

Resultados Bioestratigráficos en el Intervalo Aptiense-Mastrichtiense en la Cuenca del Lago de Maracaibo y sus Implicaciones en la Evolución Tectónica del Área.

A. FARIAS¹, J. MEDINA²; Y. MEDINA²; A. CHACON²

1: PDVSA Intevep, Los Teques, Miranda, Apdo.76343, Venezuela

2: PDVSA División Occidente, Maracaibo, Venezuela.

ABSTRACT

El Cretácico inferior comienza en el área, con la sedimentación de la Formación Río Negro, seguidos por los sedimentos de plataforma del Grupo Cogollo (Apón, Lisure y Maraca), que gradan hacia los Andes a los sedimentos clásticos de la Formación Aguardiente. Posteriormente se deposita La Formación La Luna (Cenomaniense-Campaniense), que grada hacia los Andes en su parte inferior, al intervalo de limolitas y lutitas de la Formación Capacho. La sedimentación de la Formación La Luna culmina con el Miembro Tres Esquinas, para posteriormente depositarse la Formación Colón durante el Campaniense a Maastrichtiense.

La integración bioestratigráfica de datos procedentes de pozos y secciones de superficie localizados en el área de estudio, nos permiten presentar los siguientes resultados:

- Diacronismo en la base/tope de la Formación La Luna (Oeste-Este): inicia sedimentación mas temprano en Perijá y culmina mas tardíamente hacia Los Andes.
- Hiatus en los contactos Luna/Maraca y Luna/Miembro Tres Esquinas, así como intra Formación La Luna
- Diacronismo? y/o hiatus? (Oeste-Este) en la base de la Formación Apón.
- Ocurrencia diferencial de eventos anóxicos locales? y/o globales?: en Perijá: Aptiense, Cenomaniense-Turonense, Coniaciense-Santonense. En los Andes: Albiense tardío-Cenomaniense?, Santonense-Campaniense temprano.

La presencia de hiatus asociados a la sedimentación diacrónica de las unidades nos permite concluir el posible control tectónico de estructuras presentes y existencia de episodios ocasionales de inversión en fallas presentes en el área (Icotea, Pueblo-Viejo, Valera), asociados quizás a cambios intermitentes en el movimiento entre las placas (obducción/subducción) durante la evolución tectónica del Caribe.

INTRODUCCION

La Cuenca del Lago de Maracaibo de forma triangular, contiene una columna sedimentaria que va desde el Mesozoico al Cenozoico. Se localiza en el borde norte de Suramerica, limitada al Oeste por la Sierra de Perijá, al Este por los Andes de Mérida y al Norte conecta directamente con el Mar Caribe.



Fig. 1: Mapa del Área

La integración bioestratigráfica de datos procedentes de dos secciones de superficie, Río Maraca en Perijá, Río Guaruríes en Mérida y algunos resultados preliminares de un pozo, localizado al este del Lago de Maracaibo (ver Fig. 1), así como resultados publicados por algunos autores: Rey et al, 2004 y Galea, 1989; (Formación La Luna en los Andes); Alberdi & Toco, 1999 (Miembro Machiques de la Formación Apón en Perijá); Canache et al, 1994 (Formación Maraca en Perijá); Tribouillard et al, 1991 (Formación La Luna Lara-Trujillo); Mongenet et al, 1996 (Formación La Luna Venezuela Occidental); Perez et al, 1996 (Formación La Luna en Perijá); De Romero et al, 2003 (Formación La Luna, Cuenca de Maracaibo y Los Andes de Mérida); Erlich et al, 1999 y 2000 y Zapata et al, 2003 entre otros.

El intervalo Cretácico Inferior en la Sierra de Perijá, Barremiense-Aptiense, comienza con la Formación Río Negro o clásticos basales, seguidos por los sedimentos de plataforma del Grupo Cogollo (Apón, Lisure y Maraca), los cuales gradan hacia los Andes a una secuencia clástica de plataforma interna conocida como la Formación Aguardiente.

En Perijá posterior al Grupo Cogollo, se deposita La Formación La Luna entre el Cenomaniense al Santoniense, la cual gradúa hacia la parte de los Andes, en su parte inferior al intervalo de limolitas y lutitas de la Formación Capacho, para posteriormente comenzar a depositarse La Luna en esta parte durante el Turoniense tardío al Campaniense. La sedimentación de la Formación La Luna culmina con el Miembro Tres Esquinas.

Posteriormente durante el Maastrichtiense-Paleoceno se depositan los sedimentos lutíticos y clásticos de la Formación Colón-Mito Juan de manera diacrónica, siendo más joven hacia el este, lo cual documenta la formación de una cuenca de antepaís en Venezuela occidental como resultado del levantamiento de la Cordillera Central debido a la colisión arco-continente en el borde oeste de Colombia (Roure et al, 1997)

EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL: OCCIDENTE DE VENEZUELA

La evolución tectónica de la cuenca comienza con la formación y consolidación del basamento ígneo-metamórfico del cratón Suramericano durante los eventos orogénicos Hercinianos y del Tethys durante el Paleozoico superior con la formación del supercontinente Pangea (Nelson et al. 2000)

En tiempos previos al Jurásico y como consecuencia de la separación de la placa Norte y Suramericana durante la formación del Proto-Caribe, se comienzan a formar paleograbens o surcos (Machiques, Centro Lago, Uribante y Barquisimeto) (Ver Fig. 2).

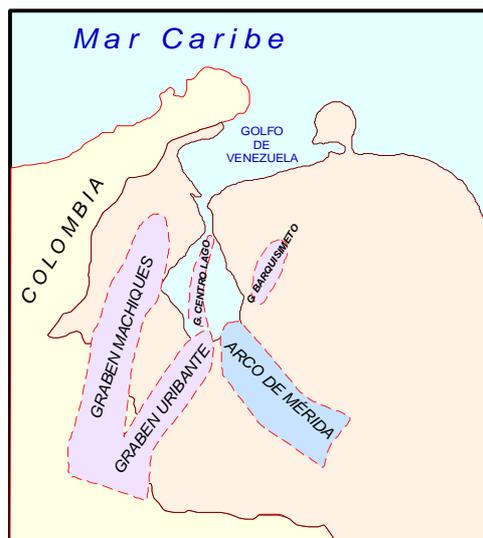


Fig. 2: Principales grabens y Arco de Mérida en Venezuela Occidental

Este evento de separación o rifting está relacionado con la formación de varias fallas y estructuras importantes, las cuales controlaron la sedimentación en los paleograbens: Arco de Mérida, de edad Paleozoica y orientación NO-SE, y fallas tales como, Icotea (IF), Pueblo Viejo (PVF) y Valera (VF), Urdaneta (UF), Mara (MF) de orientación NNE-SSO (ver Fig. 1) (Bartok et al, 1981; Lugo, 1992 y 1994; Pöppelreiter et al, 2005). Desde el Jurásico hasta el Eoceno inferior a medio el desplazamiento de las fallas es normal, reactivadas durante toda la etapa de subsidencia tectónica que comenzó en el Cretácico (Lugo, 1992; Lugo & Mann, 1995).

