólo aparece en el Cretácico Inferior.
- *hispanica*, *longa*, *cadischiana*, *bermudezi* y *Saccocoma* sólo están presentes en el Titoniano Superior.
- *alpina*, *elíptica*, *intermedia*, *neocomiensis*, *oblonga*, *carpathica*, *brunnimanni*, *steinmanni*, *globulus*, *Fibrosphaera* y *G. alpina* no caracterizan la cima del Jurásico o la base del Cretácico, puesto que están presentes indistintamente en esos dos sistemas.

DISTRITO DE POZA RICA, SECTOR SUR

La parte sur del Distrito de Poza Rica suministró suficientes núcleos, como para cubrir ampliamente las capas limítrofes del Jurásico–Cretácico, en 75 metros aproximadamente. Ese material procede de 20 pozos, que están localizados en un área de cerca de 2 400 km², en el SE de la Ciudad de Poza Rica (Fig. 10).

Obsérvese el plano de localización de la figura 6, ahí el área hachurada corresponde al material estudiado en la figura 10. Al estudio de esa área se ha agregado el pozo Sultepec 1, con el fin de establecer la correlación estratigráfica, entre la parte centro y norte del mismo distrito.

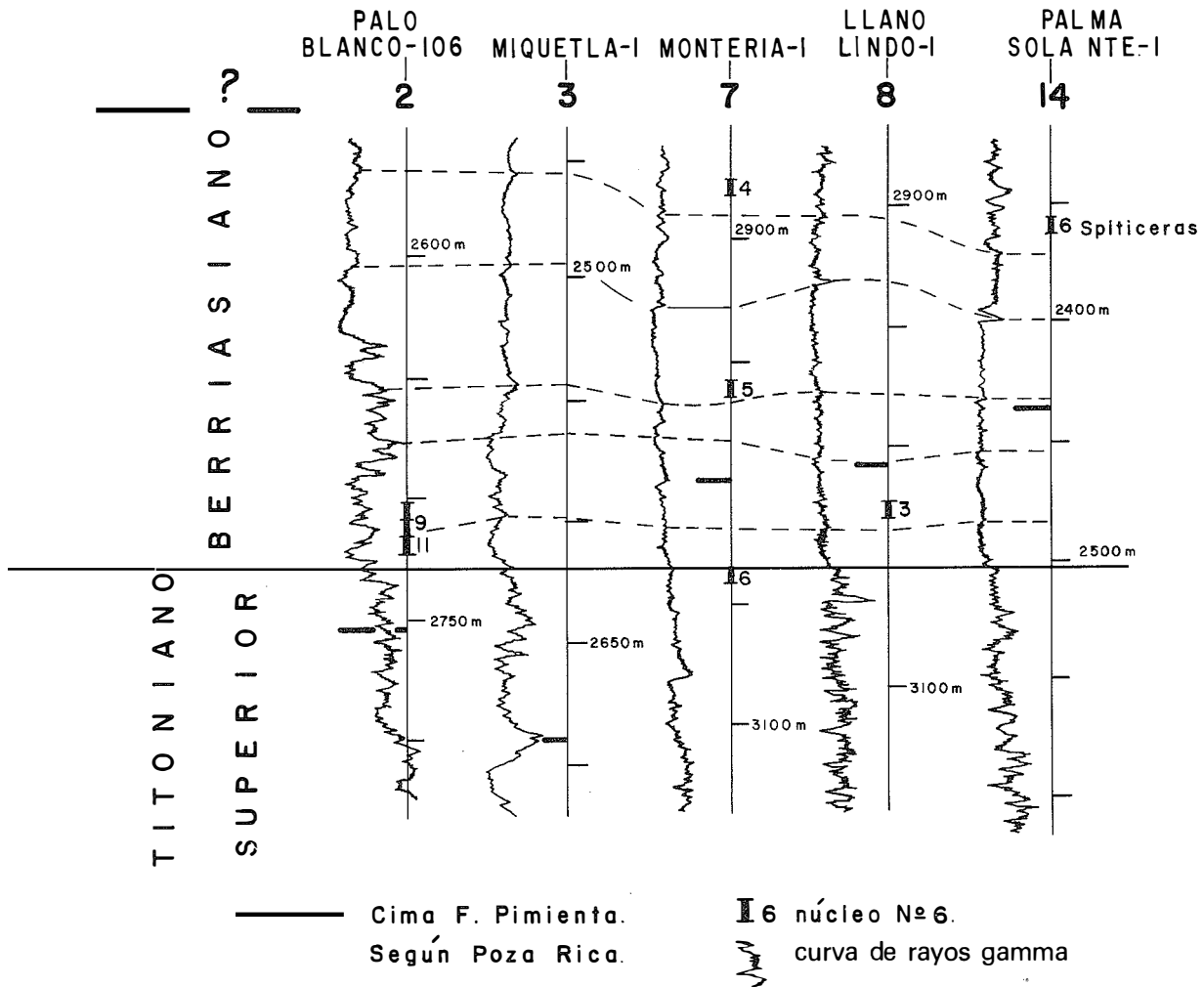


Fig. 7.- Correlación estratigráfica de rocas del Titoniano-Berriasiano, basada en la curva de rayos gamma de cinco pozos de Poza Rica, para analizar y modificar las edades de ciertos núcleos, según propuestas inéditas de Bonet (Fig. 8).

La característica fundamental del límite Jurásico-Cretácico en el subsuelo del sur de Poza Rica, es que ahí se pueden delimitar muy bien esos dos sistemas, por medio de las amonitas berriasélicos, haplocerátidos e himalayítidos que están presentes en la cima del Jurásico; así como por la marcada ruptura sedimentológica que se observa entre esos dos horizontes, a partir de su contacto, lo cual se refleja en el registro radioactivo (Fig. 10).

En efecto, el Titoniano Superior se caracteriza por una caliza arcillosa, negra, que alterna con lutita y bentonita. Sin embargo, la parte inferior del núcleo 4 del pozo San Miguel del Rincón 1 que es de esa edad, está constituida por una calcarenita. En cambio, la parte superior pertenece a la base del Cretácico y es una caliza micrítica de color gris oscuro a crema, que corresponde a la Formación Tamaulipas Inferior, como en el resto de los pozos.

La curva de rayos gamma muestra claramente el cambio litológico. En la base del Cretácico permanece a la izquierda con muy pocas variantes y se desplaza bruscamente a la derecha, cuando pasa a la caliza arcillosa, de la cima del Jurásico; ahí tiene algunas variaciones que denota el carácter arcilloso y bentonítico de la Formación Pimienta (Fig. 10).

Amonitas

Las amonitas se han encontrado en esa región sólo en los últimos 25 m, subyacentes al límite Jurásico-Cretácico, y son:

- *Kossmatia* sp. en el pozo Mesa Ch. 1, núcleo 1.
- *Salinites* sp. en el pozo Sultepec 1, núcleo 2 (Lám. I, Fig. 4).

Pozos y núcleos:	Microfósiles y Amonitas:																				Edad según					
	alpinus	elipticus	intermedius	neocomiensis	arceus	calentus	coronatus	hispanicus	longus	cadachinus	brachinotus	steinmanni	globulosus	bernardus	galapagos	succosus	spiticus	salinatus	rossmattii	suavia	mozanitoides	GRUPO	BONET	CANTU		
Monteria 1 N-4 (2877-2879m.) N-5 (2960-2962m.)	X	X		X	X	X				X	X													A	BERRIASIANO	
Palo Blanco 106 N-9 (2753-2759m.) N-10 (2759-2765m.) N-11 (2765-2771m.)	X	X	X	X	X	X				X		X	X												BERRIASIANO-	
Mesa 1 N-5 (3110-3119m.)	X	X	X							X	X	X		X										B	TITONIANO SUPERIOR	TITONIANO SUPERIOR
Zapotalillo 3 N-2 (2776-2779m.)	X	X	X	X	X	X	X			X															TITONIANO SUPERIOR	
Huizotate 2 N-4 (2824-2829m.) N-5 (2829-2837m.)	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X												TITONIANO SUPERIOR	
Tlacolula 8 N-19 (2312-2314m.) N-21 (2361-2372m.) N-22 (2398-2402m.)										X	X	X													TITONIANO SUPERIOR	
Miquetla 1 N-16 (2748-2750m.)	X	X																							TITONIANO SUPERIOR	
Monteria 1 N-6 (3036-3038m.)	X	X							X																C	BERRIASIANO
Independencia 3 N-3 (2817-2827m.)	X	X	X										X	X											TITONIANO SUPERIOR	
Santiago 1 N-2 (3217-3226m.)	X		X							X	X	X	X	X											TITONIANO SUPERIOR	
Llano Lindo 1 N-3 (3025-3028m.)	X	X								X															TITONIANO SUPERIOR	
Xochiltepec 1 N-2 (2943-2944m.)	X	X								X															TITONIANO SUPERIOR	
Tlacolula 8 N-23 (2443-2447m.)													X	X		X								D	TITONIANO INF. KIMERIDGIANO	TITONIANO SUP.
Palma Sala Nte. 1 N-6 (2357-2361m.)															X										BERRIASIANO	
Mesa 2 N-1 (3044-3047m.)																X									TITONIANO SUPERIOR	
Furbero 102 N-6 (2493-2502m.)																X									TITONIANO SUPERIOR	
Sultepec 1 N-2 (2150-2159m.)																X									TITONIANO SUPERIOR	
Huizotate 8 N-1 (2910-2919m.)																						X			TITONIANO INFERIOR	
Huizotate 2 N-6 (2981-2990m.)																						X			TITONIANO INFERIOR	

Fig. 8.- Determinaciones micropaleontológicas inéditas de Bonet de muestras de núcleos, cortados en el límite Jurásico-Cretácico, de pozos de Poza Rica; modificadas aquí después de confrontarlas con su posición real, como aparecen en la sección estratigráfica de la figura 6.

- *Durangites* sp. en el pozo Mesa Grande 2, núcleo 5 (Cantú, 1982, Lám. I, Fig. 2).
- *Parodontoceras* sp. en el pozo San Miguel del Rincón 3, núcleo 3.

Mas allá de ese límite, es decir en las capas supra-
yacentes que corresponderían al Cretácico Inferior,

se desconocen aún amonitas para esta región del Sur de Poza Rica.

Microfósiles

Al realizar la sección estratigráfica del Sur de Poza Rica (Fig. 10), se observa que tres grupos de microfósiles aparecen en la cima del Jurásico, a partir de los últimos 25 m.

GRUPO según:																	EDAD según:		
BONET	CANTU	<i>alpina</i>	<i>elíptica</i>	<i>intermedia</i>	<i>neocomiensis</i>	<i>darderi</i>	<i>oblonga</i>	<i>carpathica</i>	<i>hispanica</i>	<i>longa</i>	<i>cadischiana</i>	<i>bronnimanni</i>	<i>steinmanni</i>	<i>globulus</i>	<i>G. alpina</i>	<i>Fibrosphaera</i>	<i>Saccocoma</i>	BONET	CANTU
A		x	x		x	x	x	x										B E R R I A S I A N O	
B		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	BERRIASIANO - TITONIANO SUPERIOR	TITONIANO SUPERIOR
C		x	x	x			x			x	x	x	x		x	x	x	TITONIANO SUPERIOR	BERRIASIANO
D															x	x		TITONIANO INFERIOR- KIMERIDGIANO	TITONIANO SUPERIOR
	I	x	x	x	x	x	x				x	x	x		x	x			BERRIASIANO
	II	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		TITONIANO SUPERIOR

Fig. 9.— Cuadro bioestratigráfico de cuatro grupos de edades inéditas propuestas por Bonet, para núcleos cortados en rocas limítrofes al contacto Jurásico-Cretácico, de pozos de Poza Rica, modificadas aquí después de confrontarlas con su posición real, como aparecen en las figuras 7 y 8 y reagrupadas en sólo dos edades (I y II).

- *Grupo I.*— A partir de esa profundidad están presentes los microfósiles siguientes: *alpina*, *elíptica*, *neocomiensis*, *carpathica*, *cadischiana*, *bronnimanni*, *steinmanni* y *Globochaete alpina* (Fig. 10). Estos microfósiles persisten en la base del Cretácico y cubren el intervalo del Jurásico-Cretácico en cerca de 75 m.
- *Grupo II.*— Aparece 10 metros antes del contacto Jurásico-Cretácico y se continúa en los sedimentos de este último sistema; ahí hay *intermedia*, *oblonga* y *longa* a través de 60 m de rocas limítrofes del Jurásico-Cretácico (Fig. 10).
- *Grupo III.*— Está presente 5 m antes del contacto aquí estudiado y lo forman *darderi*, *hispanica* y *globulus*. Este último fósil no se encontró más allá de los primeros 25 m del Cretácico, lo que no sucede con *darderi* e *hispanica*, que por lo menos penetran 50 m en los sedimentos del Cretácico (Fig. 10).

En el recuadro 10a de la figura 9 se han agrupado todos los pozos estudiados del sector sur del Distrito de Poza Rica. Con el fin de no repetir los nombres de los pozos sólo se ha puesto en ese recuadro la numeración progresiva, como aquella que aparece inmediatamente abajo del nombre del pozo de la sección estratigráfica superior.

Los núcleos de esos pozos se han ubicado a partir del límite Jurásico-Cretácico, como fue definido en la sección de la figura 10; al mismo tiempo se señala con una

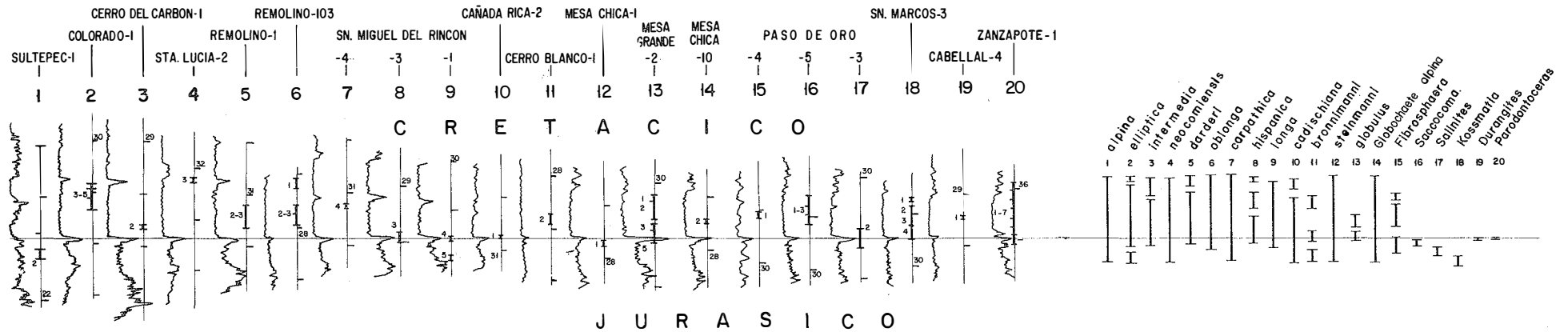
letra a la derecha la edad proporcionada por la microfau-na y la letra F representa la edad de Titoniano Superior, determinado por amonitas que aquí se han estudiado.

