

Estimación de espesores reales de las principales unidades tectono-estratigráficas Mesozoicas-Cenozoicas en la Plataforma Deltana, Cuenca Oriental de Venezuela

Rios Karla* (Universidad Central de Venezuela; actualmente en ChevronTexaco Western Venezuela) y María Inés Jácome (Universidad Simón Bolívar)

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Six tectono-stratigraphic units have been regionally defined in an area of 12.321 Km² located towards the marine extension of the eastern Venezuelan basin (i.e. the Deltaic Platform of the Orinoco River). The tectono-stratigraphic units studied are: 1) Cretaceous-Paleogene; 2) Lower Miocene; 3) Middle Miocene; 4) Upper Miocene and 5) Pliocene. Decompacted isopach maps have been generated to determine the original thickness and regional 3D distribution of these tectono-stratigraphic units in the area, and to relate these units to tectonism and sediment supply. The descompacted isopach maps have been produced using thirteen regional 2D seismic reflection profiles previously interpreted and published. The seismic profiles are more than 1500 km long and have been digitised and converted to depth.

The descompacted isopach maps show that in the Orinoco Deltaic Platform the Cretaceous-Paleogene, Lower and Middle Miocene units were deposited under passive margin conditions related regionally to thermal subsidence and locally to reactivation of normal faults. The Upper Miocene sediments were deposited under a transitional tectonic phase. During this time, the large scale depocentres observed in the area are related to an early stage subsidence associated with the subduction of the Lesser Antilles, and the small scale depocentres can be associated with transtensional structures formed by the movement of the El Pilar strike-slip fault. During the Pliocene to Present the accommodation space seems to have been generated by the superposition of three main mechanisms of subsidence: (a) sedimentary load, (b) transtensional tectonic associated with the interaction between the Caribbean and South-American plates and (c) lithospheric flexure of the South-American plate associated with the active subduction of the Lesser Antilles.

Introducción

La Plataforma Deltana, con una extensión aproximada de 605.261 Km² y ubicada entre las latitudes 8°N y 13°N; y las longitudes -52°W y -62°W (Figura 1), representa la prolongación marina de la Cuenca Oriental de Venezuela y se relaciona directamente con la terminación deltaica del Río Orinoco.

La exploración de la extensión marina del delta se ha intensificado en la última década a través de la

interpretación de transectos sísmicos (Di Croce, 1995), desarrollo de modelos gravimétricos (Hernández, 2003; Alfonso, 2004), estudios relacionados con aspectos estratigráficos y estructurales del área (Leonard, 1983; Prieto, 1987; Di Croce, op cit.; Armentrout et al., 1997; Wood, 2000; Sánchez, 2002; entre otros), además de las investigaciones asociadas directamente con modelos tectónicos propuestos para la comprensión de la geodinámica caribeña en el margen Noreste de Suramérica (Rohr, 1991; James y Rigby, 1993; Speed et al, 1993; Babb y Mann, 1999; Avé, 1997; Mann et al, 2001; Pindell y Kennan, 2001; Deville et al., 2003, Jácome et al., 2003, etc.).



Figura 1. Provincias fisiográficas y cuencas sedimentarias de Venezuela (Modificado de Garrity et al., 2004)

Sin embargo no existe hasta el momento un estudio integrado que relacione los patrones de sedimentación observados en la Plataforma Deltana con la tectónica regional del área. Dado lo anterior y conociendo la distribución areal de las secuencias en estudio, se procedió a realizar la descompactación de cada una de las capas, a fin de conocer sus espesores reales sin el efecto de las cargas suprayacentes, es decir al momento de la depositación, con la finalidad de conocer las tasas reales de sedimentación y asociarlo con el contexto geodinámico regional.

Metodología

Para observar la disposición de las secuencias sedimentarias estudiadas, se hizo uso de la información sísmica previamente interpretada y publicada por Di Croce (1995), empleándose trece (13) secciones sísmicas con 1777 Kms de información ubicada en el área de estudio, las cuales fueron correlacionadas geológicamente con 4 pozos localizados en la Plataforma Deltana (Figura 2).

Los topes interpretados que fueron escogidos para esta investigación corresponden a las siguientes unidades sedimentarias: 1) Cretácico-Paleógeno; 2) Mioceno inferior; 3) Mioceno medio; 4) Mioceno superior; 5) Plioceno; y 6) Cuaternario.

La selección de las tectono-secuencias a estudiar se llevó a cabo con base en la calidad de cobertura de datos disponibles para cada una, relación de éstas con eventos tectónicos propuestos previamente para el área y espesor suficiente para ser lateralmente definidas en la totalidad de la ventana de trabajo.