Algunos trabajos publicados recientemente (Ostos et al, 2005) observan un posible evento de reactivación de estas fallas (tectónica de fallamiento de bloques) en el Cretácico temprano, el cual es relacionado a la colisión de la Placa de Nazca con el borde Oeste de Colombia. Estos autores se basan en evidencias estratigráficas tales como: cambios fuertes en los espesores de la secuencia sedimentaria Río Negro-Apón a través de la cuenca, entre los diferentes surcos (en Perijá: 1 Km en promedio, en Uribante: decenas de metros, MEM, 1997), así como ausencia de las capas rojas (Fm. La Quinta) por debajo de los clásticos basales de la Fm. Río Negro, debido a erosión o presencia de fallas.

Así también, Murat & Azpíritxaga (1995) y Bartok et al (1981), observaron disminución en los espesores del oeste hacia el este influenciada por el Arco de Mérida.

Mientras continúa la separación de Norte y Suramérica y durante la transgresión Cretácica, se terminan de depositar los sedimentos de plataforma del Grupo Cogollo, en cuyo intervalo se reconocen al menos seis secuencias de tercer orden (Murat & Azpíritxaga, 1995) que culminan con la Formación Maraca durante el Albiense tardío, en cuyo tope algunos autores han detectado la presencia de un hiatus, de al menos 4 ma., el cual relacionan a movimientos tectónicos entre placas durante la evolución tectónica del Caribe (Canache et al, 1994; Farias et al, 1996 y 2000; Cooney & Lorente, 1997)

En el Cretácico Superior, durante el pico máximo de la transgresión, se produce la sedimentación de lutitas y calizas de la Formación La Luna en condiciones marinas euxínicas, con un alto contenido de materia orgánica, las cuales favorecieron la sedimentación de una de las rocas madres más ricas del mundo. El final de este ciclo de máxima transgresión es marcado en la Cuenca de Maracaibo por los sedimentos del Miembro Tres Esquinas (tope de la Formación La Luna).

Durante el Maastrichtiense-Paleoceno se comienza a formar una cuenca de antepaís en

Venezuela occidental como resultado del levantamiento de la Cordillera Central debido a la colisión arco-continente en el borde oeste de Colombia (Roure et al, 1997), en la cual se inicia la sedimentación de la secuencia lutítico-clástica Colón-Mito Juan, de manera diacrónica hacia el este.

EVENTOS ANÓXICOS GLOBALES (OAEs) Y SU CRONOLOGIA EN EL OCCIDENTE DE VENEZUELA

El término "Eventos Anóxicos Globales" (OAE, Organic Anoxic Event, por sus siglas en inglés) fue usado por primera vez hace veintisiete años por Schlanger & Jenkyns (1976) para definir y caracterizar intervalos isocronos y correlativos depositados a nivel regional o global, extremadamente ricos en materia orgánica (TOC > 1%). Entre estos eventos se reconocen el del Jurásico temprano (Toarcian) y los del Cretácico, de los cuales están: Aptiense/Albiense (OAE1), Cenomaniense/Turonense (OAE2) y Coniaciense/Santonense OAE3 (Jenkins, 1980 y 1988).

Avances recientes en los estudios estratigráficos permitieron mejorar la datación y subdividir el evento OAE1 en cuatro eventos: OAE1a (Aptiense temprano), OAE1b (Albiense temprano), OAE1c (Albiense medio?) y OAE1d (Albiense tardío).

De todos estos eventos, sólo se reconocen como de naturaleza global el del Jurásico (Toarcian), y en el Cretácico, el OAE1a y el OAE2, mientras los otros son de naturaleza mas regional, aunque en un futuro, éstos pudieran llegar a ser reconocidos como globales.

Estos están caracterizados por presentar excursiones positivas y negativas de la relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, así como marcadas anomalías, tanto en las relaciones isotópicas de carbono (δC^{13}), oxígeno (δO^{18}), como de carbono total (TOC). Los factores reales que provocan estos eventos aún no se conocen. Recientemente varios autores (Bralower et al, 1997; Jones & Jenkins, 2001; Leckie et al 2002) han relacionado estos eventos con períodos de mayor actividad ígnea y volcánica en el record geológico, como pueden ser: formación de placas y/o grandes emplazamientos ígneos (LIPs): Placa Caribe, Ontong Java, Kerguelen y Parana-Etendeka entre otros (Erba, 2004). Estos eventos ígneo/volcánicos incrementan la cantidad de CO_2 en la atmosfera, que produce clima de invernadero (Greenhouse) y como consecuencia se aceleran los procesos de erosión y meteorización que incrementan el aporte de nutrientes en los océanos por las descargas de los ríos, aumentando la productividad en los

océanos y posterior sedimentación de materia orgánica en los mismos.

Así también se ha observado que pueden estar asociados tanto a periodos transgresivos, es decir alta productividad, anoxia en los fondos marinos (relacionados algunas veces a eventos de extinciones biológicas) y posterior sedimentación de grandes cantidades de materia orgánica tipo II; y/o a periodos regresivos, asociados a un mayor aporte sedimentario por los ríos, incremento de nutrientes y de la productividad biológica en los océanos, y se depositan tanto materia orgánica tipo II como III. (Hofman et al, 2001; Heimhofer et al, 2006; Erba, 2004)

En Venezuela en los últimos años varios autores han estudiado y caracterizado estos eventos en la columna Cretácica, ya sea desde el punto de vista geoquímico o en trabajos integrados de geoquímica, sedimentología y bioestratigrafía. La mayoría de ellos han sido concentrados en la principal roca madre en Venezuela Occidental, como lo es la Formación La Luna: De Romero et al (1995) y (2003); Trivovillard et al (1991); Perez, et al (1996); Davis et al (1994) y (1999); Mongenot et al (1996); Canache et al (1994); Farias et al (1996) y (2000); Rey et al (2004); Alberdi & Toco (1999); Erlich et al (1999) y (2000) y Zapata et al (2003) entre otros.

Entre los resultados bioestratigráficos que se presentan en este trabajo, están los obtenidos en las secciones de superficie de Río Maraca (Perijá), Río Guarurías (Mérida) y un pozo (Zulia Oriental), los cuales se presentan de manera sintetizada, en las Figuras 4 a la 7 respectivamente.

En cada una de estas figuras se correlacionan los resultados bioestratigráficos que fueron publicados por Farias et al (2000), con los eventos anóxicos, los cuales han sido tomados y resumidos de trabajos publicados que caracterizan desde el punto de vista geoquímico e isotópico las principales unidades litoestratigráficas aquí estudiadas, entre las que se tienen: Miembro Machiques de la Formación Apón, Miembro La Grita de la Formación Capacho y Formación La Luna (Alberdi & Toco, 1999; Erlich, et al, 1999 y 2000; Perez et al, 1996; De Romero et al 2003; Davis et al 1994; Rey et al, 2004; Mongenot et al 1996 y Zapata et al, 2003).

La zonaciones usadas en este estudio son aquellas presentadas por Burnet (1998); Bown et al (1998); Sliter (1989), Premoli & Sliter (1999) y Bralower et al (1995). La correlación de estas zonaciones es consistente con la escala de tiempo de Gradstein et al, 1995.

