

## Aportes micropaleontológicos y bioestratigráficos del Cretácico-Maastrichtiense en los Andes centrales venezolanos

### *Micropaleontologicals and biostratigraphicals contributions of Cretaceous-Maastrichtiense. Venezuelan central Andean*

### *Contribuições micropaleontológicas e bioestratigráficas Cretáceo-Maastrichtian na região central Andes venezuelanos*

Blanca Castillo<sup>1</sup> Jesús Monsalve<sup>2</sup> Rocio Segnini<sup>3</sup> Oscar Odreman<sup>4</sup> Omar Guerrero<sup>5</sup>

Recibido: 8-1-14; Aprobado: 18-7-14

#### RESUMEN

La Formación Colón representa la sedimentación marina del Maastrichtiense en los Andes venezolanos, ha sido definida como el sello por excelencia de la cuenca sedimentaria del Lago de Maracaibo. Este aporte tiene como objetivo realizar un análisis micropaleontológico y bioestratigráfico de la Formación Colón, en los Andes centrales venezolanos. Las especies fueron analizadas, tanto de manera cualitativa como cuantitativa, apoyándonos en técnicas micropaleontológicas, tales como; el Índice Tau, definido por Gibson (1988), y Murray (1991), la relación pláncnicos-Bénticos (PF/FB) de Murray (1991). Dentro de las especies planctónicas encontradas tenemos: *Heterohelix globulosa* Ehrenberg, *Globotruncanella petaloidea*, y las especies bentónicas identificadas: *Tritaxia insignis*, *Tritaxia trilateralis*, *Praeulimina kickapoensis*, *Dorothyia bullata* Carsey, *Bolivina incrassata*, *Bolivina limonensis*, *Planulina spissocostata*, *Nuttallides bronnimanni*, *Ellipsonodosaria rotundata*, *Nodosaria soluta*. Las muestras recolectadas de la Formación Colón correspondiente a subambientes marinos de plataforma media. Por otra parte, se reconocieron especies que caracterizan la biozona *Globotruncana aegyptica*, la cual está restringida al Campaniense Tardío, siendo la edad más antigua para esta unidad geológica.

**Palabras clave:** Bioestratigrafía, Formación Colón, Maastrichtiense, Micropaleontología, Pláncnicos-Bénticos, Plataforma media.

#### ABSTRACT

Colón Formation represents marine sedimentation Maastrichtiense in the Venezuelan Andes, has been defined as the ultimate seal of the sedimentary basin of "Lago de Maracaibo", this contribution aims micropaleontological and biostratigraphic analysis Colón Formation in the Venezuelan central Andes. The species were analyzed both qualitatively and quantitatively, relying on micropaleontological techniques, such as, the Tau Index, defined by Gibson (1988) and Murray (1991), the relationship Planktonic-Benthic foraminiferous (PF/FB) of Murray (1991). Within planktonic species found are: *Heterohelix globulosa* Ehrenberg, *Globotruncanella petaloidea*. And benthic species identified: *Tritaxia insignis*, *Tritaxia trilateralis*, *Praeulimina kickapoensis*, *Dorothyia bullata* Carsey, *Bolivina incrassata*, *Bolivina limonensis*, *Planulina spissocostata*, *Nuttallides bronnimanni*, *Ellipsonodosaria rotundata*, *Nodosaria soluta*. The samples collected from the corresponding Colón Formation marine middle shelf sub-environments. Moreover, species recognized *Globotruncana biozone aegyptica*, which is restricted to Campanian Late, being the oldest age for this geologic unit.