El recuadro 10a (Fig. 10) muestra las diferentes edades que Bonet dio a esos núcleos, en informes inéditos, de donde resulta que algunos de ellos tendrían edades muy diferentes, no obstante proceder del mismo horizonte, las cuales, si se utilizaran, imposibilitarían todo tipo de correlación estratigráfica (cf. pozos 2 a 9, Colorado 1 a San Miguel del Rincón 1).

En cambio, aquí se han agrupado con letras los informes de micropaleontología, según la edad señalada por Bonet, con el fin de tratar de ver si hay un grupo de microfósiles, que en forma constante sirva para determinar las edades señaladas por este paleontólogo (Fig. 11):

A.— Valanginiano-Berriasiano Superior: *intermedia*, *neocomiensis*, *darderi*, *oblonga*, *carpathica*, *cadischiana*, *steinmanni*, y *G. alpina* (pozo Remolino 1, núcleos 2 y 3).

B.— Berriasiano: *alpina*, *elíptica*, *intermedia*, *neocomiensis*, *darderi*, *oblonga*, *carpathica*, *hispanica*, *longa*, *cadischiana*, *steinmanni*, *globulus*, *G. alpina* y *Fibrosphaera*. Estos microfósiles fueron observados en los pozos Santa Lucía 2, núcleo 3; Remolino 103, núcleos 1 a 3; San Miguel del Rincón 4, núcleo 4; Mesa Chica 10, núcleo 2; Paso de Oro 5, núcleo 1 a 3 y Zanzapote 1, núcleo 1 a 7.



Leyenda:

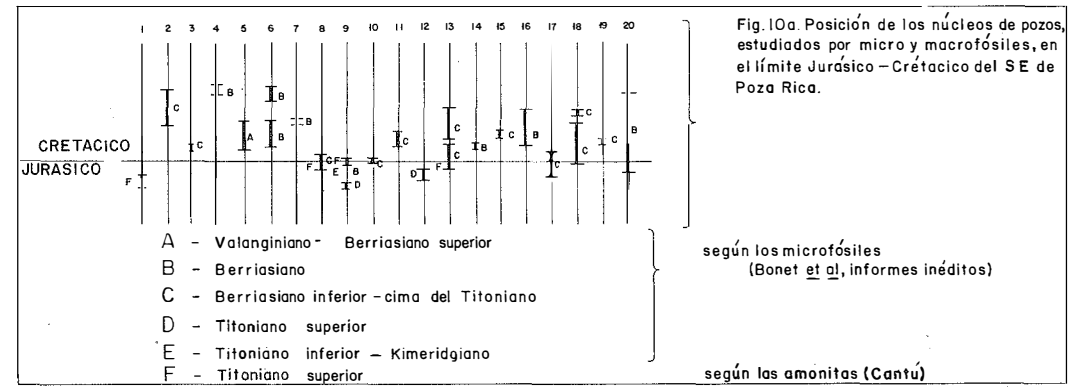
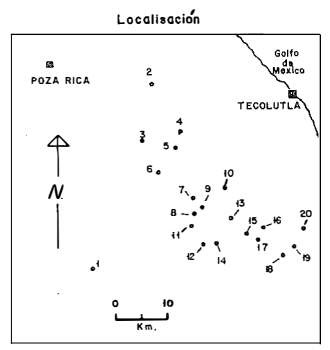
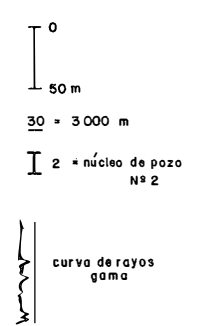


Fig. 10a. Posición de los núcleos de pozos, estudiados por micro y macrofósiles, en el límite Jurásico - Cretácico del SE de Poza Rica.

Fig. 10.- El límite Jurásico-Cretácico en el Sureste de Poza Rica, según las amonitas, los microfósiles y los registros radiactivos.

Pozos y núcleos:	Microfósiles y Amonitas:																EDAD según:								
	albugi	willgigi	intermedio	neocomiense	to de la	oblonga	parvula	Neocomia	longa	californiana	brachycephala	astrolabii	gobii	G. gigas	Saccoceras	Solutaria	Kozminia	Duronia	Protoduronia	e R U P O	BONET	CANTU			
Remolino - 1 N-2 (3112-3114m.) N-3 (3114-3132m.)			X	X	X	X	X		X	X	X											A	VALANGINIANO BERRIASIANO SUPERIOR		
Santo Lucia - 2 N-3 (3211-3214m.)	X	X		X	X	X	X				X	X													
Remolino- 103 N-1 (2754-2763m.) N-2 (2779-2788m.) N-3 (2788-2797m.)	X		X	X	X	X		X		X	X	X													
Sn. Miguel del R-4 N-4 (3111-3114m.)	X		X	X	X	X	X	X			X	X													
Sn. Miguel del R. 1 N-4 (3076-3079m.)	X					X	X				X													NEOCOMIANO INFERIOR	
Meso Chica 10 N-2 (2771-2775m.)	X		X		X	X		X	X		X												B	BERRIASIANO	
Poso de Oro 5 N-1 (2930-2939m.) N-2 (2939-2947m.) N-3 (2947-2956m.)	X		X	X	X	X					X	X													
Zonzopote 1 N-1 (3594-3601m.) N-2 (3601-3610m.) N-3 (3610-3619m.) N-4 (3619-3628m.) N-5 (3628-3636m.) N-6 (3636-3645m.) N-7 (3645-3654m.)	X			X	X	X		X		X	X	X													
Colorado - 1 N-3 (3041-3047m.) N-4 (3047-3055m.) N-5 (3055-3067m.)	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X											NEOCOMIANO INFERIOR	
Cerro del Carbon 1 N-2 (3080-3083m.)	X	X		X	X	X	X						X												
Sn. Miguel del R. 3 N-3 (2940-2949m.)	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X								X				NEOCOMIANO - inf. TITONIANO Sup.	
Cañada Rico 2 N-1 (3086-3089m.)	X		X		X	X		X		X	X	X													
Cerro Blanco 1 N-2 (2836-2845m.)	X		X	X	X	X					X	X													
Meso Grande 2 N-1 (3011-3017m.) N-2 (3017-3034m.) N-3 (3039-3045m.) N-4 (3045-3051m.) N-5 (3051-3057m.)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X		C	BERRIASIANO o TITONIANO SUPERIOR	NEOCOMIANO INFERIOR
Paso de Oro 4 N-1 (2951-2957m.)	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X											NEOCOMIANO - TITONIANO SUP. NEOCOMIANO INFERIOR	
Paso de Oro 3 N-2 (3050-3064m.)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X			NEOCOMIANO INF. - TITONIANO SUP.	
Son Marcos 3 N-1 (2934-2942m.) N-2 (2942-2960m.) N-3 (2960-2966m.) N-4 (2966-2975m.)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											NEOCOMIANO INFERIOR	
Cobellol 4 N-1 (2921-2924m.)	X		X	X	X	X	X				X	X													
Sn. Miguel del R.1 N-5 (3094-3097m.)												X											D	TITONIANO SUPERIOR	
Meso Chica 1 N-1 (2783-2789m.)												X	X	X	X								E	TITONIANO INF. - KIMERIDGIANO	TITONIANO SUPERIOR
Sultepec 1 N-2 (2150-2159m.)														X											

Fig. 11.- Determinaciones micropaleontológicas inéditas de Bonet, en muestras de núcleos cortados en el límite Jurásico-Cretácico, de pozos del Sureste de Poza Rica, modificadas aquí después de confrontarlas con su posición real como aparecen en la sección estratigráfica de la figura 10.

C.— Berriasiano a Titoniano Superior:

alpina, elíptica, intermedia, neocomiensis, darderi, oblonga, carpathica, hispanica, longa, cadischiana, bronnimanni, steinmanni, globulus, G. alpina y *Fibrosphaera*. Se observaron en los pozos Colorado 1, núcleos 3 a 5; Cerro del Carbón 1, núcleo 2; San Miguel del Rincón 3, núcleo 1; Cerro Blanco 1, núcleo 2; Mesa Grande 2, núcleos 1 a 5; Paso de Oro 4, núcleo 1; Paso de Oro 3, núcleo 2; San Marcos 3, núcleo 1 a 4; Cabelal 4, núcleo 1.

D.— Titoniano Superior:

alpina, elíptica, neocomiensis, carpathica, cadischiana, bronnimanni, steinmanni, G. alpina y *Fibrosphaera*. Pozos San Miguel del Rincón 1, núcleo 5.

E.— Titoniano Inferior—Kimeridgiano:

G. alpina, Fibrosphaera y *Saccocoma*, pozo Mesa Chica 1, núcleo 1.

En la figura 11 se ha colocado en la columna de la derecha, la edad de los núcleos que parece más congruente, según se infiere del análisis de la sección estratigráfica de la figura 10. Es así como se pueden observar los siguientes casos que no podrían correlacionarse, si se siguieran las determinaciones bioestratigráficas señaladas por Bonet, cf. Fig. 10a:

- El pozo Remolino 1 con los núcleos 2 y 3 serían según Bonet de una edad “Valanginiano—Berriasiano Superior”; el pozo Remolino 103, con los núcleos 2 y 3 de una edad “Berriasiano”, y el pozo Cerro del Carbón 1, con el núcleo 2, de una edad “Berriasiano Inferior—cima del Titoniano”.

Ahí los tres casos de esos núcleos están en el mismo horizonte y es imposible elegir una de esas tres edades señaladas por Bonet, por lo que se optó por asignarles aquí sólo una edad de Neocomiano Inferior, por no tener elementos bioestratigráficos confiables y sobre todo, por estar por encima del contacto Jurásico—Cretácico (Figs. 10 y 11).

- El pozo Mesa Chica 10, con el núcleo 2 de una edad “Berriasiano”, según Bonet; el pozo Paso de Oro 4, con el núcleo 1 de una edad “Berriasiano inferior—cima del Titoniano” y el pozo Paso de Oro No. 5, con los núcleos 1 a 3, con una edad “Berriasiano”.

En estos tres ejemplos se observa que tampoco puede tomarse una decisión sobre la edad exacta de esos

núcleos, por medio de la Micropaleontología, ya que corresponden al mismo horizonte. Así, aquí se considera que esos tres núcleos tienen una edad de Neocomiano Inferior, por estar también por encima del contacto Jurásico—Cretácico (Figs. 10 y 11).

La síntesis de esos cinco grupos de núcleos se muestra en la figura 12; ahí, para cada grupo de “edades” señaladas por Bonet se han incluido todos los microfósiles, que fueron determinados por él. Otra columna situada a la derecha de esa figura señala la edad, que consideramos más cercana a la realidad, según las conclusiones obtenidas del estudio de la sección estratigráfica de la figura 10.

Sin embargo, es de observar que en el grupo C, denominado en informes inéditos “Berriasiano—Titoniano Superior” por Bonet, hay algunos pozos que cortaron núcleos justo en el contacto Jurásico—Cretácico, como San Miguel del Rincón 3, núcleo 3; Mesa Grande 2, núcleo 5 y Paso de Oro 3, núcleo 2 (Fig. 10).

Es evidente que esos núcleos merecerían una revisión sobre la exacta distribución de sus microfósiles, en cuanto a la procedencia del material de estudio en el núcleo. Desde el punto de vista micropaleontológico, aquí sólo pueden ser considerados de una edad imprecisa, es decir, Neocomiano Inferior—Titoniano Superior (Fig. 11); excepto el núcleo 3 del pozo San Miguel del Rincón 3, que en su parte inferior contenía un ejemplar de *Paradontoceras* que indica una edad Titoniano Superior, para esa parte del núcleo.

De la figura 12 se pueden inferir dos grupos cronoestratigráficos para la base del Cretácico y para la cima del Jurásico, al reunir los microfósiles que están arriba y abajo del contacto de esos dos sistemas, en el material del SE de Poza Rica, los cuales se han colocado en la parte inferior de la figura 12.

De la observación de esos los grupos I y II se infiere que no hay un sólo microfósil que pueda caracterizar en particular una de las dos capas que limitan a esos dos sistemas, toda vez que esos microfósiles están presentes indistintamente en ambas capas.

En la figura 13 se han sintetizado todos los elementos estratigráficos que intervinieron para delimitar el Jurásico del Cretácico, como se presenta en la parte sur del Distrito de Poza Rica. A saber, se ha tomado como elemento de referencia la curva de rayos gamma, de uno de los pozos más característicos de esa región de México.

En esa curva se observa muy bien la fuerte inflexión que sufre cuando se presenta el cambio litológico brusco, al pasar de las lutitas arcillosas con bentonita de la Formación Pimienta de la cima del Jurásico

GRUPO según																	EDAD según		
BONET	CANTU	alpina	elíptica	intermedia	neocomiensis	darderi	oblonga	carpathica	hispanica	longa	cadischiana	bronnimanni	steinmanni	globulus	G. alpina	Fibrosphaera	Saccocoma	BONET	CANTU
A			X	X	X	X	X			X	X	X						VALANGINIANO – BERRIASIANO SUPERIOR	NEOCOMIANO INFERIOR
B		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			BERRIASIANO	
C		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			BERRIASIANO – TITONIANO SUP.	
D											X							TITONIANO SUPERIOR	TITONIANO SUPERIOR
E													X	X	X			TITONIANO INF. – KIMERIDGIANO	
	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			NEOCOMIANO INFERIOR
	II	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			TITONIANO SUPERIOR

Fig. 12.- Cuadro bioestratigráfico de cinco grupos de edades inéditas propuestas por Bonet, para núcleos cortados en las capas limítrofes al contacto Jurásico-Cretácico, de pozos del SE de Poza Rica, modificadas aquí después de confrontarlas con su posición real como aparecen en las figuras 10 y 11, y reagrupadas en sólo dos edades (I y II).

co, a las calizas micríticas de la Formación Tamaulipas Inferior, de la base del Cretácico.

En la figura 13, los tres grupos de microfósiles se han relacionado a una escala métrica, como van apareciendo hacia la cima del Jurásico. Es de hacer notar la presencia simultánea de *alpina* y *elíptica* en el grupo A que se continúan en los sedimentos de la base del Cretácico. El resto de los microfósiles ya fueron descritos líneas arriba.

Por su parte, las amonitas *Kossmatia*, *Salinites*, y *Durangites-Parodontoceras*, sólo aparecen sucesivamente a partir de los últimos 25 m previos a la cima del Jurásico. Hasta la actualidad estos fósiles no se han encontrado en rocas de la base del Cretácico.

De esta manera, los datos bioestratigráficos contenidos en las figuras 10 a 13 de la parte sur de Poza Rica, vienen a refutar lo avanzado por Velasco y Sepúlveda (1973), sobre la ausencia de sedimentos del Titoniano Superior, en la misma área que aquí se estudia. En efecto, compárese la curva de rayos gamma que ellos proporcionaron en su figura 5 (*op. cit.*), con nuestra figura 13 se verá la gran similitud de ambas curvas.