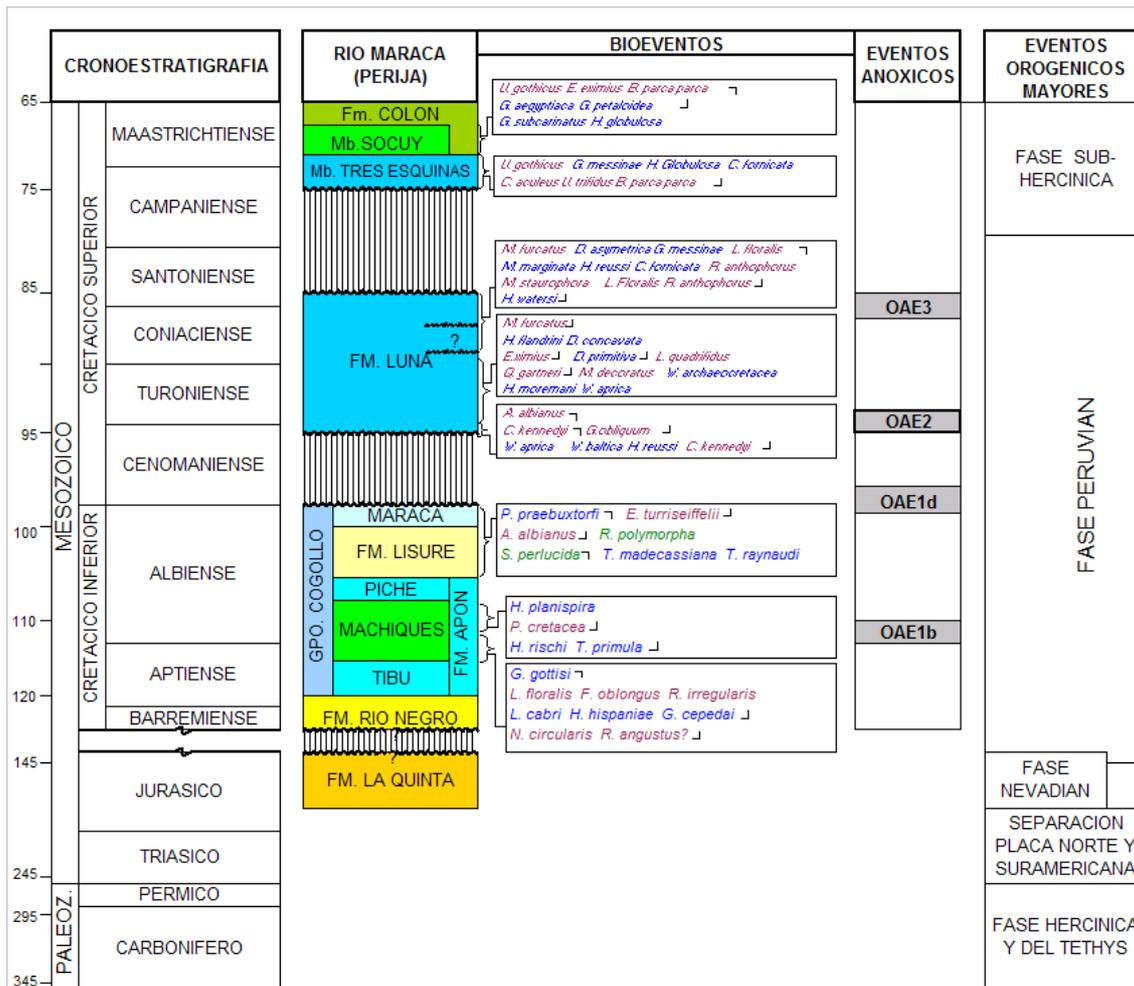


Figura 4: Principales bioeventos presentes en la sección de superficie de Río Maraca en Perijá (Farias et al, 2000). Cronoestratigrafía: Gradstein et al (1995), Zonaciones y su correlación: Bralower et al (1995), Bown et al (1998), Burnet (1998), Premoli & Sliter (1999) y Sliter (1989).

En este trabajo sólo se detallaran los resultados bioestratigráficos obtenidos en el núcleo del pozo ubicado en Zulia Oriental (Farias et al 2006 inédito) y en la sección de Río Guaruríes en Mérida, en la cual se expone la integración bioestratigráfica de las especialidades de nanoplancton y foraminíferos.

En la Sección de Río Maraca en Perijá la edad para el Miembro Machiques de la Formación Apón en esta sección es Aptiense tardío a Albiense temprano. El Miembro Piche resulto estéril, sin embargo, se logro datar el intervalo correspondiente a la Formación Lisure y la Formación Maraca, las cuales son de edad Albiense medio a tardío.

En cuanto a la Formación La Luna ésta es de edad Cenomaniense tardío a Santoniense temprano, evidenciándose la discordancia de al menos 4 ma., entre la Formación Maraca (infrayacente) y la base de la Formación La Luna y una discordancia al tope, de al menos 9 ma.,

entre el tope de la Formación La Luna 'sensu lato' y el Miembro Tres esquinas, el cual es de edad Campaniense tardío. En la Figura 4 se pueden observar el orden de los bioeventos y su correlación con la cronoestratigrafía.

Desde el punto de vista geoquímico, Perez et al (1996), realizó un estudio en esta misma sección y presenta en el mismo dos excursiones isotópicas (δC^{13}), una localizada en el Cenomaniense-Turoniense y otra en el Coniaciense-Santoniense, las cuales correlaciona con los eventos anóxicos OAE2 y OAE3 respectivamente. Así también De Romero et al (2003) observa un evento en el Cenomaniense-Turoniense en dos pozos localizados al oeste de la sección estudiada y el cual correlaciona con el evento anóxico OAE2.

En la sección de Río Guaruríes en Mérida se analizaron alrededor de ciento cincuenta muestras para las especialidades de nanoplancton calcáreo y foraminíferos (estos