**Keywords:** Biostratigraphy, Colón Formation, Maastrichtiense, media platform, micropaleontology, Planktonic-Benthic.

#### RESUMO

A Formação Colón representa sedimentação marinha nos Andes venezolanos, tem sido definido como o selo de excelência da bacia sedimentar do Lago Maracaibo. Essa contribuição tem como objetivo fazer uma análise e micropaleontológica biostratigráfica da Formação Colón, no centro Andes venezolanos. As espécies foram analisadas qualitativa e quantitativamente, com base em técnicas de micropaleontológicas, tais como; índice Tau definido por Gibson (1988) e Murray (1991), os Pláncnicos-Bentônicos (PF/FB) de Murray (1991) a relação. Entre as espécies planctônicas encontradas são: *Heterohelix globulosa* Ehrenberg, *Globotruncanella petaloidea*, e bentônicas identificados: *Tritaxia insignis*, *Tritaxia trilateralis*, *Praeulimina kickapoensis*, *Dorothyia bullata* Carsey, *Bolivina incrassata*, *Bolivina limonensis*, *Planulina spissocostata*, *Nuttallides bronnimanni*, *Ellipsonodosaria rotundata*, *Nodosaria soluta*. Amostras coletadas a partir da formação Colón sub-ambientes marinhos correspondentes a plataforma do meio. Além disso, as espécies que caracterizam *Globotruncana biozone aegyptica*, que se restringe à Campaniense tarde, com a idade mais antiga para esta unidade geológica é reconhecido.

**Palavras-chave:** Bioestratigrafia, Formação Colón, Maastrichtiense, Micropaleontologia, Pláncnicos-bentônicos, plataforma média.

<sup>1</sup> Ing°Geó°. Grupo de Investigaciones de Ciencias de la Tierra "TERRA", Universidad de Los Andes (ULA). e-mail: [blanckie182@hotmail.com](mailto:blanckie182@hotmail.com); <sup>2</sup> Ing°Geó°. TERRA-ULA. e-mail: [jemm1120@gmail.com](mailto:jemm1120@gmail.com); <sup>3</sup> Ing°Geó°, MSc. TERRA-ULA. e-mail: [rociasegnini@ula.ve](mailto:rociasegnini@ula.ve); <sup>4</sup> Lodo°Paleo°, Dr. TERRA-ULA. e-mail: [odreman@ula.ve](mailto:odreman@ula.ve); <sup>5</sup> Geog°, Dr. TERRA-ULA. e-mail: [oguerre@ula.ve](mailto:oguerre@ula.ve)

## INTRODUCCIÓN

A partir del Campaniense Superior hasta el Maestrichtiense comienza la colisión del arco volcánico del Pacífico con la placa Sudamericana, convirtiendo el margen pasivo del Oeste de Venezuela en margen activo, considerado que ésta, es una etapa de "transición de un margen de colisión a un margen flexural de cuenca antepais" (Parnaud, F., et al., 1995), se produjo levantamiento tectónico en la Cordillera Oriental de Colombia, generando nuevas fuentes de aportes silicoclásticos continentales. Producto de la colisión, el margen pasivo comienza a cambiar, es durante estas condiciones tectono-sedimentarias que se depositan las lutitas de la Formación Colón. Esta unidad geológica se caracteriza por lutitas microfossilífera gris oscuro a negras, macizas, piríticas y ocasionalmente micáceas o glauconíticas. La misma no presenta interés económico para la industria petrolera, por ser el sello por excelencia de la Cuenca del Lago de Maracaibo, sin embargo, al desarrollo actual de la tecnología de lutitas-gasíferas (*gas-shale*) en el mundo, estas unidades geológicas han despertado interés como potenciales productores de hidrocarburos (Norwegian Petroleum Society, 2001), y han sido sometidas a reevaluación sedimentaria y micropaleontológica. Por tal motivo, este informe representa un avance en el estudio de la Formación Colón, en la región central andina, a través de análisis micropaleontológicos cualitativos para la verificación de la edad y, cuantitativos, para la determinación de la Paleobatimetría.

## LOCALIZACIÓN DEL ÁREA

El área de afloramientos de la Formación Colón en el estado Mérida, abarca una franja que se extiende desde la población de Jaji hasta La Azulita (específicamente en los municipios Campo Elías y Andrés Bello, figura 1).