Para el caso aquí analizado, se han proporcionado suficientes datos paleontológicos, como para no aceptar la aseveración de estos dos autores sobre la ausencia de sedimentación en la cima del Titoniano, en esa región del subsuelo de México. En la figura 13 puede verse cómo los microfósiles cubren todo el horizonte, de la cima del Jurásico a la base del Cretácico.

LA ZONA CON *CONUSPHAERA MEXICANA* DEL TITONIANO SUPERIOR

Conusphaera mexicana Trejo ha sido elevada a la categoría de zona por Roth (1982) para caracterizar la cima del Titoniano Superior, en algunos pozos del Atlántico Norte, así como en el Medio Oriente (Hirsch y Picard, 1988). Se trata de un microfósil descrito por Trejo (1976), quien señaló su presencia en varios pozos de los distritos de Tampico y Poza Rica, del Este de México.

En vista del interés que reviste este microfósil para la bioestratigrafía del límite Jurásico-Cretácico, en el presente estudio se ha querido precisar su ubi-

cación, mediante los registros radioactivos de los pozos estudiados por Trejo (*op. cit.*). Al mismo tiempo se han comparado los núcleos que contienen *Conusphaera mexicana* Trejo, con los del Titoniano Superior del pozo Bejuco 6 (Cantú, 1976b).

Este pozo está en el mismo distrito que aquellos estudiados por Trejo y, además, ese pozo proporcionó abundantes amonitas, de la cima del Jurásico. De esta manera se puede establecer por correlación, la posición estratigráfica de *C. mexicana* Trejo, con relación al límite Jurásico-Cretácico.

Sin embargo, es de señalar que en los pozos mencionados por Trejo (*op. cit.*) no se encontraron amonitas, asociadas a los núcleos estudiados por él, con excepción del núcleo 23 (2 443–2 447m), del pozo Tlacolula 8, donde *C. mexicana* estaría asociada con la amonita *Suarites* sp. del Titoniano Superior (Cantú, 1982, 315 y 316). Ahí, Trejo (*op. cit.*, p. 16) encontró su microfósil asociado sólo con *Fibrosphaera* sp.

Aquí se correlacionan las muestras de esos pozos con el Bejuco 6, para fijar hasta donde sea posible, la datación de *C. mexicana*, en la sección estratigráfica de la figura 14.

En todos los pozos señalados por Trejo, *C. mexicana* aparece en un horizonte muy característico que corresponde a la Formación Pimienta y cubre los últimos 60 m, abajo del contacto Jurásico-Cretácico de la sección ilustrada (Fig. 14). En Tlacolula 8, núcleo 23, ese microfósil está a 160 m por debajo de ese contacto. Se desconocen aún casos de núcleos cortados justo en el contacto Jurásico-Cretácico, que contengan ese microfósil.

Con relación a las amonitas, *C. mexicana* aparece antes que *Salinites*, *Proniceras* y *Durangites*, del pozo Bejuco 6, según nuestra correlación estratigráfica de la figura 14, en donde también se observa que *C. mexicana* aparece antes que *C. alpina*, *C. elíptica* y *N. steinmanni*; sólo más tarde aparece simultáneamente con esos microfósiles (pozo Tamismolón 102, núcleo 3). Hay un caso donde *C. mexicana* está asociada con *C. alpina* (pozo Paciencia 101, núcleo 3). En Tlacolula 8, núcleo 23 (2 443–2 447m) está con *Fibrosphaera* sp. y en el núcleo 22 (2 361–2 372 m) se encontró con *C. alpina*, *N. bronnmanni*, *Fibrosphaera* y *G. alpina* (*cf.* Trejo *op. cit.*, p. 6).

Es de señalar que en el material estudiado por Trejo no se tiene registro de la presencia de *C. mexicana* en la base del Cretácico. Sólo nuevos estudios micropaleontológicos podrán precisar más el verdadero valor estratigráfico de ese fósil. Nótese además que Perch-Nielsen (1985, p. 365) señala una edad para ese microfósil de Titoniano-Aptiano Inferior.

En Francia, *C. mexicana* se ha encontrado en el Valanginiense Inferior (Arnaud-Vanneau *et al.*, 1987, pp. 115 y 119).

DISTRIBUCION DE CALPIONELIDOS, NANOCONOS Y AMONITAS EN EL SUBSUELO DEL ESTE DE MEXICO

En la figura 15 se muestra la distribución de *Calpionella*, *Nannoconus* y amonitas, como aparecen en las capas limítrofes del Jurásico-Cretácico, de los núcleos procedentes de tres regiones del Este de México, es decir, de los Distritos Noreste, Tampico y Poza Rica.

La distribución de esos fósiles en el límite Jurásico-Cretácico está referida a una escala métrica. En la descripción evolutiva que se da a continuación, los metros que se señalan en cada caso, corresponden a la distancia que los separan de la cima del Jurásico. Las sucesivas apariciones de los microfósiles, en general, se continúan en el Cretácico Inferior (Fig. 15).

CALPIONELAS

C. alpina y *C. elíptica* aparecen siempre simultáneamente en los pozos del sector norte de Poza Rica, aproximadamente 130 m abajo del contacto estudiado. Mientras que en la región de Tampico sólo se conocen a partir de los últimos 90 m, de la cima del Jurásico, en el Distrito Noreste se presentan en los 20 metros superiores del Titoniano (Fig. 15).

C. intermedia y *C. carpathica* preceden de 80 m el contacto estudiado, tanto en Poza Rica como en Tampico.

C. neocomiensis, *C. hispanica*, *C. cadischiana* y *C. oblonga* aparecen posteriormente hacia los 70 m abajo del contacto, en pozos de Poza Rica. En cambio, en Tampico los mismos microfósiles sólo aparecen 40 m abajo del contacto y se continúan por encima del mismo (Fig. 15).

C. darderi y *C. longa* se observan desde 20 metros antes del límite en el Noreste y en Poza Rica. Estos microfósiles no se observaron en el material estudiado de Tampico (Fig. 15).

NANOCONOS

N. bronnmanni aparece un poco después que *C. alpina* y *C. elíptica*, es decir aproximadamente a 125 m abajo del contacto en Poza Rica y Tampico, y persiste más allá de ese contacto (Fig. 15).

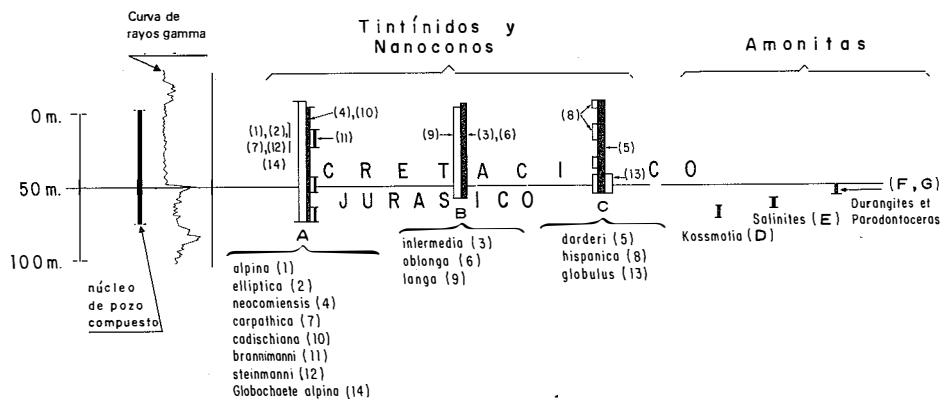


Fig. 13.— Cuadro estratigráfico sintético comparativo realizado con la curva de rayos gamma, los microfósiles y las amonitas, en el límite Jurásico—Cretácico de pozos del SE de Poza Rica. Obsérvese la especificidad cronoestratigráfica de ciertos géneros de amonitas para la cima del Jurásico, en comparación con los microfósiles que transgreden ese límite, en donde no hay evidencias de un hiato hacia la cima del Jurásico.

N. steinmanni y *N. globulus* se encontraron desde 100 m antes del contacto, en Poza Rica y Tampico. En el distrito Noreste ambos fósiles aparecen 20 m aproximadamente antes del contacto. Sin embargo, *N. globulus* no se ha reportado en núcleos del Cretácico (Fig. 15).

N. bermudezi se estudió en Poza Rica a partir de los 60 m abajo del contacto y desaparece 10 metros arriba del mismo, en el Cretácico. No sucede así en Tampico, donde sólo se conoce ese fósil 10 m antes del contacto Jurásico—Cretácico y persiste en los primeros 70 m del Cretácico (Fig. 15).

N. colomi y *N. kamptneri* se conocen en material de Tampico, cerca del contacto Jurásico—Cretácico, es decir, a 15 m aproximadamente de la cima del Jurásico. Se desconocen en el Cretácico (Fig. 15).

OTROS MICROFOSILES

Globochaete alpina y *Fibrosphaera* sp. se han señalado en Tampico y Poza Rica, inmediatamente después de la primera aparición de *C. alpina* y *C. elíptica*, es decir desde 120 m antes del límite Jurásico—Cretácico. Estos dos microfósiles sólo se conocen a partir de 20 a 50 m respectivamente antes del contacto, en el Distrito Noreste; más allá de ese límite no se han reportado en esta región de México. Lo que no sucede así en Tampico y en Poza Rica, donde se continúan en la base del Cretácico (Fig. 15).

Saccocoma se conoce en Poza Rica a partir de 90 m antes del contacto, y sólo a 40 m aproximadamente, en los distritos Noreste y Tampico. Sólo en Poza Rica se ha reportado 15 metros por encima del contacto Jurásico—Cretácico (Fig. 15).

Un sólo caso de *Crassicolaria* fue señalado en todo el material estudiado y corresponde a muestras del Distrito Noreste. En cuanto a *Conusphaera mexicana*, su distribución en la cima del Jurásico fue dada más arriba.

AMONITAS

La aparición de este grupo importante de fósiles, en los sedimentos de la cima del Jurásico del área estudiada, comienza a ser notable aproximadamente en los últimos 200 m previos al contacto Jurásico—Cretácico. Estas sucesivas y constantes apariciones están muy bien delimitadas y permiten, en cierta medida, establecer una paralelización con las apariciones de los microfósiles, como se puede observar en la figura 15.

Mazapilites se observa en muestras de Poza Rica, entre 200 y 175 m abajo del contacto estudiado. En el material donde proceden esos fósiles se nota la ausencia de todos los microfósiles señalados anteriormente.

Suarites sólo se observa en una muestra aproximadamente a 160 metros abajo del contacto estudiado y corresponde a un pozo limítrofe entre los distritos

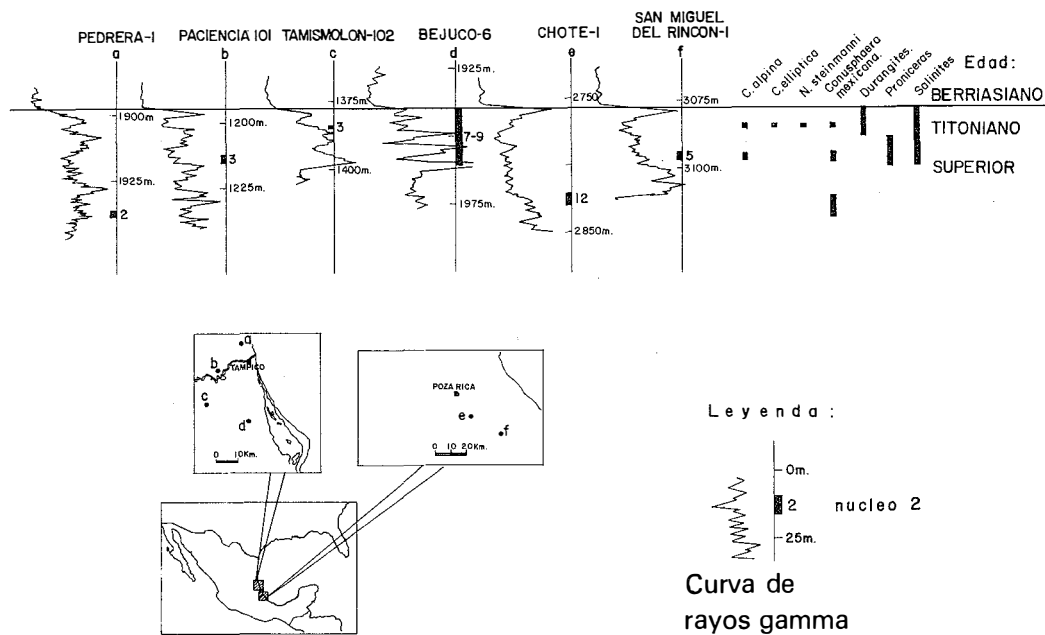


Fig. 14. – Relación estratigráfica de *Conusphaera mexicana* con amonitas del Titoniano Superior, en pozos del Este de México, elementos de referencia: curva de rayos gamma y cima del Jurásico.

de Tampico y Poza Rica; es decir, en el pozo Tlacolula 8, donde está asociado con *Saccocoma*, *Fibrosphaera* y *Globochaete alpina* (Fig. 15).

Kossmatia se revela como la amonita con una distribución más amplia, desde los 125 m hasta justo el contacto Jurásico–Cretácico; se puede señalar que su presencia concuerda sensiblemente con el grupo de *Calpionella alpina*, *C. elliptica*, *Nannoconus bronnimanni*, *Globochaete alpina* y *Fibrosphaera* (Fig. 15).

Salinites, *Acevedites* y *Haploceras* sólo están presentes en los últimos 50 m del Jurásico y aparecen simultáneamente con los microfósiles *C. neocomiensis*, *oblonga*, *hispanica*, *cadischiana* y *bermudezi* (Fig. 15).

Pronicerias, *Durangites*, *Protancyloceras* y *Parodontoceras* están en los últimos 25 m del Titoniano Superior. Los microfósiles que aparecen en esos últimos sedimentos jurásicos son *darderi*, *longa*, *colomi* y *kamptneri* (Fig. 15). Todos estos géneros de amonitas no han sido encontrados en la base del Cretácico.

Spiticerias señala ya la base del Cretácico y puede llegar a cubrir los primeros 170 m. Otros géneros de amonitas berriasianos se observaron excepcionalmente en el pozo Bejucó 6 (Cantú, 1976b) (Fig. 15).

Olcostephanus también se ha observado en los sedimentos basales del Cretácico y señala el Valanginiano (Cantú, 1976b y 1987) (Fig. 15).

En la figura 21 se han sintetizado todos los datos bioestratigráficos que aportaron las muestras de nú-

cleos de pozos de casi toda la región de la planicie costera del Golfo de México; el volumen de muestras analizadas en forma conjunta, como aquí se ha llevado a cabo, permite avanzar una sucesión bioestratigráfica de microfósiles y amonitas, en la cima del Jurásico y base del Cretácico; estas sucesivas apariciones de esos fósiles muestran las limitaciones de los tintinidos y nanoconos con relación a las amonitas; estas últimas resultan ser más características.