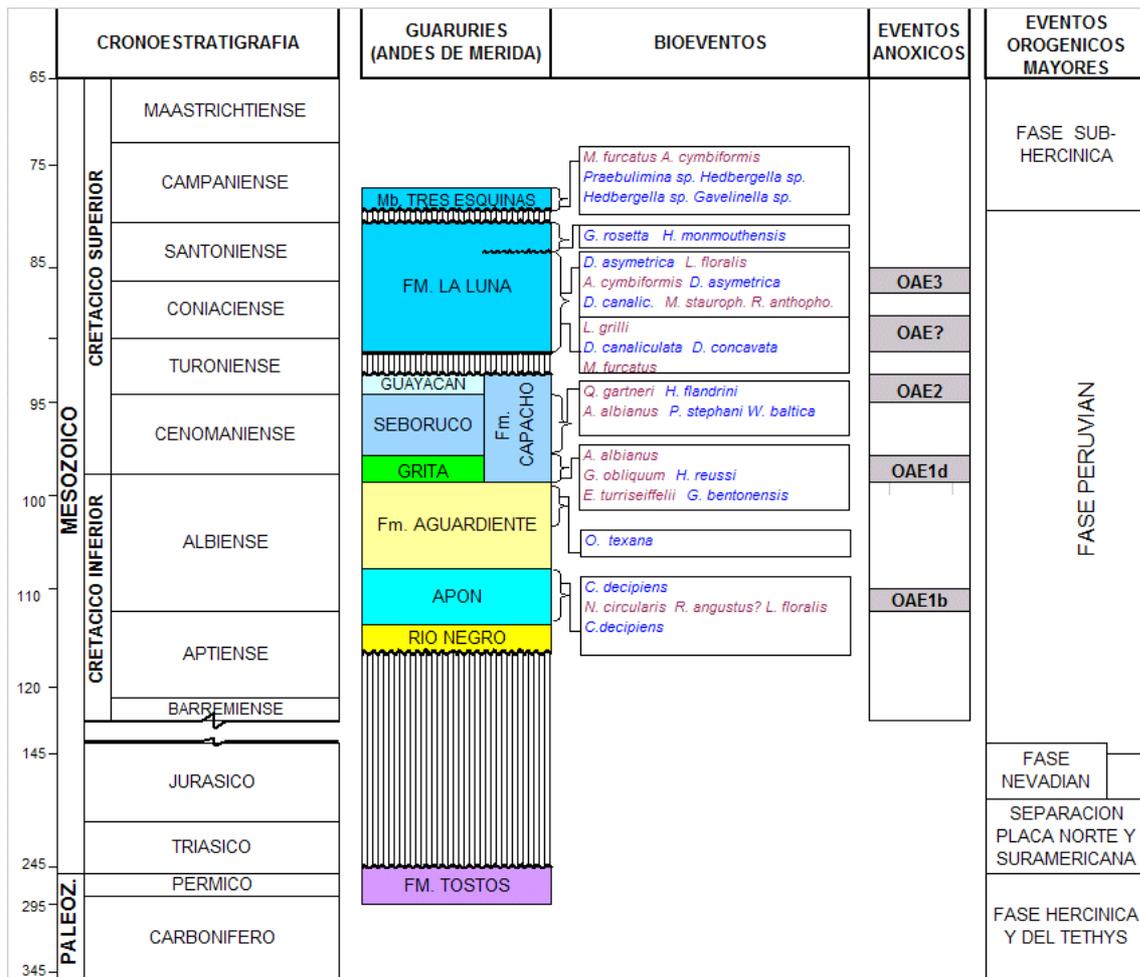


Figura 5: Principales bioeventos presentes en la sección de superficie de Río Guarurries en Mérida (Farias et al, 2000). Cronoestratigrafía: Gradstein et al (1995); Zonaciones y su correlación: Bralower et al (1995), Bown et al (1998), Burnet (1998), Premoli & Sliter (1999) y Sliter (1989)

últimos integrados recientemente a la interpretación, no fueron tomados en Farias et al, 2000), cuyos resultados se muestran en la Figura 5

En esta sección la Formación Apón se interpreta con una edad de Aptiense tardío a Albiense por la presencia de los nanofosiles *Nannoconus circularis*, *Rhagodiscus angustus?* y *Lithatrinus floralis*, así como la especie de foraminífero *Choffatella decipiens*.

La Formación Aguardiente no presento fósiles, con la excepción de algunos pocos especímenes de *Orbitolina concava texana*, la cual en Venezuela, normalmente está restringida al Aptiense-Albiense (Grupo Cogollo y Formaciones Apón y Aguardiente).

La base del Miembro La Grita en esta sección es Albiense tardío en base a la primera ocurrencia del nanofosil *Eiffellithus turriseiffelii* junto con el foraminífero *Globigerinelloides*

bentonensis. La parte media y tope de este miembro es de edad Cenomaniense por la primera ocurrencia del nanofosil *Gartnerago obliquum* junto con la primera ocurrencia del foraminífero *Heterohelix reussi* seguido por la presencia del *Axopodorhabdus albianus*.

El Miembro seboruco en su base y parte media es de edad Cenomaniense a Turoniense por la presencia de la última ocurrencia estratigrafica del nanofosil *Axopodorhabdus albianus* junto con los foraminíferos *Praeglobotruncana stephani* y la *Whiteinella baltica*, seguida hacia su parte media por la primera ocurrencia del nanofosil *Quadrum gartneri* junto con el foraminífero *Hedbergella flandrini*. La parte superior del Miembro Seboruco y todo el Miembro Guayacan resultaron estériles en contenido fósil por lo que no se pudo datar el tope de la Formación Capacho

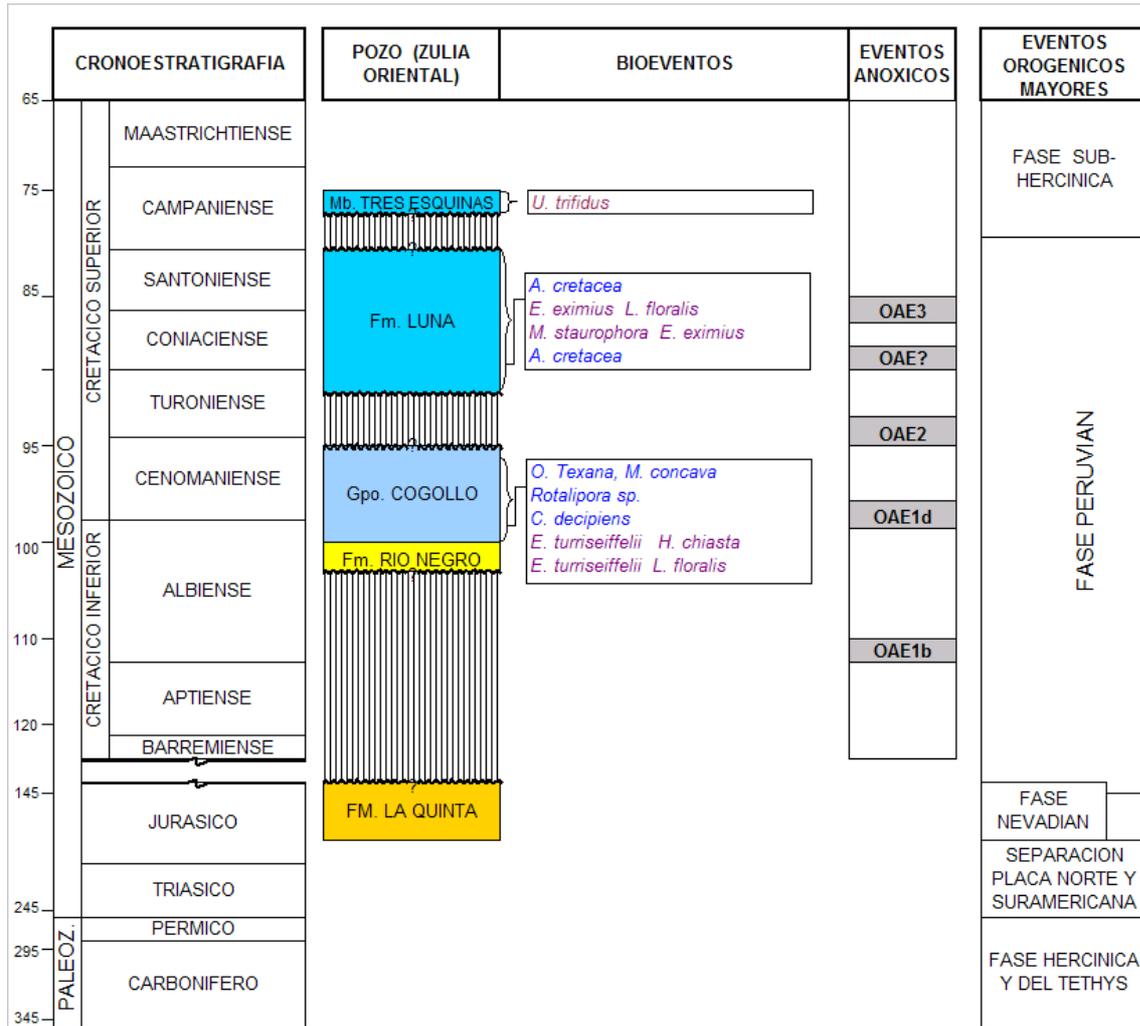


Figura 6: Principales bioeventos presentes en el Pozo de Zulia Oriental (Farias et al, 2006). Cronoestratigrafía: Gradstein et al (1995); Zonaciones y su correlación: Bralower et al (1995), Bown et al (1998), Burnet (1998), Premoli & Sliter (1999) y Sliter (1989)

En cuanto a la Formación La Luna, la edad de su base en esta sección es de edad Turoniense tardío por la presencia de la primera ocurrencia del *Marthasterites furcatus*. Un poco más arriba se presentan las primeras ocurrencias de los foraminíferos *Dicarinella canaliculata*, seguida por la *Dicarinella concavata* de edad Coniaciense, seguidas por las ocurrencias de los nanofosiles, *Lithastrinus grilli*, *Micula staurophora* y *Reinhardtites anthophorus*.