## Foraminíferos del límite Cretácico-Terciario (K/T):

Los autores Arenillas et al., (2000),

plantean un modelo de distribución de foraminíferos bentónicos (FB), válido principalmente para latitudes medias, tanto para el Cretácico Superior como para el Terciario Inferior. En otras latitudes, la composición de las asociaciones puede variar ligeramente; como es el caso, de las asociaciones de plataforma externa-talud superior en latitudes altas que contienen un mayor porcentaje de *nodosariidos* y *glandulinidos* (ej. *Fissurina*, *Oolina*) y una menor proporción de especies aglutinadas con respecto a las faunas de bajas latitudes.

El modelo bioestratigráfico de estos autores señala que, al contrario de lo que ocurre con los Foraminíferos planctónicos (FP), la extinción de los FB en el límite Cretácico/Terciario no es muy relevante, y la mayor parte de los géneros cretácicos sobrevivieron al evento (K/T). El cambio más importante que experimentaron las comunidades de FB se refiere a variaciones en los micro-habitats ocupados por éstos, distintas

profundidades de penetración en el sedimento, así como, en una reestructuración temporal de los hábitos alimenticios durante el evento del límite Cretácico/Terciario, debido al descenso del aporte de nutrientes al fondo marino.

Por otra parte, para los foraminíferos planctónicos (FP), como criterio general para el Cretácico Superior, se ha admitido que las formas de tamaño pequeño, simples, globulosas, biseriadas, planoespiraladas o trocoespiraladas sin carena (*Heterohelix*, *Hedbergella*, *Globigerinelloides*), forman un grupo que habita en las zonas más superficiales de la columna de agua, mientras que las formas carenadas, grandes y complejas (*Globotruncana*, *Globotruncanita*, *Abathomphalus*) son moradoras de aguas más profundas. No todas las especies pertenecientes al mismo género ocupan el mismo nicho ecológico. Arenilla et al. (2000), expresa que la mayor parte de las especies

del Cretácico Superior habitaban en latitudes tropicales-subtropicales o templadas. Las asociaciones de FP del Maestrichtiense en estas latitudes estaban muy diversificadas, incluyendo formas especializadas, grandes y complejas como; *Globotruncana*, *Cotusotruncana*, *Racemiquem-belina* o *Planoglobulina*

## Método y Técnicas Micropaleontológicas aplicadas en análisis de Paleo batimetría

En esta investigación se emplearon los métodos de: relación de planctónicos -Bentónicos y el Índice Tau (Borno, y Ojeda, 2004), debido a que su aplicación, se adapta de gran manera a los datos recolectados, el muestreo se realizó sobre las lutitas de la Formación Colón que se presentaron bien preservadas y con grado bajo de meteorización. Se procesaron las muestras a través de separador granulométrico tipo AFNOR, y se obtienen los sedimentos de las tallas del tamiz 100 (0,149 mm de diámetro), los cuales son observador a través de lupas petrográficas Nikon, para separar la fracción orgánica (fósil) de la inorgánica (minerales).

## A) Relación Foraminíferos pláncnicos-Foraminíferos bentónicos (P/B):

Los organismos bentónicos pueden vivir y morir en la misma área de depósito, y pueden o no, sufrir transporte. La tendencia general es la del aumento progresivo en el número de especies hasta la zona de plataforma eterna-talud superior. Al ir aumentando la profundidad, se observa una disminución de la presencia de fauna benthica. Por su parte, los foraminíferos pláncnicos viven en la columna de agua, y su hábitat óptimo es en el mar abierto, lejos de la influencia continental. Por lo tanto, la máxima expresión de estos organismos se encuentra hacia la zona batial superior, y se va reduciendo a medida que la profundidad disminuye y nos acercamos al continente. Murray, (1991), propuso los rangos de proporción en la relación pláncnicos-bentónicos (FP:FB) que se muestran en la tabla I.