Cuatro grupos de microfósiles aparecen a partir de los últimos 150 m previos a la cima del Jurásico; todos ellos son más recientes que las amonitas *Mazapilites*, del Titoniano Inferior y *Suarites* de la base del Titoniano Superior.

Los representantes más antiguos de esos microfósiles aparecen unos metros antes que los primeros ejemplares de *Kossmatia* y, en general, continúan en las rocas del Cretácico. Obsérvese en la figura 21 la delimitación de todos los géneros de amonitas, en el límite de esos dos sistemas.

LAS LITOFACIES DEL LIMITE JURASICO-CRETACICO EN EL ESTE DE MEXICO, SEGUN LOS REGISTROS RADIOACTIVOS

Al hacer una síntesis del comportamiento de la curva de rayos gamma, en las rocas limítrofes del Jurásico–Cretácico en pozos del Este de México, se in-

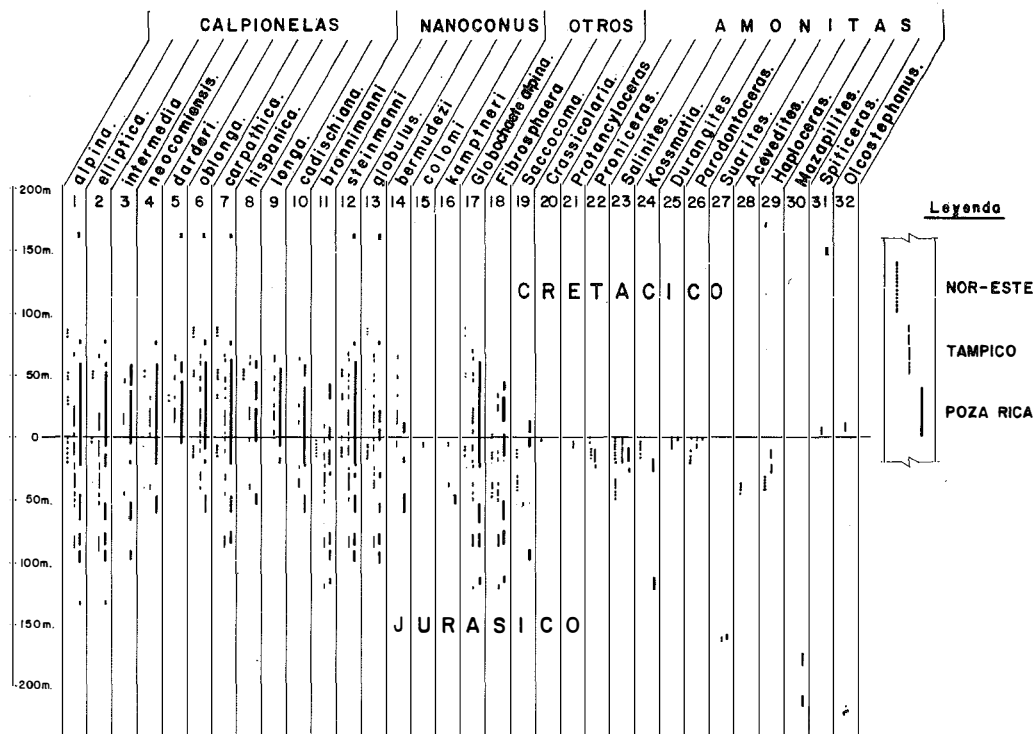


Fig. 15.— Distribución de Calpionelas, Nanoconos y Amonitas en el Límite Jurásico-Cretácico del Este de México, según pozos petroleros.

fiere que las litofacies de este nivel estratigráfico presentan, en forma constante, un doble comportamiento regional general y casi similar, que permite subdividir las por áreas, a través de toda esta gran región de México.

Esta observación nos ayuda a proponer aquí las tendencias generales a nivel nacional, que han resultado cuando se utiliza esa herramienta que representa los registros radioactivos de pozos. En efecto, en la figura 16 se ilustra este tipo de comportamiento general de la curva de rayos gamma, que se sintetiza en dos casos muy bien delimitados geográficamente, a través de la planicie costera del Golfo de México, en la parte que corresponde a nuestro país.

Estos dos casos obtenidos del material estudiado en las páginas anteriores corresponden, seguramente, a dos tipos de sedimentación que ocurrieron justo en el límite Jurásico-Cretácico de esta gran región de México; de ese análisis se infiere lo siguiente:

- a) una sedimentación constante y transicional se presenta en varios sectores, que se observan en pozos de la parte norte del Distrito Noreste, en

el Suroeste del Distrito de Tampico y en toda la parte norte del Distrito de Poza Rica. En todos estos casos la curva de rayos gamma permanece desplazada a la izquierda, tanto en la parte que concierne a la cima del Jurásico como en la base del Cretácico.

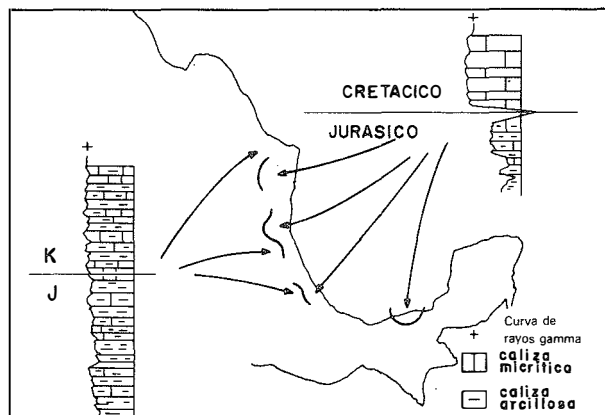


Fig. 16.— Dos tipos de litofacies en el límite Jurásico-Cretácico del subsuelo del Este de México, según se observan en los registros radiactivos.

Gracias a la ayuda de ciertos ejemplares de amonitas presentes en algunos pozos, fue posible establecer este difícil límite, que corresponde seguramente a una sedimentación ininterrumpida de cuenca, a través de las capas limítrofes de estos dos sistemas, y que está caracterizada por calizas arcillosas, en algunos casos carbonosa, hacia la cima del Jurásico.

- b) el otro tipo de sedimentación se presenta al lado de las áreas antes señaladas, es decir en la parte sur del Distrito Noreste, en casi todo el sector Noreste y Este del Distrito de Tampico, en la parte sur del Distrito de Poza Rica y en el Sureste de México (Cantú, 1982). Esta otra sedimentación se manifiesta en la curva de rayos gamma por un cambio brusco en la misma cuando pasa del Cretácico al Jurásico, signo indudable de dos litofacies diferentes (Fig. 16).

En efecto, en esas áreas la cima del Jurásico está caracterizada por una sedimentación calcárea arcillosa, con lentes de bentonita, que hace que la curva presente fuertes y cortos desplazamientos hacia la derecha, para luego permanecer a la izquierda, cuando registra rocas del Cretácico. Estas se presentan como caliza micrítica, aporcelanada en las áreas antes señaladas de los Distritos Noreste, Tampico y Poza Rica, o como caliza dolomitizada, en el Sureste de México (Fig. 16).

Al observar estos dos casos sedimentológicos que se está en presencia de dos medios de depósito contemporáneos. El último caso analizado revela una sedimentación de plataforma, cuando se inició la sedimentación del Cretácico, la cual estaría localizada hacia la parte actual del Golfo de México. En cambio, la sedimentación de cuenca estaría distribuida hacia lo que es actualmente el continente (Fig. 16).

En ambos casos la sedimentación fue continua y no hay muestras de haberse presentado una interrupción de la misma, al pasar de un periodo a otro.

LA PALEOBIOGEOGRAFIA DE LAS AMONITAS EN EL TITONIANO SUPERIOR DE MEXICO Y REGIONES VECINAS

El Titoniano Superior de México presenta una gran variedad de géneros de amonitas, agrupados en las familias Haploceratidae, Berriasellidae y Protancyloceratidae. Estos géneros tienen prácticamente una distribución uniforme a través de todo su territorio (Fig. 17).

En el Norte de México, Estado de Chihuahua y en el Sur de Texas sólo se han encontrado *Kossmatia* y *Suarites* (Imlay, 1943 y Cantú, 1976a). Estos fósiles se presentan en México en la lutita gris de la Formación La Casita, o en su equivalente, la Formación Malone Superior del Sur de Texas (Cantú, 1976a, p. 41 e Imlay, 1980, p. 51).

En el Centro y Noreste están presentes todos los géneros de amonitas que en México caracterizan al Titoniano Superior, como son *Salinites*, *Durangites*, *Proniceras*, *Protancyloceras* y *Kossmatia*; tanto en superficie (Burckhardt, 1930; Imlay, 1980; Kellum, 1937; Cantú, 1967 y 1971; Verma y Westermann, 1973), como en subsuelo (Cantú, 1982). En todos esos casos se han encontrado en la lutita calcárea de la Formación La Casita (Fig. 17).

Durangites y *Salinites* se han observado en Texas y Louisiana, en E.E.U.U. (Imlay y Herman, 1984).

En el área de Viscaíno, de la Península de Baja California se ha observado *Proniceras* (Cantú, 1980).

En el sureste de México se han señalado *Durangites*, *Salinites*, *Protancyloceras* y *Parodontoceras* (Cantú, 1982).

Ciertos ejemplares de *Salinites* y *Protancyloceras* son conocidos del Oeste de Cuba (Imlay, 1939; Judoley y Furrázola, 1968; cf Cantú, 1976b) (Fig. 17).

ESTUDIO BIOESTRATIGRAFICO COMPARATIVO DE LOS FOSILES EN EL LIMITE JURASICO-CRETACICO

1.— Las zonificaciones propuestas por Bonet y Trejo, comparadas con el presente estudio.

En 1956, Bonet propuso la primera zonificación con microfósiles para la cima del Jurásico y del Cretácico de México; en aquella ocasión este autor caracterizó el Portlandiano (Titoniano), con la zona de *Calpionella alpina*, cuya cima la diferenciaba, "... arbitrariamente antes de la aparición de *Tintinopsella carpathica*..." (Fig. 18).

En la zona de *C. alpina* también incluía a *C. elliptica*, *massutiniana*, *T. oblonga*, *Nannoconus* y *Globochaete alpina* (cf. Bonet *op. cit.*, cuadro No. 2).

En cambio, la base del Cretácico o Berriasiano la caracterizó con la zona de *Tintinopsella oblonga* y en ella estarían presentes los microfósiles de la zona anterior, más *Stenosemellopsis hispanica*, *Calpionellites darderi* y otros tintínidos (Fig. 18).

Por su parte, Trejo (1960) restringió inexplicablemente la zona de *Calpionella alpina*, de Bonet, a sólo

una parte del Titoniano Superior, sin llegar a cubrirlo todo, en particular la cima. En esa zona incluyó, aparte de *C. alpina* y *C. elliptica*, a las especies de *Nannoconus bronnimanni*, *N. steinmanni*, *N. globulus* y agregó *Tintinnopsella carpathica* y *T. cadischiana*.

Además, incluyó a las amonitas *Kossmatia victoris*, *Lythohoplites caribbeanus*, *Corongoceras filicostatum*, *Micracanthoceras* sp. y *Parodontoceras* sp., del Titoniano Superior (Trejo *op. cit.*, p. 264) (Fig. 18, del presente trabajo).

Como puede verse, las especies de *C. alpina* y *C. elliptica* están juntas, y los géneros de amonitas son característicos de todo el Titoniano Superior y no de una fracción del mismo, como Trejo lo afirmó.

En la siguiente zona de *Tintinnopsella oblonga*, de Bonet, Trejo (*op. cit.*) encontró *Nannoconus steinmanni*, *N. globulus*, *Calpionella alpina*, *C. elliptica*, *T. carpathica*, *T. oblonga*, *T. cadischiana*, *T. longa*, *Calpionellites neocomiensis*, *C. darderi* y *Stenosemellopsis hispanica*.

En el material donde encontró estos microfósiles, también estaban presentes las amonitas *Proniceras* sp., *Parodontoceras* sp., *Substeueroceras* sp. e *Himalayites* sp., las cuales, no obstante que Trejo reconoce que estos fósiles pertenecen al Titoniano Superior, una vez más e inexplicablemente, adjudica a esta zona una edad de "cima del Titoniano-Berriasiano Inferior".

Esta manera arbitraria de acomodar las edades de los microfósiles ha sembrado, desde entonces, una serie de confusiones bioestratigráficas, cuyas consecuencias se siguen aún sintiendo en la datación de rocas por medio de los microfósiles, ya que en ninguno de los dos casos anteriores se tomaron en cuenta las edades que proporcionaban las amonitas; por lo mismo, este tipo de estudios bioestratigráficos han causado confusiones, cuando se trata de aplicarlos a la Geología Petrolera.