Posteriormente la entrada al Santoniense se evidencia por las primeras apariciones de la *Dicarinella asymetrica* junto con la *Arkhangelskiella cymbiformis* y la última ocurrencia del *Lithastrinus floralis*.

Hacia el intervalo correspondiente al tope de la Formación la Luna se evidencia una discordancia, ya que pone directamente en

contacto foraminíferos de la Zona *Dicarinella asymetrica* con foraminíferos de la Zona de la *Globotruncana ventricosa*, tales como la *Globotruncana rosetta* y la *Hedbergella monmouthensis*. Así también se nota en este intervalo algunos foraminíferos retrabajados, tal como el *Heterohelix reussi*, el cual tiene su última aparición durante la Zona de la *Dicarinella asymetrica*.

El Miembro Tres esquinas en esta sección es de edad Campaniense temprano en su parte más tardía, tomando en cuenta la edad del intervalo infrayacente y con la presencia del nanofosil *Marthasterites furcatus*, probablemente retrabajado, junto con la *Arkhangelskiella cymbiformis*, esta última, cuyo rango va hasta el Maastrichtiense (Burnet, 1998).

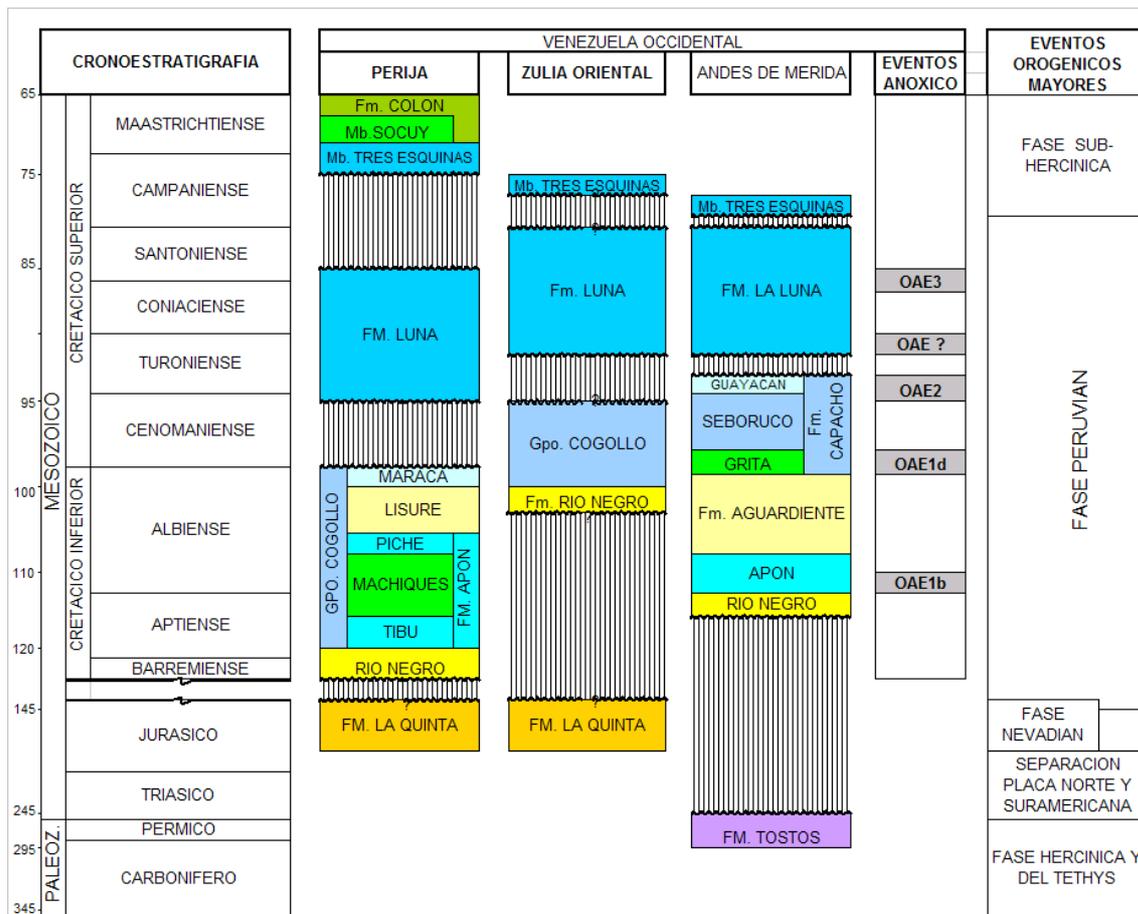


Figura 7: Cuadro Cronoestratigráfico que muestra la correlación de las principales unidades litoestratigráficas del Mesozoico y Paleozoico en Venezuela Occidental. Cronoestratigrafía: Gradstein et al (1995). Estratigrafía y la correlación con los eventos anóxicos del Cretácico: Farias, A. (este trabajo).

En cuanto a los resultados geoquímicos para esta sección, Erlich et al (1999b) observó un pico de COT hacia el Albiense tardío, en esta misma sección, el cual corresponde al Miembro La Grita de la Formación Capacho y dos más hacia la Formación La Luna, uno hacia la base, el cual correlacionó con el evento Turoniense - Coniaciense (OAE?) y el otro con el evento OAE3, en el Coniaciense-Santoniense.

Así también otros autores, tal como Rey et al (2004) registran un evento isotópico hacia el Coniaciense-Santoniense en una sección de superficie cercana (Río San Miguel). Zapata et al (2003), en la sección de Las Hernández en Mérida, también observa este mismo evento.

En el Pozo de Zulia Oriental se realizó un estudio bioestratigráfico integrado que incluyó el análisis de noventa muestras de núcleo, cuyos resultados preliminares se resumen en la Figura 6.

Entre los resultados más importantes se observa como el inicio del Grupo Cogollo ocurre

de manera más tardía hacia el este de la Cuenca de Maracaibo (Zulia Oriental), en el Albiense tardío, evidenciada por la presencia hacia la base de esta unidad de los nanofosiles *Eiffellithus turriseiffelii* junto con *Lithastrinus floralis* y *Helenea chiesta*, así como la especie de foraminífero *Choffatella decipiens*.

Hacia la parte media superior también se encuentran presentes algunos especímenes de *Orbitolina concava texana*, los cuales son comunes tanto en el Grupo Cogollo, así como en la Formación Aguardiente en los Andes.