Tabla I. Ambientes sedimentarios marinos vs contenido de FP:FB.

Ambiente sedimentario marino	Relación (FP:FB)
Plataforma externa	40-70 : 30-60
Plataforma media	10-60 : 40-90
Plataforma interna	<20 : >80
Talud superior	>70 : <30

Sin embargo, Wilson, (2003), explica que los resultados de este método pueden ser alterados debido a disolución de foraminíferos arenáceos por efectos diagenéticos, aumentando por ende el porcentaje de foraminíferos pláncnicos presentes.

## B) Índice Tau:

Es utilizado como un indicador paleobatimétrico por Gibson (1988), basado en la data obtenida del Golfo de México. Este índice se calcula con dos parámetros:

$$Tau = B \times \%P$$

Donde; B, es el número de especies benthicas, y P, el número de individuos pláncnicos en una muestra. Con el aumento de la profundidad los valores de Tau aumentan, generando los rangos que se muestran en la tabla II.

Tabla II. Relación de la Profundidad vs. Índice de Tau.

Ambiente sedimentario marino	Relación (FP:FB)
Plataforma externa	40-70 : 30-60
Plataforma media	10-60 : 40-90
Plataforma interna	<20 : >80
Talud superior	>70 : <30

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Análisis Cualitativo

Arz y Molina (2002) señalan que la *Globotruncana Petaloidea* tiene su aparición en el Campaniense Superior, en la Biozona *Globotruncana Aegyptiaca*. De igual manera, Erlich, et al. (1999) coinciden con que la aparición de la *Heterohelix Globulosa* es del Cenomaniense. Por su parte, Arenillas et al. (2000), indica que durante el Maestrichtiense, el género dominante en todas las latitudes fue *Heterohelix*. En este estudio aparecen simultáneamente ambos fósiles, lo que permite deducir una edad Campaniense Superior-Maastrichtiense, que coincide con los intervalos planteados para la Formación Colón (CVET, 1997). Arenillas et al. (2000) señalan que en general, los géneros y sub géneros de FB, indican el sub ambiente marino, plataforma interna y externa, asociando este modelo, a las muestras analizadas en esta investigación, se tiene lo siguiente:

- Para muestras obtenidas en la base de la formación Colón, hay abundancia de foraminíferos bentónicos frente a los pláncnicos.
- En el tope de la formación se observa menos diversidad y abundancia de foraminíferos, tanto bentónicos como pláncnicos.
- De acuerdo a lo planteado por Arenillas et al. (2000), los géneros *Bolivina* y *Nodosarios* señala una plataforma externa y proximidad al talud superior, en este caso hay abundancia de *Bolivina limonensis*, que de acuerdo a PDVSA-INTEVEP (1997), está restringida entre 600 y 800 m. (batial-plataforma media)
- Tritaxia (l. lateral)*, indica ubicación de los foraminíferos en el talud inferior, ambiente batial