La figura 18 resume en su parte superior las zonificaciones propuestas por Bonet (1956) y Trejo (1960),

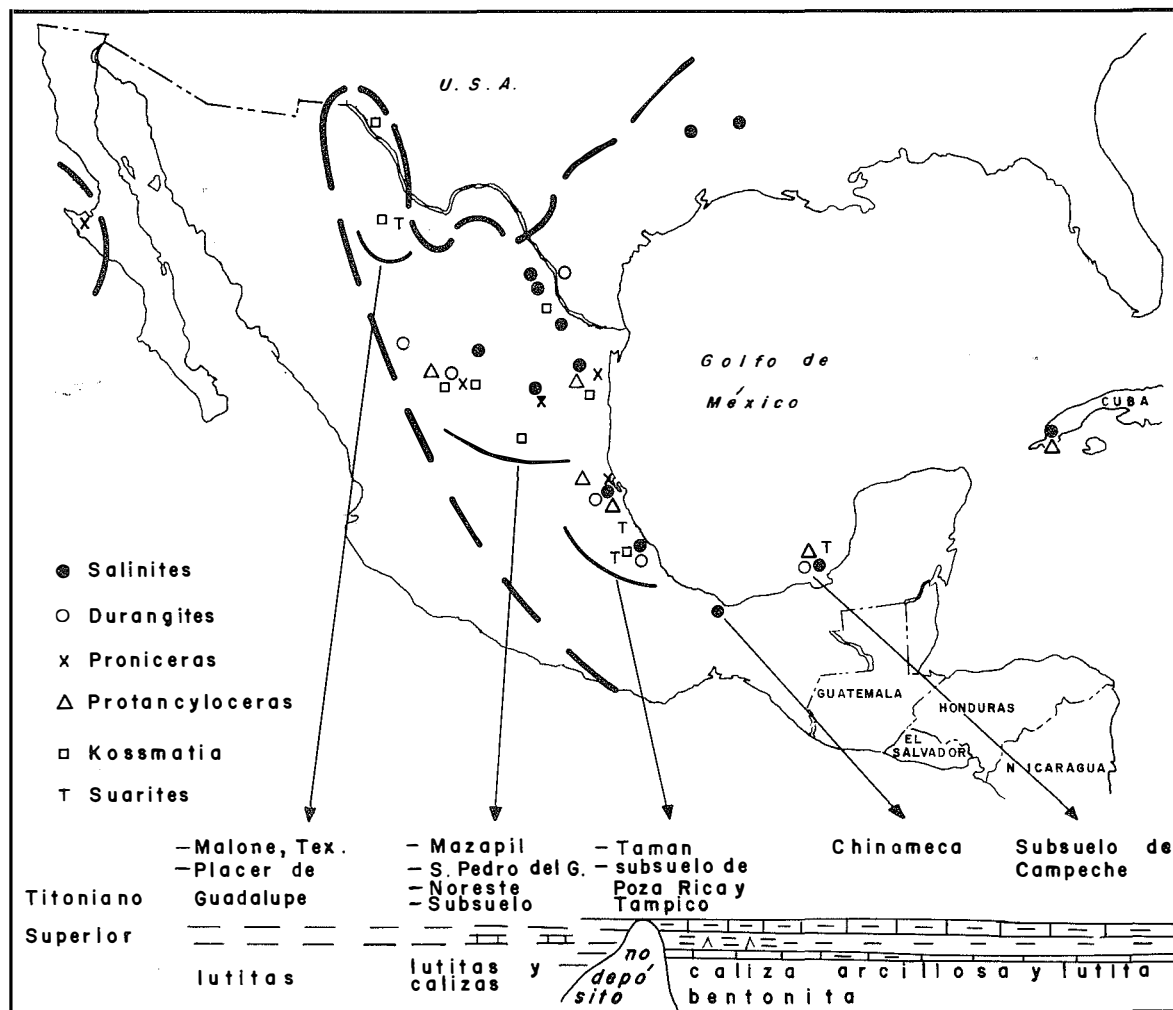


Fig. 17.- La paleobiogeografía de las amonitas del Titoniano Superior de México y regiones vecinas y comparación con las litofacies de esa edad.

desde el Titoniano Superior al Hauteriviano. En la parte inferior de la misma figura hemos representado sólo el Titoniano Superior y el “Berriasiano”, con la distribución de los microfósiles, como lo propusieron sucesivamente esos dos autores, según se ha inferido su verdadera distribución, a partir del presente estudio, en particular, para el Titoniano Superior.

Ahí se puede observar que la verdadera distribución de esos microfósiles no es tan restringida como lo llegaron a suponer aquellos micropaleontólogos; más bien, se puede notar que no hay ningún microfósil que pueda caracterizar exclusivamente el Titoniano Superior, puesto que todos pasan a la base del Cretácico, según el material estudiado aquí (Fig. 18).

Excepto *intermedia* que no aparece consignada en los trabajos publicados de esos dos autores, pero que sí fue posteriormente señalado en estudios inéditos, los otros microfósiles como *neocomiensis*, *darderi*, *oblonga*, *carpathica*, *hispanica*, *longa*, *cadischiana*, *bronnimanni*, *steinmanni* y *bermudezi* están desde la cima del Titoniano Superior, zona con *Salinites*–*Durangites*.

Con relación a la zonificación de *Nannoconus* propuesta por Deres y Achéritéguy (1980), el presente trabajo modifica la distribución de las especies *globulus* y *colomi*, las cuales para esos autores, hay dudas en cuanto a su presencia en el Titoniano superior; sin embargo, aquí se puede afirmar que sí están desde el Titoniano Superior, por lo menos en esta parte de México.

Otras especies de *Nannoconus* serían *bermudezi* y *kamptneri*, que según Deres y Achéritéguy (*op. cit.*) aparecerían desde el Valanginiano. El presente estudio viene a modificar ese concepto y mostrar que están presentes desde el Titoniano Superior.

2. – Las Zonificaciones con microfósiles en Africa del Norte, Irán y SE de Francia, y comparación con el presente estudio

- a) *Colom et. al.* (1953, pp. 519–520) señalan en el material proveniente de Africa del Norte, la presencia simultánea de *Calpionella elliptica* y *C. alpina*, con lo que caracterizan el Titoniano Superior.
- b) Hacen notar que *elliptica* domina sobre *alpina* y además, en el material estudiado hay otras formas como *Tintinnopsella carpathica* y *Stenosemellopsis hispanica*, las cuales señalarían la presencia muy elevada del Titoniano Superior (*op. cit.* pp. 519 y 532); dejan entrever que estas dos últimas especies aparecieron un poco más temprano que lo generalmente admitido.

- c) Remane (1963, p. 62) al estudiar las capas limítrofes del Jurásico–Cretácico, del SE de Francia, propone tres zonas, la segunda de abajo para arriba, o zona B con *Calpionella*, está limitada en la base por la aparición masiva de *C. alpina*, asociada con *Crassicollaria parvula* y *Tintinnopsella carpathica*, y la cima por la abundancia de *T. carpathica*.
- d) En seguida propone la zona C, con *Tintinnopsella*, en donde en su material estudiado aparece por primera vez *C. elliptica*, asociada con *T. carpathica* y *T. cadischiana*.
- e) Este último autor hace notar que: “... Finalmente nous voudrions encore une fois insister sur le fait que l’on ne peut caractériser la limite Jurassique–Cretacé par les Calpionelles, car à ce niveau il n’y a pas de coupure dans le développement des faunes...” (Remane, *op. cit.*, p. 63).
- f) Nótese que Remane (*op. cit.*) no toma en cuenta las observaciones de Colom *et al.* (*op. cit.*), realizadas 10 años antes en el Norte de Africa y relacionadas con la presencia en la misma capa de *C. alpina* y *C. elliptica*.
- g) Esa zonificación microfaunística propuesta por Remane va a sufrir pocas modificaciones, en los sucesivos trabajos de este autor y de otros.
- h) Ante la imposibilidad de encontrar una característica sobresaliente y objetiva, que sirva para delimitar el Jurásico del Cretácico, se llega incluso (e inexplicablemente) a tomar en cuenta la importancia de las evaluaciones estadísticas, para el estudio estratigráfico de las calpionelas (Le Hégarat y Rémane, 1968). Esto, por supuesto, no representa una metodología rigurosa, tendiente a solucionar un problema cronoestratigráfico de la magnitud requerida.
- i) Es así como se llega a proponer una subdivisión de la zona B (subzona B inferior y subzona B superior) que corresponderían al Titoniano Superior y al Berriasiano, respectivamente (Le Hégarat y Remane, *op. cit.*, cuadro XI) lo cual resulta, a nuestro entender, artificial y que junto con la propuesta anterior viene a crear mayor confusión.
- j) Estas propuestas bioestratigráficas prevalecen en trabajos posteriores (Allemann, *et al.*, 1970; Longoria, 1977 y van Hinte, 1976).

Un caso interesante sobre el límite Jurásico–Cretácico en Irán basado en calpionelas, fue aquél propuesto por Edgell (1971), quien definió el Titoniano

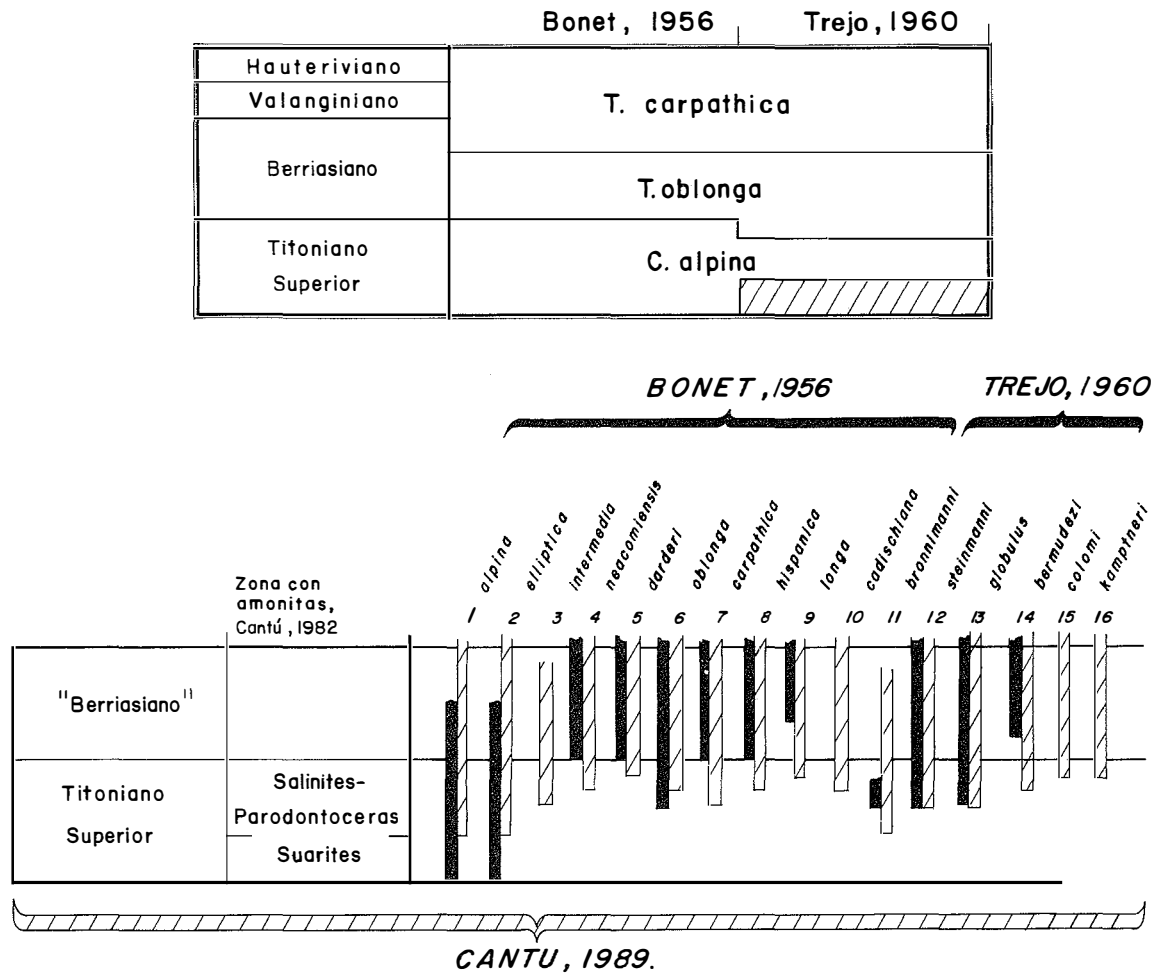


Fig. 18.— Repartición de microfósiles en el límite Jurásico–Cretácico de México, según Bonet y Trejo, y redistribución de los mismos a partir de zonas de amonitas del Titoniano Superior y de las observaciones obtenidas en el presente estudio.

del sureste de ese país con la zona de *C. alpina* y *C. elliptica*, con *Crassicollaria massutiniana* y sin *Tintinnopsella carpathica*. Obsérvese que *alpina* y *elliptica* se presentan juntas en la cima del Jurásico. En cambio, el Berriasiano lo definió con la zona de *Tintinnopsella carpathica*, asociada con *C. alpina*, *C. elliptica*, *C. undelloides* y *C. massutiniana*.

3.— Zonificaciones con amonitas en el SE de Francia, en el límite Jurásico–Cretácico y comparación con los resultados del presente estudio.

El límite Jurásico–Cretácico en el SE de Francia ha sido tema de debate de varios autores, en particular a partir de los estudios bioestratigráficos de Mazenot (1939).

- a) Para Enay (1964, p. 356) el límite superior del Titoniano correspondería al límite Jurásico–Cretácico. Este autor llega a reconocer, para ese entonces, la inexistencia de localidad o serie tipo alguna que sirvan de referencia. Para él, el Titoniano superior estaría caracterizado por Berriasélidos, Himalayítidos y Spiticerátidos (Enay, *op. cit.*, p. 361).
- b) según el mismo autor (Enay, 1972, p. 370), el límite superior del Titoniano, no obstante ser convencional, no es fácil de reconocer ni por los calpionélidos ni por las amonitas.

Además, señala que estos últimos fósiles, estudiados por otros autores tratan más de problemas de nomenclatura que de bioestratigrafía (*op. cit.*, p. 370).

- c) El desarrollo de los himalayítidos, acompañados por la aparición de los calpionélidos sería, para este autor (*op. cit.*, p. 371) una referencia mundial para delimitar el Titoniano en dos subpisos. La zonificación detallada con berriasélidos, en el SE de Francia no es abordada por Enay.
- d) Por su parte, Le Hégarat y Rémane (1968), al estudiar algunas secciones del SE de Francia con amonitas y calpionélidos, insisten en sostener las subdivisiones zonales de amonitas propuestas por Mazenot (*op. cit.*), basadas en especies del género *Berriasella*.
- e) En efecto, la imprecisión para delimitar dos sistemas basándose en las zonas con *jacobi* (Titoniano Superior) y *grandis* (Berriasiano Inferior), que son especies de un mismo género, resulta artificial y dogmática, toda vez que no representa una evidente ruptura por lo menos a nivel genérico o “renouvellement de faune”, suficiente como para apoyar tal subdivisión cronoestratigráfica (Le Hégarat y Remane, *op. cit.*, p. 65).
- f) Estos mismos autores señalan que: “...le changement dans les faunes d’Ammonites à la limite Jurassique–Crétacé est difficile à saisir...”. Además reconocen que en las diferentes secciones estudiadas por ellos: “...diverses espèces d’Ammonites parmi les plus représentatives sont présentes dans le Tithonique supérieur et le Berriasien inférieur...” (p. 65).
- g) En fin, estos autores confiesan que: “...on est contraint pour saisir cette limite de tenir compte des proportions des diverses espèces dans chaque niveau, mais alors on n’est jamais sûr de ne pas être en présence d’une variation liée à facteurs écologiques...” (*op. cit.* p. 65).
- h) Por su parte, Le Hégarat (1973) continúa utilizando las zonas de amonitas propuestas por Mazenot (1939) y no logra determinar el límite entre esos dos sistemas, ni por las amonitas ni por las calpionelas y concluye que (*op. cit.*, p. 297): “...le passage Tithonique–Berriasien est mal caractérisé paléontologiquement car aucun changement fondamentale produit à son niveau...”; y se pregunta: “... peut-on envisager le déplacement de cette limite, afin de la faire correspondre à un changement plus significatif dans les faunes?...” (p. 298).

Estas acertadas observaciones son suficientes como para considerar que se vuelve incierto, el persis

tir en la selección tanto del grupo fósil ideal, como de la supuesta localidad tipo o incluso sobre la ubicación misma del límite Jurásico–Cretácico.

- i) Los avatares de la zona con *jacobi*, en la cima del Titoniano, ya fueron señalados por Enay desde 1972 (p.370), los cuales están lejos de concluir. En efecto, para algunos autores esa zona caracteriza el Titoniano Superior de Francia y España: Le Hégarat y Remane (1968); Le Hégarat (1973); Allemann, Grun y Wiedmann (1975).