Hacia el tope no se pudo datar la unidad. Sin embargo hacia la base de la Formación La Luna, la presencia del foraminífero *Archaeoglobigerina cretacea* me indicaría una edad de Turoniense tardío y hacia el tope la presencia de los nanofosiles *Micula staurophora*, *Lithastrinus floralis*, *Eiffellithus eximius* y el foraminífero *Archaeoglobigerina cretacea* determinan una edad de Santoniense tardío a Campaniense temprano.

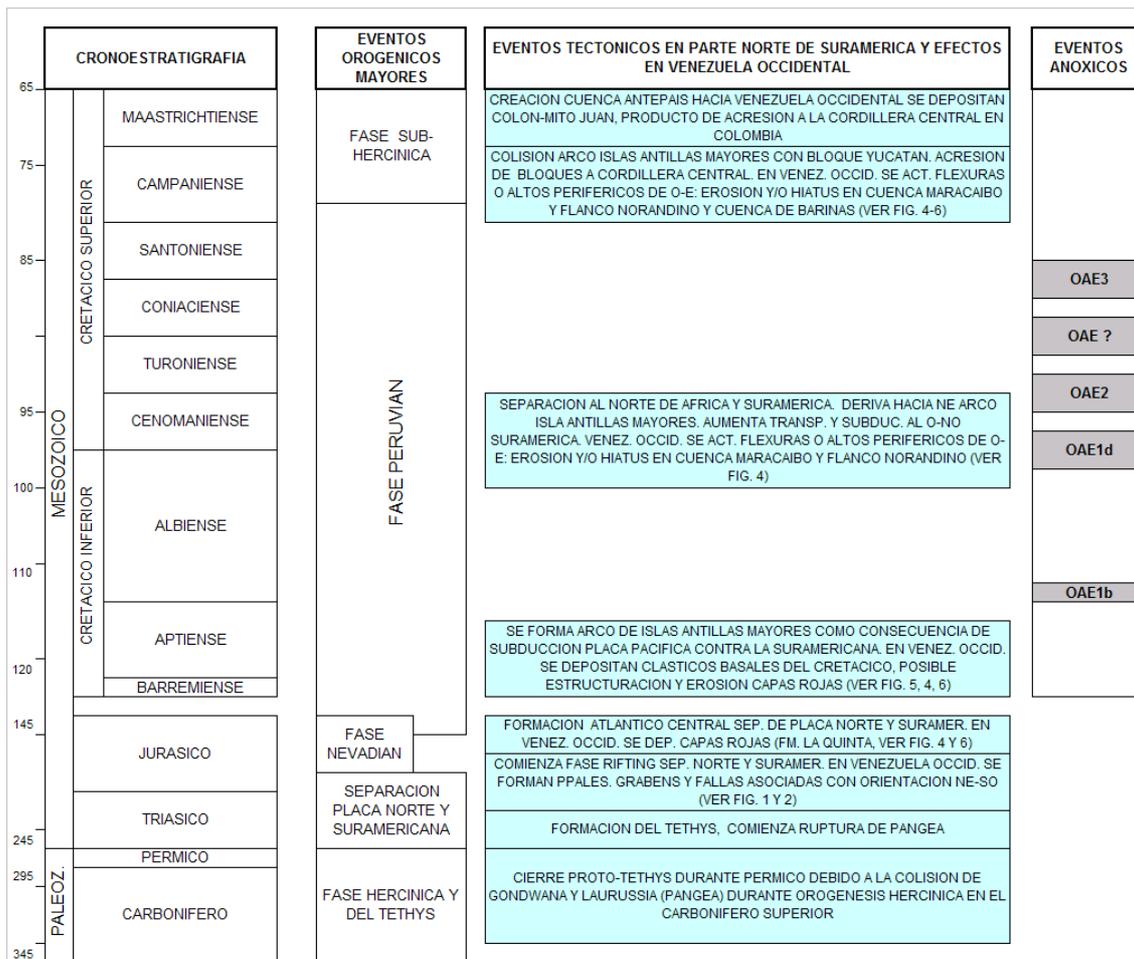


Figura 8: Síntesis de los eventos orogénicos mayores y sus efectos tectónicos en la parte norte de Sur-América y Venezuela Occidental (Jacques, 2003a,b; Lugo & Mann, 1995; Lugo, 1992 y Roure et al, 1997) y su correlación con los eventos anóxicos del Cretácico (Fariás, A. este trabajo)

DISCUSION DE RESULTADOS

Hacia la parte más superior del núcleo, en una muestra muy abundante en glauconita, se observa la presencia del nanofosil *Uniplanarius trifidus*, el cual define una edad de Campaniense tardío a Maastrichtiense temprano, para esta parte de la unidad, la cual se ha interpretado como posiblemente perteneciente al Miembro Tres Esquinas? de la Formación La Luna.

Para este pozo en específico no existen datos desde el punto de vista isotópico en los trabajos publicados, sin embargo De Romero et al (2003), presenta resultados de la sección de superficie La Peña/San Felipe, localizada hacia el este del pozo estudiado, la cual registra una excursión isotópica positiva en el límite Turoniense-Santoniense y otro hacia el tope (aumento de la curva hacia el tope) que quizás se correspondería con el OAE3 (Coniaciense-Santoniense).

En el cuadro cronoestratigráfico mostrado en la Figura 7, se observa la correlación entre las principales unidades litoestratigráficas expuestas en las secciones estudiadas: Maraca en Perijá, Guaruríes en los Andes de Mérida y un Pozo en Zulia Oriental. En esta figura se evidencia el carácter diacrónico tanto de la base como del tope de la Formación La Luna, la cual se comienza a depositar hacia Perijá en el Cenomaniense tardío y culmina en el Santoniense temprano y hacia Los Andes comienza en el Turoniense tardío y culmina en el Santoniense tardío.

El tope de la Formación Maraca también es diacrónico, la cual termina su sedimentación en Perijá en el Albiense tardío y hacia Zulia Oriental en el Cenomaniense? y hacia los Andes, el equivalente lateral o Miembro Guayacán de la Formación Capacho, en el Turoniense temprano.

En cuanto al intervalo correspondiente a la erosión y/o hiatus?, presente tanto hacia la base como al tope de la Formación La Luna, se observa como este disminuye de oeste a este (Base: 4 ma. en Perijá a 1-2 ma. en Los Andes; Tope: 9 ma. en Perijá y 4-5 ma. en los Andes), evidenciando así su relación directa con los eventos tectónicos que se presentaron hacia el oeste de la placa Sur-Americana (ver Figura 8), lo cual provocó la migración de flexuras o altos periféricos hacia el este en Venezuela Occidental.

Con respecto a los eventos anóxicos, también se observa una migración temporal de las condiciones de profundización (transgresión) de oeste hacia el este (OAE2 en Perijá y OAE?-OAE3 en los Andes), los cuales también estarían relacionados al incremento de la carga tectónica al oeste y la migración de esta cuenca paulatinamente hacia el este, en Venezuela Occidental.

En el Cretácico inferior la situación pareciera ser distinta, ya que hacia la base del Albiense en Perijá se presenta un evento anóxico (OAE1b), que hacia Zulia Oriental y Los Andes no se evidencia, el cual en este trabajo lo relacionamos a la acción conjunta entre el Alto de Mérida y las fallas presente hacia el este de la Cuenca de Maracaibo, es decir, la falla de Pueblo Viejo y probablemente la de Valera, las cuales se reactivaron (inviertieron?) debido al choque de la Placa de Nazca con el oeste de Colombia y que hacia los Andes se evidencia con erosión y contacto discordante de los clásticos basales Cretácicos sobre la Formación Tostos, así como disminución de los espesores hacia el este (Ostos et al, 2005) y que Lugo (1994), observa de manera errada a nuestro entender, muy tardía, quizás debido a que en su momento no contaba con los datos que hoy están disponibles.