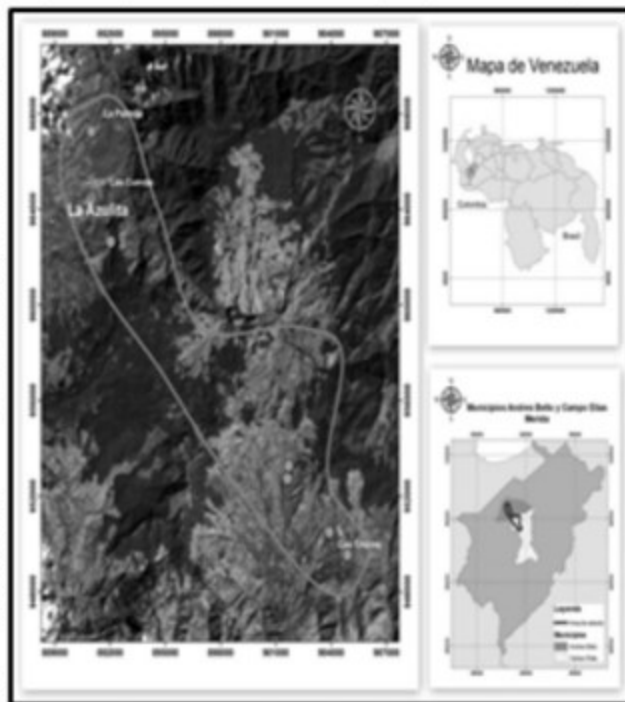


Figura 1. Mapa Ubicación del área de estudio.

medio-inferior, condiciones marino profundo y la presencia de *Dorothia*, (600-800 m profundidad), de igual manera, indica un talud marino medio.

#### Análisis cuantitativo

De las especies planctónicas encontradas y referenciadas según PDVSA-INTEVEP (1997), tenemos (Figura 2): *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg, 1840; 1838). *Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi, 1955). Entre las especies bentónicas se encuentran: *Tritaxia insignis* (Plummer, 1931), *Tritaxia trilatera* (Cushman, 1926). *Praebulimina kickapoensis* (Cole, 1938). Especie: *Dorothia bulleta* (Carsey, 1926). *Bolivina incrassata* (Reuss, 1851). *Bolivina limonensis* (Cushman, 1926). *Planulina spissocostata* (Cushman, 1938). *Nuttalides bronnimanni* (Cushman y Renz, 1946). *Ellipsonodosaria Rotundata* *Nodosaria solutta*.

#### Relación Foraminíferos pláncnicos-bénticos (FP/FB):

Aplicando las técnicas Micropaleontológicas de Murray (1991) en la tabla II, se obtiene lo siguiente: Para la base de la unidad se reconocen una relación FP: 17 % vs. FB: 83 %. De igual manera, según los rangos de proporción plateados por Wilson, (2003, en Borno y Ojeda, 2004), se define un ambiente marino de plataforma interna a talud medio, para la base de la Formación Colón.

Mientras que, para el tope, la proporción entre FB: 77,8 % y FP: 22,2 %, lo cual definen una ubicación marina de plataforma media, para la unidad geológica.

#### Resultados del índice Tau

Según la aplicación del índice Tau de Gibson (1988) y Murray (1991), se tiene, para las muestras obtenidas en la base de la unidad geológica, lo que se exhibe en la tabla III.

Lo que sugiere una profundidad de sedimentación de hasta 200 m que ocupa parte media a profunda dentro del ambiente de talud medio-plataforma marina, mientras que para el tope de la unidad, se reco-