En cambio, para otros autores o los mismos, la zona con *jacobi* identifica la base del Berriasiano de esos países: Allemann y Remane (1979), Olóriz y Tavera (1981 y 1982), Tavera *et al.* (1986) y Zeiss (1984 y 1986). Como puede observarse, eso hace a esta unidad bioestratigráfica inapropiada para delimitar el Jurásico del Cretácico.

Hay que reconocer que teóricamente en el SE de Francia el límite de esos dos sistemas ha sido determinado por medio de ciertos géneros de amonitas, (Enay, 1972); sólo faltaría determinar aquella localidad que presente las características bioestratigráficas específicas, para tomarla como nivel estratigráfico de referencia, a condición de escoger otro grupo más singular que las especies de *Berriasella*, como se ha hecho hasta ahora.

Es así como se observa que en el SE de Francia, se presentan ciertas características litológicas muy evidentes, que permitirían ayudar a subdividir esos dos sistemas, si se llegase a encontrar los fósiles ideales capaces de identificar los dos sistemas en su contacto, en particular la sección de Broyon, en Ardeche (Le Hégarat y Remane (1968, p. 19).

4.— Otros tipos de zonificaciones con amonitas (América del Sur, Cuba y SE de E.E.U.U.).

De las zonificaciones con amonitas más completas y más claras, por no tener dudas en cuanto a las subdivisiones bioestratigráficas, y porque efectivamente sirven para caracterizar el límite Jurásico–Cretácico, está aquella propuesta por Leanza, F. (1945 y 1947) para Argentina y utilizada posteriormente por Biro-Bagoczky (1980), en Chile.

En ella prevalecen géneros de amonitas tan significativos, que no presentan dudas en cuanto a su mutación y cambio, justo en el contacto de los dos siste-

mas, así como en los pisos limítrofes de los mismos. Esto la hace singular y práctica, y permite, además, servir de referencia en la estratigrafía mundial del caso aquí analizado.

En las secciones sudamericanas sobresalen los berriasélidos (*Substeueroceras* y *Argentiniceras*), que se revelan muy útiles en la delimitación de los dos sistemas, para lo cual, esos autores se han auxiliado también de himalayítidos y neocomítidos para diferenciar el Titoniano Superior y el Berriasiano, respectivamente.

En el mismo sentido, pero a otra escala, están las secciones del Jurásico superior de Cuba, que fueron estudiadas por Imlay (1942) y Judoley y Furrázola (1968). Estos últimos autores encuentran asociados a *Protancyloceras*, *Corongoceras*, *Salimites* y *Durangites* entre otros géneros de amonitas, con los microfósiles *Tintinnopsella carpathica*, *T. cubensis*, *T. bermudezi*, *T. longa*, *Calpionella alpina*, *C. cristobalensis*, *Nannoconus steinmanni* y *Globochaete alpina* (*op. cit.*, pp. 17 y 19).

Por lo mismo, hacen notar la presencia de microfósiles conocidos anteriormente sólo del Neocomiano en rocas del Titoniano. Además, consideran que el contacto Jurásico-Cretácico no está presente en el material estudiado. Por nuestra parte, no dudamos en considerar en ocasiones anteriores que los fósiles de la sección Cinco Pesos, de Cuba, pertenece a la cima del Titoniano, por la presencia de *Durangites* y *Salimites* (Cantú, 1976b).

5.— El límite Jurásico-Cretácico según Wiedmann y Zeiss.

Se ha observado que Wiedmann ha tratado en repetidas ocasiones el tema que nos ocupa, con el fin de desplazar el actual límite de estos dos sistemas (1967, 1968, 1971, 1973, 1974, 1975, 1980 y 1980a).

Para Wiedmann se trata de terminar el Jurásico con el piso Berriasiano e iniciar el Cretácico con el Valanginiano. Sus argumentos son de orden histórico (1967), sedimentológico y bioestratigráfico.

Los argumentos bioestratigráficos (Wiedmann, 1968) ya han sido refutados (Le Hégarat, 1973, p. 297), sin embargo, es de considerar que sus argumentos sobre la presencia de *Himalayites* y *Protancyloceras*, entre otras amonitas, en el Berriasiano de España, que permitirían incluir a este piso en la cima del Jurásico, representan un dato bioestratigráfico muy importante que no debería pasar desapercibido (Allemann *et al.*, 1975 y Wiedmann, 1980, pp. 106 y 108; Figs. 2 y 4). Lamentablemente no se conocen las descripciones e ilustraciones de esos fósiles, como para poder confiar en tales determinaciones.

ciones e ilustraciones de esos fósiles, como para poder confiar en tales determinaciones.

No se está de acuerdo con Wiedmann (1980, p. 108) cuando dice que: "... las faunas del Titoniano superior y Berriasiano son más o menos idénticas...". Como tampoco cuando invoca la distribución estratigráfica de ciertas familias y géneros de amonitas (*op. cit.*, Figs. 2 a 4), o cuando señala cuatro "ventajas", para trasladar el Berriasiano a la cima del Jurásico (*op. cit.*, p. 110):

- a) Por ejemplo, al compararlo "... con otros límites de sistemas en el Mesozoico, en relación al corte más pronunciado en la evolución de amonitas en las partes limítrofes del Jurásico y Cretácico...", lo primero no parece convincente y, con relación a la mutación de las amonitas, es de considerar que esto se presenta mejor entre el Titoniano y Berriasiano (Fig. 19).

En efecto, en orden jerárquico se tiene en América la familia Himalayitidae, cuyos géneros desaparecen en la cima del Titoniano: *Corongoceras*, *Micracanthoceras*, *Himalayites*, *Windhausenicerias*, *Dickersonia* y los géneros hasta ahora mexicanos, *Suarites* y *Acevedites*.

Los géneros de haplocerátidos también desaparecen en el Titoniano Superior (*Pseudolissoceras*, *Haploceras* y *Salimites*), sólo uno continúa en el Cretácico (*Neolissoceras*), Fig. 19.

Las subfamilias Ataxioceratinae y Spiticeratinae tienen géneros exclusivos en el Titoniano Superior de América, *Kossmatia* y *Proniceras*. Protancyloceratinae con *Protancyloceras* y *Vinalesites*, parece tener representantes además en el Berriasiano (*cf.* Cantú, 1964 y 1982; Thieuloy, 1966; Judoley y Furrázola, 1968; Wiedmann, 1973). La subfamilia Neocomitinae sólo aparece desde el Berriasiano (Fig. 19).

- b) Para Wiedmann (*op. cit.* p. 110) resulta práctico trasladar el Berriasiano al Jurásico Superior por coincidir con un cambio sedimentológico. Esto, por supuesto, no se aplica a México, al Sur de E.E.U.U. y a Cuba, que representan en sí una gran región geográfica donde el cambio litológico corresponde a la mutación de géneros de amonitas arriba indicados.
- c) Wiedmann (*op. cit.*, p. 110) apela al principio de prioridad, invocando las propuestas de Opepel (1865). Es de considerar que si se aplicara esto, haría rígida una disciplina tan objetiva como es la Estratigrafía, cuyos conocimientos y aportes también evolucionan.

- d) Más adelante este autor proporciona otro argumento: "...Su practicabilidad en áreas continentales ya que coincide con el corte más importante en la evolución de las floras verificadas exactamente al mismo tiempo..." (*op. cit.*, p. 110). Nos parece que esta aseveración no concuerda, por supuesto, con las propuestas palinológicas de Volkheimer (1980, cuadros 2 y 3) para América del Sur.

Por su parte, Zeiss ha tratado en dos ocasiones el tema del límite Jurásico-Cretácico (*in* Jeletzky, 1984, pp. 250-253; y 1986); en ambos casos pretende modificar y desplazar ese límite en lo que concierne a México, apoyándose en las zonificaciones micropaleontológicas.

Sus argumentos ya fueron objetados por Jeletzky (1984, p. 254), quien señaló las dificultades originadas por la metodología utilizada por Bonet y Trejo (*op. cit.*) y aquella de Rémane, en particular sus zonas de calpionélidos A y B y la abundancia relativa de las especies que permiten reconocerlas. En todos esos casos la Micropaleontología no ha podido aún proporcionar los elementos objetivos suficientes como para poder utilizar esa herramienta, que permita delimitar el Jurásico del Cretácico.

Para su identificación, un límite cronoestratigráfico de esta envergadura no puede estar sujeto a criterios tan subjetivos como son los porcentajes de especies de amonitas y microfósiles que se presentan a nivel de zona paleontológica, como se ha propuesto para el SE de Francia (Rémane, 1980).

Esa grave deficiencia disciplinaria en la bioestratigrafía europea no puede ni debe ser trasladada a América, en particular a México, Argentina, Cuba y el SE de Estados Unidos, donde sí hay suficientes elementos paleontológicos a nivel de géneros de amonitas que contribuyen con facilidad a reconocer ese límite.

La Micropaleontología con los tintínidos y nanoconos no ha podido proporcionar todavía los elementos bioestratigráficos suficientes, como se vio en este voluminoso muestreo de subsuelo del Este de México, que caractericen con claridad el límite Jurásico-Cretácico.

Por lo mismo, no puede aceptarse la zonificación con amonitas y calpionélidos que propone Zeiss (*op. cit.*) para América; en el caso de México, Zeiss se apoya en imprecisas identificaciones micropaleontológicas para desplazar la zona con *Subthurmannia mazatepense* de la base del Berriasiano, como originalmente fue propuesto para la cima de este piso (Cantú, 1967 y 1968).

La subdivisión bioestratigráfica que se estudió en Mazatepec muestra con claridad una sucesión macrofaunística y litológica continua, sin discordancias o hiatos (Cantú, *op. cit.*).

Ahí los microfósiles estudiados por Leonel Salinas mostraron, como en todo el material del presente estudio, que pasan indistintamente del Jurásico al Cretácico y no pueden por sí solos definir el límite entre estos dos sistemas (Fig. 20). Por lo mismo, la delimitación en su contacto no puede basarse en los tintínidos como lo propone Zeiss, para desplazar zonas de amonitas que son más características que aquellos microorganismos.

CONCLUSIONES

El presente estudio señala cómo el muestreo, aparentemente caótico y al mismo tiempo abundante, que se ha efectuado a través de más de 30 años de exploración petrolera en el subsuelo del Este de México en las capas del contacto Jurásico-Cretácico, ha permitido reagrupar ese material de núcleos de pozos, por regiones geográficas.

Se ha hecho así, con el fin de determinar la exacta distribución de los tintínidos nanoconos y amonitas en esos estratos, y obtener simultáneamente conclusiones particulares, que ayuden a esclarecer su exacto valor cronoestratigráfico, para uno u otro de esos sistemas.

Metodológicas.— La aportación principal del presente estudio ha sido la utilización del registro radioactivo, que regula y ubica los estratos que suministraron material de núcleos, y permite confrontar con fines cronoestratigráficos, los grupos fósiles presentes en esas muestras.

Este método se revela superior a los anteriores estudios micropaleontológicos de subsuelo, basados en muestras aisladas, ya que carecieron de una metodología confiable que permitiera ubicar correctamente en los estratos el material analizado.

La particularidad del presente estudio está en el hecho de poder caracterizar, por regiones geográficas, exactamente aquello que aparece en las muestras, sin tener que recurrir a ideas preconcebidas que en ocasiones anteriores, y en el caso de la estratigrafía del problema que aquí se trata, ha proporcionando resultados contraproducentes.

Bioestratigráficas.— Los tintínidos y nanoconos aparecen en las capas de la cima del Jurásico, más tarde que las amonitas *Mazapilites* del Titoniano Inferior y *Suarites*, de la base del Titoniano Superior. La edad

JURASICO	CRETACICO
TITONIANO SUPERIOR	BERRIASIANO
HIMALAYITIDAE	
<i>Corongoceras, Micracanthoceras, Himalayites, Windhausseniceras, Dickersonia, Suarites, Acevedites</i>	
HAPLOCERATIDAE	
<i>Pseudolissoceras, Haploceras, Salinites</i>	<i>Neolissoceras</i>
ATAXIOCERATINAE	
<i>Kossmatia</i>	
SPITICERATINAE	
<i>Proniceras</i>	<i>Spiticeras, Groebericeras</i>
PROTANCYLOCERATINAE	
<i>Protancyloceras, Vinalesites</i>	<i>Leptoceras</i>
	NEOCOMITINAE
BERRIASSELLINAE	

Fig. 19.— Distribución de familias y subfamilias de amonitas en el límite Jurásico–Cretácico de América.

de esos microfósiles corresponde a un lapso de tiempo definido en subsuelo, por el intervalo de *Kossmatia* y *Parodontoceras*.

Los fósiles aparecen en cuatro grupos, en el siguiente orden y hacia la cima del Jurásico (Fig. 21):

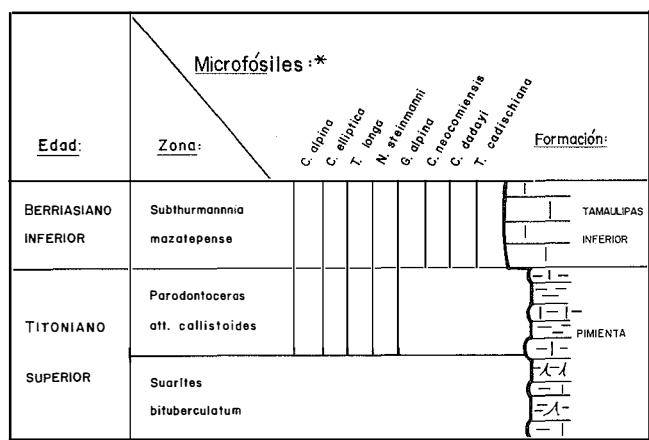
- 1.— *C. alpina* y *C. elliptica* ocurren siempre simultáneamente, asociados con *Kossmatia*; no hay forma de hacer con cada una de esas dos calpionelas, las subzonas particulares, como aquellas que se han definido para el Sureste de Francia. Casi al mismo nivel y ligeramente más arriba que esos microfósiles está *N. bronnimanni*.
- 2.— *N. steinmanni*, *N. globulus*, *C. intermedia* y *C. carpathica*,
- 3.— *Salinites*, *Acevedites*, *Haploceras*, *C. neocomiensis*, *C. hispanica*, *C. cadischiana*, *C. oblonga* y *N. bermudezi*,
- 4.— *Proniceras*, *Durangites*, *Protancyloceras*, *Parodon-*

toceras, *C. darderi*, *C. longa*, *N. colomi* y *N. kamptneri*.

Esos géneros de amonitas no van más allá del contacto Jurásico–Cretácico, en cambio, los tintínidos y nanoconos continúan en las rocas basales del Cretácico. La base del Cretácico está representada pobremente por algunos ejemplares de *Spiticeras* (Fig. 21).

Sedimentológicas.— El análisis del material del subsuelo del Este de México obtenido por medio de los registros radioactivos, muestra en general un cambio litológico en el contacto Jurásico–Cretácico, que se confirma con las muestras de núcleos y concuerda con el límite de estos dos sistemas, por lo que facilita la utilización de unidades litoestratigráficas en geología petrolera.