Trabajos recientes tales como el de Castillo et al (2002) observan o predicen una superficie de karst hacia el Cretácico 'Medio' en la parte sur-sur-este del Lago de Maracaibo, el cual pudiera también estar relacionado a este mismo evento.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra el carácter diacrónico tanto de la Formación La Luna, nuestra principal roca madre, así como de las unidades superiores del Grupo Cogollo, las cuales son reservorio hacia la parte oeste de la Falla de Icotea.

Los resultados de la integración de los estudios bioestratigráficos de alta resolución con los estudios geoquímicos han aportado evidencias concretas para datar los diferentes

eventos tectónicos en el área de Venezuela Occidental.

La ocurrencia diferencial de los eventos anóxicos OAE2 y OAE3 en la Formación La Luna entre Perijá y Los Andes, evidencia el control tectónico en el área, con la migración de la cuenca de oeste hacia este.

Hacia el Cretácico inferior se recomienda continuar con los trabajos bioestratigráficos y geoquímicos integrados, lo cual ayudaría a definir mejor los eventos tectónicos y su relación potencial en la predicción de posibles nuevos reservorios en el área de Venezuela Occidental.

Arelis Farias
PDVSA Intevep
Bioestratigrafo Integrador, Especialista
en Nanoplancton Calcáreo
Gerencia de Exploración y
Caracterización de Yacimientos.
Los Teques Edo. Miranda
Apdo. 76343, Caracas 1070^a
Venezuela.
Email: fariasahk@pdvsa.com

REFERENCIAS

- Alberdi-Genolet, M., Tocco, R.,** 1999, Trace metals and organic geochemistry of the Machiques Member (Aptian-Albian) and La Luna Formation (Cenomanian-Campanian), Venezuela. *Chemical Geology* 160,19-38.
- Bartok, P., Reijers, T.J.A., Juhasz, I.,** 1981, Lower Cretaceous Cogollo Group, Maracaibo Basin, Venezuela: sedimentology, diagenesis and petrophysics. *AAPG Bulletin*, vol. 65, N°6, 1110-1134.
- Bown, P.R., Rutledge, D.C., Crux, J.A., Gallagher, L.T.,** 1998. Lower Cretaceous. En: Bown, P. R. (Ed.). *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropaleontological Society Publications Series. Chapman & Hall. pp. 86-131.
- Bralower, T. J., Leckie, R.M., Sliter, W., Thierstein, H.,** 1995, An integrated Cretaceous microfossil biostratigraphy. *Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. SEPM Special Publication No. 54, 65-79.
- Bralower, T. J., Fullagar, P.D., Paull, C.K., Dwyer, G.S., Leckie, R.M.,** 1997. Mid-Cretaceous strontion-isotope stratigraphy of deep-sea sections. *Geol. Soc. Am. Bull.* 109, 1421-1442.
- Burnett, J. A.** 1998. Upper Cretaceous. En: Bown, P. R. (Ed.). *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropaleontological Society Publications Series. Chapman & Hall. pp. 132-199.
- Canache, M., Pilloud, A., Truskowski, I., Crux, J., & Gamarra, S.** 1994, Revisión Estratigráfica de la Sección Cretácica del Río Maraca, Sierra de Perija, Venezuela., V Simposio Bolivariano, Exploración en las Cuencas Subandinas, Mem., 240 – 241.
- Castillo, M.V., Mann, P., Bally, A.,** 2002, Deeply Buried, Mid-Cretaceous Limestone Karst Surface, Southern Maracaibo Basin, Inferred from 3D Seismic Reflection Data. *AAPG Annual Meeting*
- Cooney, P. M. & Lorente, M. A.** 1997, Implicaciones tectónicas de un evento estructural en el cretácico superior (santonense-campanense) de Venezuela occidental. *Mem. VIII Congreso Geológico Venezolano., Soc. Venezolana de Geól.* 1, 195-204.
- Crespo de Cabrera, S. & Jarvis, I.,** 2000, Biostratigraphy, chemostratigraphy and paleoenvironments of Cretaceous petroleum source rocks, western and eastern Venezuela basins. *Extended Abstracts, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Research Conference: Paleogeography and Hydrocarbon Potential of the La Luna Formation and Related Anoxic Systems*. CD, Caracas.
- Davis, C., Pratt, L., Mompert, L., Murat, B.,** 1994, Sedimentary geology and carbon-isotope stratigraphy of Cretaceous marine strata in western Venezuela. V Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, 432-446.
- Davis, C., Pratt, L., Sliter, W., Mompert, L., Murat, B.,** 1999, Factors influencing organic carbon and trace metal accumulation in the Upper Cretaceous La Luna Formation of the western Maracaibo Basin, Venezuela. In: Barrera, E., Johnson, C.C. (Eds.), *Evolution of the Cretaceous Ocean-Climate System*. Special Paper Geological Society of America, vol. 332, 203-230.
- De Romero, L. M. & Galea, Alvarez, F. A.** 1995, Campanian *Bolivinooides* and microfacies from the La Luna Formation, western Venezuela. *Marine Micropaleontology*, 26, 385-404.
- De Romero, L. M., Truskowski, I.M., Bralower, T.J., Bergen, J.A., Odreman, O., Zachos, J.C., Galea-Alvarez, F.A.,** 2003, An integrated calcareous microfossil biostratigraphic and carbon-isotope stratigraphic framework for the La Luna Formation, Western Venezuela. *Palaios* 18, 349-366.
- Erba, E.,** 2004, Calcareous nannofossils and Mesozoic oceanic anoxic events. *Marine Micropaleontology*. 52, 85-106.
- Escalona, A., Mann, P.,** 2003, Paleogene depocenter along the northeast margin of the Maracaibo Basin: structure along an exhumed, Eocene age lateral ramp fault in the Maracaibo Basin, Western Venezuela. *Search and Discovery Article # 30018*
- Erlich, R. N., Macsotay I., O., Nederbragt, A. J. & Lorente, M. A.** 1999a, Paleooceanography, paleoecology, and depositional environments of Upper Cretaceous rocks of western Venezuela. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 153, 203-238.
- Erlich, R. N., Macsotay I., O., Nederbragt, A. J. & Lorente, M. A.** 1999b, Geochemical Characterization of oceanographic and climatic changes recorded in upper Albian to lower Maastrichtian strata, western Venezuela. *Cretaceous Research* 20, 547-581.
- Erlich, R. N., Macsotay I., O., Nederbragt, A. J. & Lorente, M. A.** 2000, Birth and death of the Late Cretaceous "La Luna Sea", and origin of the Tres Esquinas phosphorites. *Journal of South American Earth Sciences* 13, 21-45.
- Farias, A., Pilloud, A., Crux, J., Canache, & M., Truskowski, I.** 1996, Biostratigraphic Study of Calcareous Nannofossils of the La Luna Formation and its Lateral Equivalents in Western Venezuela, Sixth North American Paleontological Convention Abstracts of Papers, Smithsonian Institution, Washington, D.C. June 9-12, 1996.

The Paleontological Society Spec. Pub N° 8, 1996 p. 117.