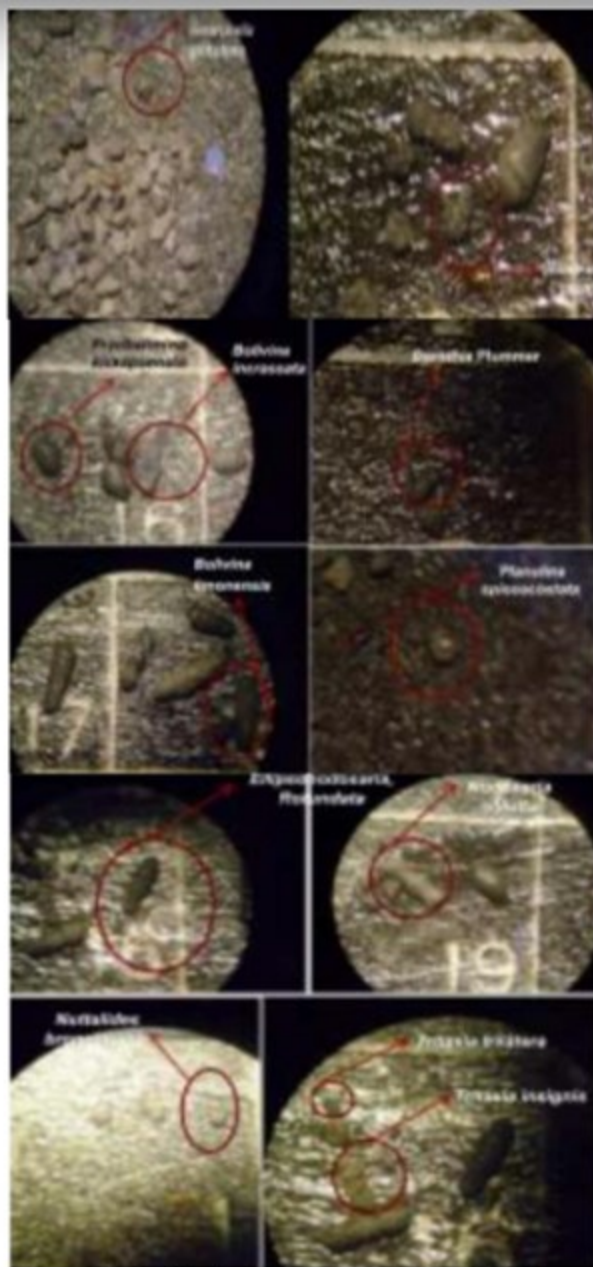


Figura 2. Contenido de especies de Foraminíferos plantónicos y bentónicos existentes en la Formación Colón; Arriba: *Heterohelix globulosa* y *globotruncanella petaloidea*; Medio-alta: *Bolivina incrassata*, *Praebulimina kickapoensis*; *Dorothia plummer*. Medio-baja: *Bolivina limonensis*, *Planulina spissocostata*. Abajo: *Ellipsonodosaria rotundata*, *Nodosaria solutta*, *Nuttalides bronnimanni*, *Tritaxia trilatera* y *T. insignis*.

nocen los valores que aparecen en la tabla IV.

Tabla III. Índice Tau para la base de la Formación Colón.

BASE FORMACIÓN COLÓN				
N° de especies bentónicas	N° de individuos planctónicos	Producto de ambos	Rangos establecidos	Profundidad
10	134	1340	1000-10000	Profundidades de hasta 200 metros

Tabla IV. Índice Tau para el tope de la formación.

TOPE FORMACIÓN COLÓN				
N° de especies bentónicas	N° de individuos planctónicos	Producto de ambos	Rangos establecidos (Metros)	Profundidad (Metros)
07	41	280	100-1000	De 40 a 1000 metros

Estos resultados definen condiciones de sedimentación más somera dentro de la plataforma media, para la secuencia del tope de la unidad geológica. Integrando los datos generados de los análisis cuantitativos y cualitativos, se plantean dos modelos de distribución de los foraminíferos bentónicos de las muestras correspondientes a la base y tope, en éstos se busca la intersección de la batimetría de cada especie establecida en la literatura y citados por PDVSA-INTEVEP (1997) y Arenillas et al. (2000), para restringirla a un determinado intervalo, que permita entender la ubicación aproximada de las muestras dentro del ambiente de depósito. En la figura 3 se ubican los géneros de FB identificados en la base de la Formación Colón, claramente se observa la concentración de especies en la zona de 600-1.000 metros de profundidad, correspondiente al talud Medio-plataforma interna, la aparición de *Bolivina incrassata*, *Tritaxia* y *Praebulimina* limitan el rango de paleobatimetría de la base de la formación. De igual manera la identificación del FP (*Globotruncanella Petaloidea*) permite restringir aproximadamente una edad no más antigua que el Campaniense Tardío, debido a que esta especie tiene su primera aparición en esta edad (PDVSA-INTEVEP, 1997).