El cambio litológico más pronunciado se presenta hacia ciertos sectores orientales, de esta región de México y se caracteriza por un cambio de calizas arcillosas con bentonita en el Titoniano, a una caliza mi-



* Según Leonel Salinas, in CANTÚ, 1967.

Fig. 20.— Sección tipo del límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec, Puebla y distribución de microfósiles, según zonas de amonitas de Cantú, (1967).

crítica en la base del Cretácico; su expresión gráfica en la curva de rayos gamma es muy marcada.

Excepto en una parte muy limitada del Distrito de Tampico donde está presente una discordancia hacia la cima del Jurásico y la base del Cretácico, el resto de esta gran región de México se caracteriza por tener una sedimentación continua y sin hiatos.

Para el Distrito de Tampico y la parte norte del Distrito de Poza Rica, el contacto de las Formaciones Tamaulipas Inferior y Pimienta debe ser modificado en algunos pozos y utilizar aquel que marca con facilidad el registro radioactivo, que se revela más confiable que el registro eléctrico o las muestras de canal.

Cronoestratigráficas.— Para el estudio del límite Jurásico-Cretácico en México se cuenta con dos secciones de referencia o estratotipos: una en superficie que es la sección de Mazatepec, la cual proporcionó una sucesión muy completa de amonitas (Cantú, 1968) y otra en subsuelo, representada por el pozo Bejuco 6, donde también está presente una sucesión de amonitas muy significativas, desde el Titoniano Superior al Hauteriviano Inferior (Cantú, 1976b).

Ambas secciones muestran que el límite Jurásico-Cretácico, en el Este de México, está caracterizado por un abrupto cambio de faunas, representado por la desaparición de importantes grupos de amonitas, justo en la cima del Jurásico (*Kossmatia*, *Salinites*, *Acevedites*, *Haploceras*, *Proniceras* y *Durangites*). Estos géneros son substituidos por *Spiticeras* y *Subthurmannia*, en la base del Cretácico.

Esta súbita mutación evolutiva va acompañada por un importante cambio litológico que cubre una área geográfica muy significativa de varios cientos de ki-

lómetros, lo que hace que, en conjunto, el límite Jurásico-Cretácico en esta parte de México sea fácil de definir y de caracterizar físicamente.

EL LIMITE JURASICO-CRETACICO Y PROPOSICION DEL ESTRATOTIPO

Al tomar en cuenta la insuficiencia notable del estratotipo del límite Jurásico-Cretácico, en las localidades consideradas clásicas del Sureste de Francia, debido a la falta de fósiles característicos y a la ambigüedad mostrada por los especialistas en diferentes foros para definirlo a lo largo de los últimos años, aquí se propone fijar el Estratotipo del Límite de los Sistemas Jurásico-Cretácico, tomando en cuenta las recomendaciones que propone la "Guidelines and Statutes of the International Commission on Stratigraphy" (ICS) (1986), "redactada por la International Union of Geological Sciences" (IUGS), cf. Cowie *et al.*, 1986.

Localidad tipo: Mazatepec, Puebla, Este de México, carretera México-Veracruz, vía Teziutlán, Puebla. A 2.3 km. del poblado de Tlatlauqui está la desviación que conduce a la presa de Mazatepec, de donde se continúa hasta el pueblo del mismo nombre, a partir del kilómetro 36.9 de la carretera Tlatlauqui-Mazatepec, hasta aproximadamente 5 m antes de llegar al pueblo de Mazatepec y del lado izquierdo de la carretera está el afloramiento (Cantú, 1967 y 1968b, p. 6). El límite fijado está entre los estratos 1 y 2 (*in Cantú, op. cit.*, Fig. 2).

Definición: Este límite cronoestratigráfico coincide con el contacto de la cima de la zona con *Parodontoceras aff. callistoides* del Titoniano Superior, estrato 2, donde desaparecen los *Proniceras* y *Parodontoceras* y la base de la zona con *Subthurmannia mazatepense* del Berriasiano Inferior, del estrato 1, donde aparecen *Subthurmannia*, *Spiticeras* y *Groebericeras*, entre otros amonites. También corresponde al contacto litoestratigráfico de dos formaciones, Pimienta del Jurásico Superior y Tamaulipas Inferior, de la base del Cretácico.

La definición del presente límite cronoestratigráfico, en una localidad tipo, corresponde al concepto señalado con el término en inglés de "Global Boundary Stratotype Sections and Points" (GSSP), que recomienda la "Guidelines and Statutes of the International Commission on Stratigraphy" (ICS), 1986.

Al mismo tiempo y en vista del volumen de material estudiado en subsuelo, que cubre una gran región geográfica de la Planicie Costera del Golfo de México, incluyendo a los estados de Texas y Loui-

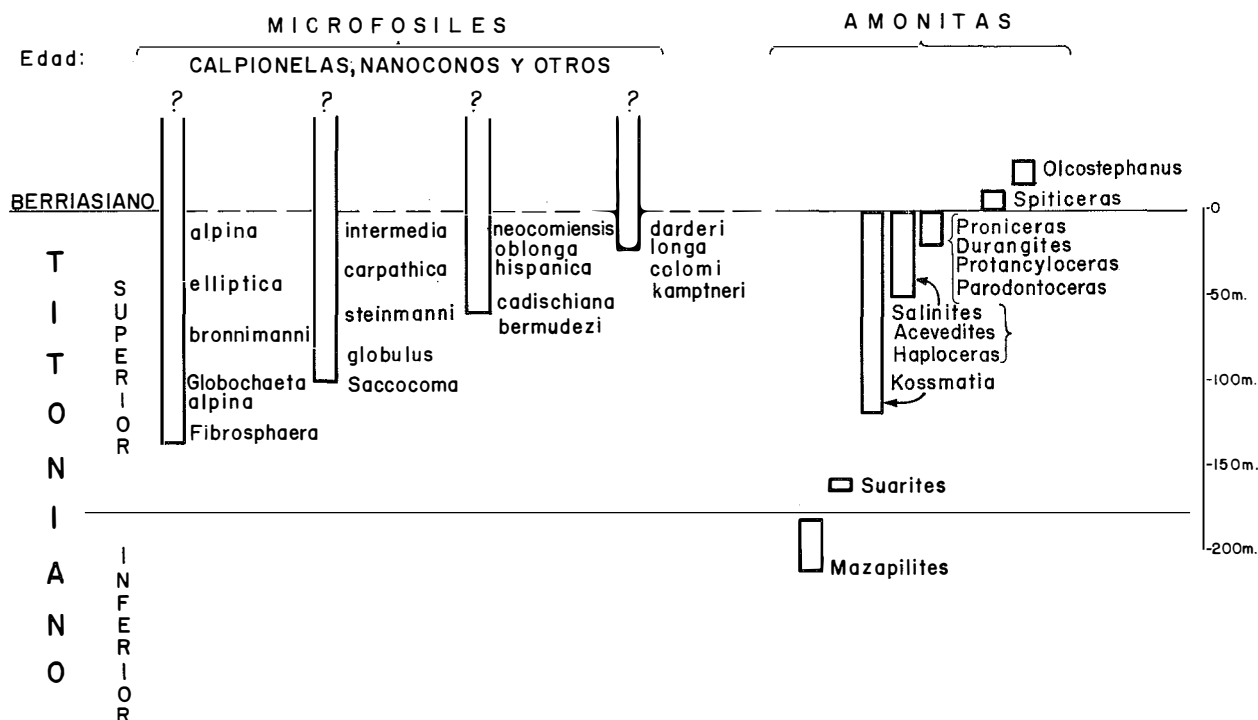


Fig. 21.— Distribución bioestratigráfica de calpionelas, nanoconos y amonitas, en el límite Titoniano-Berriasiano, Este y Noreste de México.

siana, en E.E.U.U., aquí se propone como Estratipo Auxiliar o "Auxiliary Stratotype Point" (ASP), del límite Jurásico-Cretácico, el pozo Bejuco 6.

En este pozo, localizado en el Distrito Petrolero de Cerro Azul, Veracruz, con las coordenadas siguientes: 97°50'32.174" de longitud oeste y 21°44'17.838" latitud norte, Figs. 1 y 2 (Cantú, 1976b), y a la profundidad de 1941 m está presente el límite Jurásico-Cretácico; ahí se caracteriza en la curva de rayos gamma del registro radioactivo por una fuerte inflexión, que corresponde al contacto litoestratigráfico de las mismas formaciones antes señaladas y a la desaparición de *Salinites* y *Durangites* en el Titoniano Superior y a la aparición de *Subthurmannia* y *Neolissoceras semisulcata*, en el Berriasiano Inferior representan los elementos bioestratigráficos que definen también en subsuelo el límite Jurásico-Cretácico.

En ambos casos, superficial y subsuelo, estas definiciones se apegan al concepto de designar el tipo de un límite estratigráfico, identificado en publicaciones y marcado en secciones, como un punto específico de una secuencia específica de estratos, que constituye el estándar para la definición y reconocimiento del límite estratigráfico entre dos unidades cronoestratigráficas estándares globales, previamente denominadas, como son los Sistemas Jurásico y Cretácico (Cowie *et al.*, *op. cit.*).

BIBLIOGRAFIA

- ALLEMANN, F. *et al.*. 1970. Standard Calpionellid Zonation (Upper Tithonian-Valanginian) of the Western Mediterranean Province. Proceedings of Second Planktonic Conference, Roma, Vol. 2, pp. 1337-1340.
- _____. 1975. The Berriasian of Caravaca (Prov. of Murcia) in the subbetic zone of Spain and its importance for defining this stage and the Jurassic-Cretaceous boundary. In Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé, Lyon. Memoires du B.R.G.M., No. 86, 14-22, p. 3-11.
- ALLEMANN, F. and REMANE. 1979. Les Faunes de Calpionelles du Berriasien Supérieur/Valanginien. in Les Stratotypes français, Vol. 6, pp. 99-109. Editions du C.N.R.S.
- ARKELL, W. J. Jurassic geology of the world. Ed. Oliver y Boyd. Lts. Edinburgh-London, 806 pp., 46 Láms., 28 cuadros, 102 figs.
- ARNAUD-VANNEAU *et al.*, 1987. The Lower Cretaceous from the Jura Platform to the Vocontian Basin (Swiss Jura, France). Third International Cretaceous Symposium, Tübingen Field-Guide Excursion D, Grenoble, France, pp. 119-123, 8 figs.
- BIRO-BAGOCZKY, L., 1980. Estudio sobre el límite entre el Titoniano y el Neocomiano en la Formación Lo Valdés, provincia de Santiago (33° 50' Lat. Sur) Chile, principalmente sobre la base de amonoides. I Congreso Latinoamericano de Paleontología. Buenos Aires 1978. T. V. pp. 137-152.
- BONET, F. 1956. Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del Este de México. XX Cong. Geol. Intern. P. I-VI, pp. 3-102; también en: Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr. vol. 8, Nos. 7-8; 6 Láminas, pp. 3-103.
- BURCKHARDT, C. 1930. Etude synthétique sur le Mésozoïque mexicain. Mém. Soc. Pal. Suisse, vol. 49-50, 280 pp., 65 figs., 17