Farias, A., Crux, J., Pilloud, A., Canache, & M., Truskowski, I. 2000, Biostratigraphic and lithostratigraphic study of the La Luna Formation and its Lateral Equivalents in Western Venezuela. (abs.): Extended Abstracts, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Research Conference: Paleogeography and Hydrocarbon Potential of the La Luna Formation and Related Anoxic Systems. CD, Caracas. 5p.

Farias, A., Medina, J., Medina, Y., Chacon, A., 2006 (Inédito). Resultados Bioestratigráficos de los pozos LB-273, CC-2A y VLC-950, Zulia Oriental. Informe Interno Pdvsa.

Galea-Alvarez, F. A. 1989, Microfacies, edad y ambiente de sedimentación de la formación La Luna, Flanco Norandino, Venezuela. In L. A. Spalletti (ed.), Contribuciones de los Simposios sobre el Cretácico de América Latina. Parte A: Eventos y registro sedimentario. Cent. Invest. Geol. Univ. Nac. La Plata, Argentina, A, 57-73.

Gradstein, F.M.; Agterberg, F.P.; Ogg, J.G.; Hardenbol, J.; Van Veen, P.; Thierry, J. and Huang, Z. 1995. A Triassic, Jurassic and Cretaceous Time Scale. En: Geochronology Times Scales and Stratigraphic Correlation. *Society for Sedimentary Geology (SEPM)*, Special Publication N° 54. pp. 95-126.

Heimhofer, U., Hochuli, P.A., Herrle, J.O., Weissert, H., 2006, Contrasting origins of Early Cretaceous black shales in the Vocontian basin: evidence from palynological and calcareous nanofossils records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 235, 93-109

Hofmann, P., Ricken, W., Schwark, L., Leythaeuser, D., 2001. Geochemical signature and related climatic-oceanographic processes for Early Albian black shales: Site 417D, North Atlantic Ocean. *Cretaceous Research* 22, 243-257.

Jacques, J. M. 2003a, A tectonostratigraphic synthesis of the Sub-Andean basins: implications for the geotectonic segmentation of the Andean Belt. *Journal of the Geological Society, London*, Vol. 160, 687-701.

Jacques, J. M. 2003b, A tectonostratigraphic synthesis of the Sub-Andean basins: Inferences on the position of South American intraplate accommodation zones and their control on South Atlantic opening. *Journal of the Geological Society, London*, 160, 703-717.

Jenkyns, H.C., 1980, Cretaceous anoxic events: from continents to oceans. *J. Geol. Soc. London* 137, 171-188.

Jenkyns, H.C., 1988, The Early Toarcian (Jurassic) anoxic event: stratigraphic, sedimentary and geochemical evidence. *Am. J. Sci.* 288, 10-151.

Jones, C.E., Jenkyns, H.C., 2001. Seawater strontium isotopes, oceanic anoxic events, and seafloor hydrothermal activity in the Jurassic and Cretaceous. *Am. J. Sci.* 301, 112-149.

Leckie, R.M., Bralower, T.J., Cashman, R. 2002. Oceanic anoxic events and plankton evolution: biotic response to tectonic forcing during the mid-Cretaceous. *Paleoceanography* 17 (10.1029/2001PA000623)

Lugo, J. 1992, Historia tectónica a lo largo de los sistemas de fallas de Icoitea y Pueblo Viejo Congress, pp.118-124, Cuenca de Maracaibo, SOVG VI

Lugo, J. 1994, Arco de Mérida: Control tectónico sobre la sedimentación desde el Mesozoico tardío hasta el Cenozoico temprano en el Occidente Venezolano. V Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, 291-310.

Lugo, J., & Mann, P., 1995, Jurassic-Eocene Tectonic Evolution of Maracaibo Basin, Venezuela, in Tankard, et al. Ed., *Petroleum Basins of South America*, AAPG Memoir 62, 699-725.

MEM (Ministerio de Energía y Minas), 1997, Léxico estratigráfico de Venezuela: Caracas, Boletín de Geología, Publicación Especial, v.12 (2), 828 p.

Mongenot, T., Tribovillar, N.P., Desprairies, A., Lallier-Vergés, E., Laggoun-Defarge, F., 1996, Trace elements as palaeoenvironmental markers in strongly mature hydrocarbon source rocks: the Cretaceous La Luna Formation of Venezuela. *Sedimentary Geology* 103, 23-37.

Murat, B. & Azpirtxaga, I., 1995, Aplicación del análisis secuencial en los carbonatos del Cretácico de la Cuenca de Maracaibo. Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos, v. 20, no. 1-2, p. 7-29

Nelson, R.A., E.P. Moldovanyi, C.C. Matcek, I. Azpirtxaga, E. Bueno, 2000, Production characteristics of the fractured reservoirs of the La Paz field, Maracaibo basin, Venezuela. *AAPG Bulletin*, v. 84, N° 11, 1791-1809.

Ostos, M., Yoris, F., Avé Lallemand, H.G. 2005, Overview of the southeast Caribbean-South American plate boundary zone. En: H.G. Avé Lallemand & V.B. Sisson (Eds) *Caribbean-South American Plate Interaction Venezuela GSA Special Paper* 394, 53-90.

Perez-Infante, J., Farrimond, P., Furrer, M., 1996, Global and local controls influencing the deposition of the La Luna Formation (Cenomanian-Campanian), western Venezuela. *Chemical Geology* 130, 271-288.

Pöppelreiter, M., Balzarini, M.A., De Sousa, P., Engel, S., Galarraga, M., Hansen, B., Marquez, X., Morell, J., Nelson, R., Rodriguez, F., 2005, Structural control on sweet-spot distribution in a carbonate reservoir: concepts and 3-D models

(Cogollo Group, Lower Cretaceous, Venezuela). AAPG Bulletin, vol. 89, No 12, 1651-1676.

Premoli Silva, I. & Sliter, W. V. 1999, Cretaceous paleoceanography : Evidence from planktonic foraminiferal evolution. Geological Society of America Special Paper 332, 301-328.

Roure, F., Colletta, B., De Toni, B., Loureiro, D., Passalacqua, H., Gou, Y., 1997, Within-plate deformations in the Maracaibo and East Zulia basins, western Venezuela. Marine and Petroleum Geology, Vol. 4, N° 2, 139-163.

Rey, O.; Simo (Toni), J.A., Lorente, M.A. 2004, A record of long and short-term environmental and climatic change during OAE3: La Luna Formation, Late Cretaceous (Santonian-early Campanian), Venezuela. Sedimentary Geology 170, 85-105.

Schalanger, S.O., Jenkyns, H.C., 1976, Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences. Geol. Mijnb. 55, 179-184.

Sliter, W. V., 1989. Biostratigraphic Zonation for Cretaceous Planktonic Foraminifers Examined in Thin Section. *Journal of Foraminiferal Research*, 19:1, 1-19

Tribovillard, N.P., Stéphan, J.F., Manivit, H., Reyre, Y., Cotillon, P., Jauteé, E., 1991, Cretaceous black shale of Venezuela Andes: preliminary results in stratigraphy and palaeoenvironmental interpretations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 81, 313-321.

Zapata, E., Padron, V., Madrid, I., Kertzus, V., Truskowski, I., Lorente, M.A., 2003. Biostratigraphic, sedimentologic and chemostratigraphic study of the La Luna Formation (Late Turonian- Campanian) in the San Miguel and Las Hernández Sections, Western Venezuela. *Palaios* 18, 367-377.