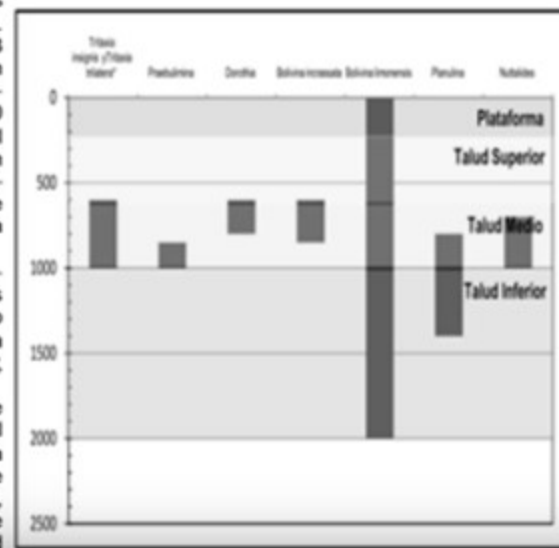
En la figura 4, se exponen las especies de foraminíferos bentónicos presentes en el tope de la Formación Colón, es notable la tendencia que existe hacia los rangos de profundidades entre 600-1.000 metros, ubicándose en el talud medio, al igual que sucede en la base de la misma unidad

geológica, pero con la salvedad de que la microfauna existente hacia tope de la unidad disminuye con respecto a la base de la misma, incluso algunas muestras en esta zona resultaron estéril, observándose facies más arenosa, que puede ser atribuida a la geodinámica que ocasionó el levantamiento del Cratón de Guayana a finales del Cretácico, trayendo consigo un aumento de aporte de sedimentos continentales a la cuenca (Mar de Thetis). Como se mencionó anteriormente Parnaud et al., (1995), señalan que el depósito de la Formación Colón, ocurrió en una etapa de transición de un margen pasivo a un margen activo. Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos, esta investigación, permite plantear un rango paleobatimétrico de las muestras recolectadas de la Formación Colón entre 600 y 1.000 metros de profundidad, correspondiente a la plataforma-talud medio (Figura 5), además la presencia de *globotruncanella* (Biozona *Globotruncana Aegyptica*) permite limitar la edad Maastrichtiense-Campaniense Tardío.

#### CONCLUSIONES

De las especies planctónicas encontradas tenemos: *Heterohelix globulosa* Ehrenberg, *Globotruncanella petaloidea* y las especies bentónicas identificadas: *Tritaxia insignis*, *Tritaxia trilatera*, *Praebulimina kickapoensis*, *Dorothia bulleta* Carsey, *Bolivina incrassata*, *Bolivina limonensis*, *Planulina spissocostata*, *Nuttalides bronnimanni*, *Ellipsonodosaria Rotundata*, *Nodosaria solutta*. Los resultados del análisis micropaleontológico cualitativo, determinaron que en las rocas de la base de la Formación Colón, existe abundancia de

Figura 3. Distribución de los FB más representativos



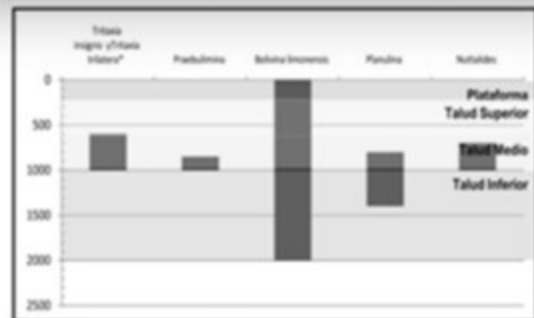


Figura 4. Distribución de los FB más representativos encontrados en el tope de la Formación Colón.

2.000 metros, mientras que para el tope, se ubicó entre los rangos de 40-1.000 metros, este índice como se puede apreciar no ofrece rangos muy precisos. Sin embargo, consideramos que la Formación Colón se encuentran entre 600 y 1.000 metros de profundidad que corresponden al talud medio-plataforma interna, se observaron especies características representadas en la biozona *Globotruncana aegyptica*, la cual está restringida al Campaniense Tardío-Maastrichtiense.