- cuadros.
- CANTU, A. 1963. Etude biostratigraphique des ammonites du Centre et de l'Est de Mexique (Jurassique supérieur et Crétacé). *Mém. Soc. Geol. France*, No. 99, N.S. Tomo XLII, fac. 4, 102 pp. 8 Láms.
- _____. 1967. El límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec, Puebla (México). *Inst. Mexicano del Petróleo, Monografía No. 1*, 24 pp., 7 Láms., 5 figs.; también en *Ingeniería Petrolera*, 1968, vol. 8, pp. 5-27, 7 figs.
- _____. 1968. Sobre una asociación *Promiceras-Durangites* "*Hildoglochiceras*", del Noreste de México. *Inst. Mexicano del Petróleo, Monografía No. 2*, pp. 19-26.
- _____. 1971. La Serie Huasteca (Jurásico Medio-Superior) del Centro-Este de México. *Revista del Inst. Mex. del Petróleo*, vol. III, No. 2, pp. 17-40, 4 Láms.
- _____. 1976a. Nuevas localidades del Kimeridgiano y Titoniano en Chihuahua (Norte de México). *Revista del Inst. Mexicano del Petróleo*, vol. VIII, No. 2, pp. 38-49, 2 Láms., 3 figs.
- _____. 1976b. El contacto Jurásico-Cretácico, la Estratigrafía del Neocomiano, el Hiato Hauteriviano Superior-Eoceno Inferior y las amonitas del Pozo Bejuco 6 (Centro-Este de México). *Bol. Soc. Geol. Mex.* vol. XXXVII, Nos. 60-83, pp. 60-83, 7 Láms.
- _____. 1979. Biostratigrafía de la Serie Huasteca (Jurásico Medio y Superior), en el subsuelo de Poza Rica, Ver. *Revista del Inst. Mex. del Petróleo*, vol. XI, No. 2, pp. 14-24.
- _____. 1980. El límite Jurásico-Cretácico en México. I Congreso Latinoamericano de Paleontología, T. V. pp. 177-184. Buenos Aires, Argentina.
- _____. 1982. The Jurassic-Cretaceous boundary in the subsurface of Eastern Mexico. *Journal of Petroleum Geology*, vol. 4, No. 2, pp. 311-318.
- _____. 1984. El Jurásico Superior de Tamán, S. L. P. III Congreso Latinoamericano de Paleontología, pp. 107-215, Oaxtepec, México.
- _____. 1987. La Biostratigrafía y la datación de discordancias fanerozoicas en México. *Revista de la Soc. Mexicana de Paleontol.* vol. 1, No. 1, pp. 137-158, 14 figs.
- _____. 1989. La Peña Formation (Aptian): A condensed limestone-shale sequence from the subsurface of NE. Mexico. *Journal of Petroleum Geology*, vol. 12, No. 1, pp. 69-84.
- CARRILLO, B. J., 1965. Estudio geológico de una parte del Anticlinorio Huayacocotla. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.* vol. XVII, Nos. 5-6, pp. 73-96.
- COLOM, G. *et al.* 1953. Microfaunes pélagiques (Calpionelles, Fissurines) dans l'Est NE de la Berberic. *Bull. Soc. Géol. France*, Ser. 6, vol. 3, Fasc. 4-6, pp. 517-534.
- COWIE, J. W., *et al.* 1986. Guidelines and Statutes of the International Commission on Stratigraphy (ICS). *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 83 Frankfurt a.M. 16.6. 1986, 14 pp.
- DERES, F. y ACHERITEGUY, J., 1980. Biostratigraphie des Nannconides. *Bull. Centr. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, vol. 4, No. 1, 53 pp.
- EDGEELL, H. S. 1971. Calpionellid stratigraphy and the Jurassic-Cretaceous boundary in South-East Iran. *in Colloque du Jurassique, Luxembourg*, 1967. *Mém. B.R.G.M.* No. 75, pp. 213-247, 2 Láms.
- ENAY, R. 1964. L'étage Tithonique. *in Colloque du Jurassique, Luxembourg*, 1962. C. R. *Mém. Inst. Gd. Duc., Sc. Nat., Phys., Maths., Luxembourg*, pp. 355-379, 4 cuadros, 6 figs.
- _____. 1972. Paleobiogeographie des ammonites du Jurassique terminal (Tithonique/Volgien/Portlandien s.l.) et mobilité continentale. *Geobios* No. 5, Fasc. 4, pp. 355-407, 13 figs.
- ENOS, P. 1983. Late Mesozoic Paleogeography of Mexico. *Mesozoic Paleogeography of the West-Central United States. SEPM Rocky Mt. Sect. Paleogeogr. Symp.* No. 2; pp. 133-157, 6 figs.
- HIRSCH, F. and PICARD, L. 1988. The Jurassic facies in the Levant. *Journal of Petroleum Geology*, vol. 11, No. 3, pp. 277-308.
- IMLAY, R. W. 1939. Jurassic ammonites from Mexico. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 50, 78 pp., 18 Láms., 7 figs.
- _____. 1942. Late Jurassic fossils from Cuba and their economic significance. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 53, pp. 1417-1478, 12 Láms., 4 figs.
- _____. 1943. Upper Jurassic ammonites from the Placer de Guadalupe district, Chihuahua, Mexico. *Jour. Paleontology*, vol. 17, No. 5, pp. 527-543, Láms. 87-95.
- _____. 1980. Jurassic Paleobiogeography of the Conterminous United States in Its Continental Setting. *Geol. Surv. Professional Paper* 1062, 134 pp., 33 figs.
- IMLAY, R. W. and HERMAN, G. 1984. Upper Jurassic Ammonites from the subsurface of Texas, Louisiana, and Mississippi. *GCSSEPM Foundation Third Annual Research Conference Proceedings*, pp. 149-170, 2 Láms.
- JELETZKY, J. A. 1984. Jurassic-Cretaceous Boundary Beds of Western and Arctic Canada and the Problem of the Tithonian Berriasian Stages in the Boreal Realm. *Geol. Assoc. of Canada Special Paper* 27, pp. 175-255, 12 figs.
- JUDOLEY, C. M. and FURRAZOLA, B., G. 1968. Estratigrafía y fauna del Jurásico de Cuba. *Inst. Cubano de Rec. Min., Depto. de Geol.* 126 pp. 81 Láms.
- KELLUM, L. B. 1937. Geology of the sedimentary rocks up the San Carlos Mountains. *Univ. Mich. Sci. Ser.*, vol. 12, 97 pp., 9 Láms., 5 figs.
- LEANZA, A. F. 1945. Ammonites del Jurásico superior y del Cretácico inferior de la Sierra Azul, en la parte meridional de la provincia de Mendoza. *Anales del Museo de La Plata (N.S.)*, Paleontología, Sección A, (1), 99 pp., 23 Láms.
- _____. 1947. Upper limit of the Jurassic System. *Geol. Soc. America, Bull.* 58, pp. 833-842.
- LE HEGARAT, G. 1973. Le Berriasien du Sud-Est de la France. *Doc. Lab. de Géol. Fac. Sci. de Lyon*. No. 43, 1er fasc.
- LE HEGARAT, G. and REMANE, J. 1968. Tithonique supérieur et Berriasien de l'Ardèche et de l'Hérault. *Corrélation des Ammonites et des Calpionelles. Géobios*, No. 1, pp. 7-70.
- LONGORIA, J. F. 1977. Biostratigrafía del Cretácico Inferior basada en microfósiles planctónicos. *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, Tomo XXXVIII, No. 1, pp. 2-17.
- _____. 1984. Mesozoic tectostratigraphic domains in East-Central, Mexico. *in G. E. G. Westermann, ed. Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America: Geological Association of Canada Special Paper* 27, pp. 65-76.
- MAZENOT, G. 1939. Les Palaeochoplitidae tithonique et berriasien du Sud-Est de la France. *Mém. Soc. Géol. France, N.S.*, f. XVIII, No. 41. 303 pp., 40 Láms.
- MYCZYŃSKI, M. 1977. Lower Cretaceous ammonites from Sierra del Rosario (Western Cuba). *Acta Palaeontológica Polónica*, vol. 22, No. 2, pp. 139-173; Láms. 3-9. 5 figs.
- IOORIS, F. and TAVERA, J. M. 1981. El Jurásico Superior en el sector central de la zona Subbética. Introducción al conocimiento de las facies. Indices y correlaciones. *in Programa Internacional de Correlaciones Geológicas. Real Academia de ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2a. parte, pp. 207-239.
- _____. and _____. 1982. Correlation of the Tithonian in Central Sector of the Betic cordilleras (Spain) in the Light of Recent Studies. *Bull. Acad. Polonaise des Sciences. Serie Sciences de la Torre*, Vol. XXX, No. 3-4, pp. 145-156.
- PERCH-NIELSEN, K., 1985. Mesozoic calcareous nannofossils. *in Plankton Stratigraphy Part I*, No. 10, pp. 329-426, 92 figs. Cambridge University Press.
- REMANE, J. 1963. Les Calpionelles dans les couches de passage Jurassique-Crétacé de la Fosse Vocontienne. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, vol. 39, pp. 25-82.
- _____. 1967. Les possibilités actuelles pour une utilisation stratigraphique des calpionelles (Protozoa, Incertae Sedes, Ciliata). *Proc. First Intern. Conf. Planktonic Microfossils, Genève*, pp. 559-573, 7 figs.
- ROTH, P. 1980. Jurassic and Lower Cretaceous calcareous nannofossils in the Western North Atlantic (site 534): Biostratigraphy, preservation, and some observations on Biogeography and Paleogeography. *in Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, vol. LXXXVI, *Nat. Scienc. Found.* pp. 587-615, 6 Láms.

- SUTER, M. 1980. Tectonics of the external part of the Sierra Madre Oriental, foreland thrust-and-fold belt between Xilitla and the Motezuma River (Hidalgo and San Luis Potosí States). *Revista Inst. de Geol. UNAM*, vol. 4, No. 1, pp. 19–31.
- TAVERA, J. M. *et al* 1986. Mediterranean ammonites and the Jurassic-Cretaceous Boundary in Southern Spain (Subbetic Zone). *Acta Geológica Hungárica* 29 (1-2), pp. 151-159.
- TREJO, H., M. 1960. La familia Nannoconidae y su alcance estratigráfico en América. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.*, vol. XII, Nos. 9 y 10, pp. 259–314, 11 cuadros, 3 láminas, 15 figs.
- _____. 1969. *Conusphaera mexicana*. Un nuevo coccolitofórido del Jurásico Superior de México. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo* vol. I, No. 4, pp. 5–15, 5 láms., 1–4 figs. *in texto*.
- _____. 1980. Distribución estratigráfica de los tintínidos mesozoicos mexicanos. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo* vol. XII, No. 4, pp. 4–13, 6 cuadros.
- VAN HINTE, J.E. 1976. A Jurassic Time Scale. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, vol. 60, No. 4, pp. 489–497.
- VELASCO T., J.J. and SEPULVEDA de L., G. 1973. Bioestratigrafía de la Formación Pimienta en el Distrito Poza Rica. *Ingeniería Petrolera*, vol. XIII, No. 3, pp. 99–108, 2 láms., 10 figs.
- VERMA, H. M. and WESTERMANN, G. E. G., 1973. The Tithonian (Jurassic) Ammonite Fauna and Stratigraphy of Sierra Catorce, San Luis Potosí, México. *Bull. of American Paleont.* vol. 63, No. 277, pp. 107–320, 56 láms., 32 figs. *in texto*.
- WIEDMANN, J. 1967. Die Jura/Kreide-Grenze und Fragen stratigraphischer Nomenklatur. *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, pp. 736–746.
- _____. 1968. Das Problem stratigraphischer Grenzziehung und die Jura-Kreide-Grenze. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 61, No. 2, pp. 321–386.
- _____. 1971. Die Jura/Kreide-Grenze. Prioritäten, Diastrophen oder Faunenwende. *Colloque du Jurassique, Luxembourg 1967*. *Mém. B.R.G.M., Fr.*, No. 75, pp. 333–338.
- _____. 1973. Ancyloceratina (Ammonoidea) at the Jurassic-Cretaceous Boundary. *in Atlas of Palaeobiogeography; Elsevier Scientific Publishing Co.*, pp. 309–316.
- _____. 1974. Über die Grenze Jura-Kreide und Grundfragen stratigraphischer Nomenklatur. *in Voprosy stratigrafii verkhnej jury. Materialy meshdunarodnovo simpozium, Moscú 1967*, pp. 125–128.
- _____. 1975. The Jurassic-Cretaceous Boundary as one of the Mesozoic System Boundary. *Mém. B.R.G.M.*, 86, *Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé Lyon, Neuchâtel*, pp. 358–362, 2 figs., 1 cuadro.
- _____. 1980. Palaeogeographic und Stratigraphie im Grenzbereich Jura/Kreide Südamerikas. *Münster. Forsch. Geol. Paläont.* vol. 51, Nos. 27–61. 9 Abb. Tab. 1A–1C, pp. 27–61.
- _____. 1980. El límite Jurásico-Cretácico: problemas y soluciones. I Congreso Latinoamericano de Paleontología. Buenos Aires 1978. T.V, pp. 103–120.
- WOLKHEIMER, W. 1980. Microfloras del Jurásico Superior y Cretácico Inferior de América Latina. I Congreso Latinoamericano de Paleontología. Buenos Aires 1978. T. V, pp. 121–136.
- MYCZYŃSKI, M. 1977. Lower Cretaceous ammonites from Sierra del Rosario (Western Cuba). *Acta Palaentológica Polónica*, vol. 22, No. 2, pp. 139–173; láms 3–9, 5 figs.
- ZEUSS, A. 1986. Comments on Tentative Correlation Chart for the Most Important Marine Provinces at the Jurassic/Cretaceous Boundary. *Acta Geológica Hungárica* 29 (1–2), pp. 27–30.

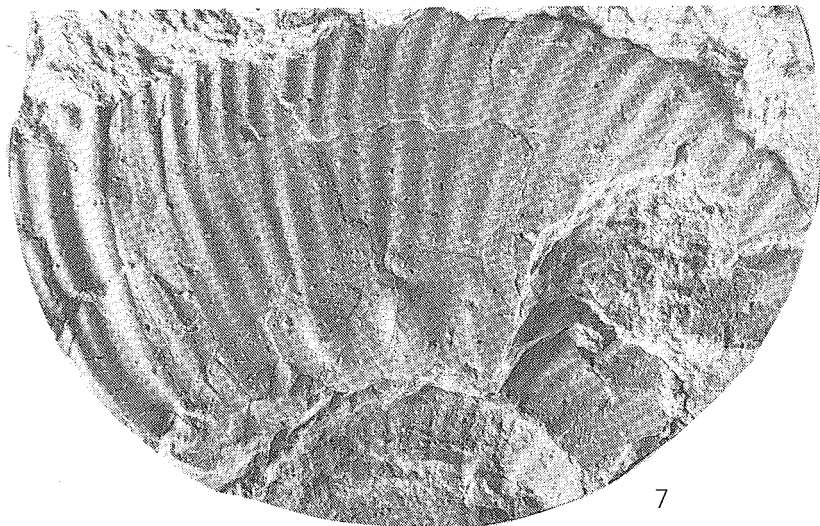
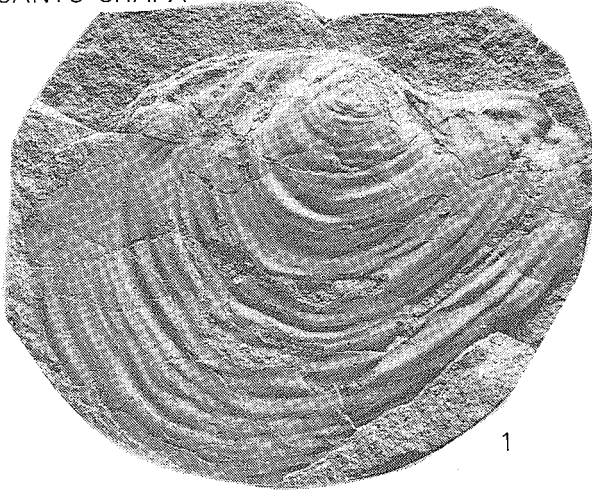
LAMINA I

- Fig. 1 *Inoceramus bassei* Lecolle, Pozo Corral 1, núcleo 2 (4 682–4 691 m), Noreste de México. Titoniano Superior.
- Figs. 2 y 6 *Mazapilites* sp., Pozo Huizotate 8, núcleo 1 (2 910–2 919 m), Poza Rica, Ver. Titoniano Inferior.
- Fig. 3 *Mazapilites* sp., Pozo Huizotate 2, núcleo 6 (2 981– 2 990 m), Poza Rica, Ver. Titoniano Inferior.
- Fig. 4 *Salinites* sp., Pozo Sultepec 1, núcleo 2 (2 150–2 159 m), Poza Rica, Ver. Titoniano Superior.
- Fig. 5 *Durangites* sp., Pozo Paras 1, núcleo 3 (4 007–4 016 m) Noreste de México. Titoniano Superior.
- Fig. 7 *Proniceras* sp., Pozo San Javier 3, núcleo 2 (3 349–3 350 m), Noreste de México. Titoniano Superior.

Todas las figuras son 1.2 veces mayor que los originales.

CANTU CHAPA

LAMINA I



LAMINA II

- Fig. 1 *Haploceras* sp., Pozo Mirasol 1, núcleo 5 (3 490–3 499 m), Noroeste de México. Titoniano Superior.
- Fig. 2 *Lamellaptychus* sp., Pozo Mirasol 1, núcleo 5 (3 490–3 499 m), Noroeste de México. Titoniano Superior.
- Fig. 3 *Spiticeras* sp., Pozo Palma Sola Norte No. 1, núcleo 6 (2 357–2 361 m), Poza Rica, Ver. Berriasiano.
- Fig. 4 *Mazapilites* sp., Pozo Huizotate 2, núcleo 6 (2 981–2 990 m), Poza Rica, Ver. Titoniano Inferior.
- Fig. 5 *Proniceras* sp., Pozo Corral 1, núcleo 1 (4 652–4 661 m), Noreste de México. Titoniano Superior.
- Fig. 6 *Salinites* sp., Pozo Paras 1, núcleo 3 (4 007–4 016 m), Noreste de México. Titoniano Superior.
- Fig. 7 *Substeueroceras* sp., Pozo Camotal 1, núcleo 4 (488–489 m), Distrito de Tampico. Titoniano Superior.
- Fig. 8 cf. *Parodontoceras* sp. y *Salinites* sp., Pozo San Javier 3, núcleo 2 (3 349–3 358 m). Noreste de México. Titoniano Superior.

Todas las figuras son 1.2 veces mayor que los originales.