#### AGRADECIMIENTO

Al CDCHTA-ULA por su apoyo económico bajo el proyecto I-1311-12-02F.

#### REFERENCIAS

Arenillas, I., Alegret, L., Arz J., y Molina E. (2000). *El uso didáctico de los foraminíferos en la enseñanza de ciencias de la tierra: su distribución paleoceanográfica en el tránsito Cretácico-Terciario*. Departamento de Ciencia de la Tierra. Universidad de Zaragoza. 108-118 pp.

Arz, J. y Molina, E. (2002). Bioestratigrafía y cronoestratigrafía con foraminíferos planctónicos del Campaniense Superior y Maastrichtiense de latitudes templadas y subtropicales (España, Francia y Túnicia). *Geo. Palaeont. Abh. Stuttgart*, 224. Mai. Pág. 161-165.

Borno, S. y Ojeda, H. (2004). *Estudio bioestratigráfico de los depósitos de edad Mioceno que afloran a lo largo de la quebrada el Pauji y en la sección de carretera Urumaco-Pedregal, estado Falcón*. Trabajo Especial de Grado. UCV. (Inédito).

Comisión Venezolana de Estratigrafía y Terminología - CVET (1997). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. MMH, Pub. Esp. 12. III Ed. M.J. Editores.

foraminíferos bentónicos frente a los planctónicos, mientras que al tope de la formación, se observa menos diversidad y abundancia de foraminíferos tanto bentónicos como planctónicos.

Las especies *Tritaxia Trifurcata* y *Dorothia*, indican ubicación de los foraminíferos en el talud inferior-medio (batial medio-inferior, condiciones marino profundas).

Se estableció la batimetría, a través del método de Relación planctónicos-bentónicos, para la base la profundidad corresponde a talud medio y para el tope la plataforma media-interna.

El Índice Tau indica que la sedimentación de la base de la unidad geológica tiene profundidades en el rango de 1.000 a

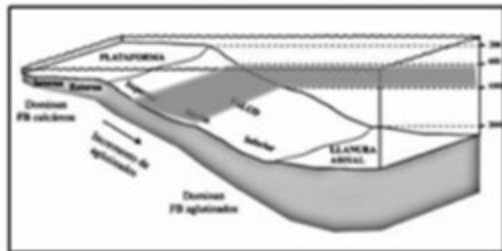


Figura 5. Distribución paleobatimétrica en el talud medio de la Formación Colón.

Erlich, R., Macsotay, O., Nederbragt, A. & Lorente, M. (1999). *Palaeoecology, palaeogeography and depositional environments of Upper Cretaceous rocks of western Venezuela*. *Palaeo, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 153 Elsevier Science. 203-238. pp.

González E. (2002). *Aplicación de análisis de series de tiempo para la determinación de Ciclicidad en el límite Cretácico/Terciario (Occidente de Venezuela)*. Tesis de Magister Scien. UCV. (Inédita).

Malave, L. (1994). *Litofacies y Distribución del Carbono Orgánico y Fósforo en la Formación Colón, Cuenca de Maracaibo*. Trabajo Especial de Grado. UCV., Caracas. (inédito).

Norwegian Petroleum Society (2001). *Sedimentary Environments offshore Norway-Paleozoic to recent*. Elsevier. Science, Special Pub., 10.

Parnaud, F., Gou, Y., Pascual, J., Capello, M.A., Truskowski, I. y Passalacqua, H. (1995). *Stratigraphic synthesis of Western Venezuela*. In: Tankard, A.J., Suárez Soruco, R., Welsink, H.J. (Eds.). *Petroleum Basins of South America*. AAPG. Mem.62, 681-698. pp.

PDVSA-INTEVEP (1997). *Catálogo de Foraminíferos Bentónicos Centro de Micropaleontología "Dr. Pedro Joaquín Bermúdez"*. Catálogo en línea. [pdvsa.com/lexico/centro/catalogo](http://pdvsa.com/lexico/centro/catalogo).