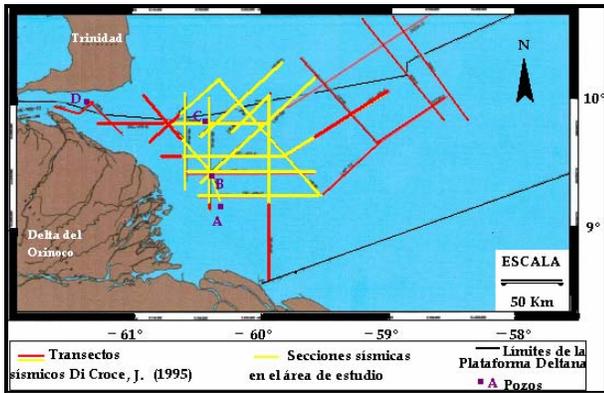


Figura 2. Mapa de ubicación de secciones sísmicas interpretadas por Di Croce (1995) en el área de Plataforma Deltana

Con respecto al espesor “suficiente”, la agrupación de las unidades sedimentarias del Cretácico y el Paleógeno fue necesaria debido al poco grosor que la última presenta a lo largo de la ventana de trabajo, además de poseer características geológicas semejantes.

Ahora bien, fue preciso el digitalizar primeramente las secciones sísmicas. Una vez obtenidos los archivos digitales se procedió a realizar la conversión de los datos digitalizados en tiempo doble de tránsito a profundidad en distancia a través del uso de la ecuación:

$$Y = 0.0003 \cdot X^2 + 3.033 \cdot X - 163.97 \rightarrow \text{ec. 1}$$

Donde “Y” es la profundidad expresada en pies y “X” el tiempo doble de tránsito convertido a unidades de milisegundos (mseg). Esta ecuación representa el mejor polinomio de ajuste para la información de 22 curvas T-Z tomadas de pozos ubicados en la Cuenca Oriental de Venezuela y fue desarrollada por Jácome, et al (2003).

Se extrapoló la ecuación de conversión tiempo-profundidad (ec. 1) para la Plataforma Deltana tomando en consideración que las secuencias sedimentarias están genéticamente relacionadas, poseen características litoestratigráficas similares, y se encuentran confinadas dentro de una misma cuenca sedimentaria. Debido a la falta de datos de pozos publicada en la Plataforma Deltana no se propone una ecuación de conversión propia del área de estudio.

Se generaron los mapas de los topes de cada unidad sedimentaria estudiada en profundidad, a partir de los cuales se pueden observar los rasgos estructurales y disposición de las mencionadas tectono-secuencias en el presente.

Se debe señalar que los fenómenos erosivos no son cuantificados en esta investigación, por tanto la disposición tridimensional de las mencionadas unidades permanece invariante, tal que se logre restablecer el espesor original de cada capa a través del programa computacional Flexural Decompaction 5.3 (Kusznir, 1999).

Los parámetros que requiere la herramienta computacional “Flexural Decompaction 5.3” para llevar a cabo el análisis cuantitativo de subsidencia de la cuenca debido a peso sedimentario son los siguientes:

- Referentes a la litósfera: Espesor elástico efectivo (T_e) -debido a que es decompactación flexural- y edad del último evento de extensión asociado a apertura continental (rift).
- Referentes a las unidades sedimentarias: Porosidad, constante de decaimiento de la porosidad, densidad, edad de depositación y paleobatimetría.

Los valores utilizados con respecto al espesor elástico efectivo (T_e), fueron tomados de modelos propuestos con anterioridad para la Cuenca Oriental y otras áreas de Venezuela (Jácome et al., 2003; Ughi et al., 2004) en los cuales se estimó un $T_e = 25$ Km, lo cual representa la porción de la litósfera capaz de relajar los esfuerzos elásticos.

Se asume que la subsidencia de la Plataforma Deltana es producto del peso de los sedimentos depositados sobre un basamento en equilibrio termal. Se asumió la edad del último evento de “rifting” en 150 Ma, correspondiente al periodo Jurásico medio-superior.

Los parámetros que describen las características litoestratigráficas de las unidades en estudio se resumen en la Tabla 1.

Resultados

Los mapas isópacos descompactados muestran un incremento en los espesores desde un mínimo de 1500 metros, en la secuencia del Plioceno; y hasta un máximo de 6000 metros, para la unidad Cretácico-Paleógeno, con respecto a los valores iniciales (Tabla 2).

Se pudo demostrar que el incremento de espesor fue menor para las secuencias más someras (Cuaternario y Plioceno) ratificando que la compactación de los sedimentos es directamente proporcional a la carga que suprayace a una determinada capa.

Al observar la zona controlada por datos sísmicos, se puede ilustrar en la Figura 5 un buzamiento de la sección pre-cretácea en dirección Norte presentando profundidades entre 2000 y 4000 metros. Esto indica la configuración de flexura abriendo hacia el Norte.

La Figura 6 muestra el grosor real de la cuña de sedimentos depositadas durante el periodo Cretácico-Paleógeno. Los valores de espesor oscilan entre 2000 metros al Sur, y 10000 metros hacia el Norte, en cuya dirección las acumulaciones sedimentarias se relacionan a los patrones estructurales asociados con estructuras antiguas pre-Cretácicas.

Tras descompactar la secuencia del Mioceno inferior (Figura 7) se tiene una mejor definición de los abanicos lodosos de talúd interpretados por Di Croce op cit. (1995). Los depósitos hacia el Norte se asocian a la posición del quiebre de la paleo plataforma miocena. La falta de sedimentos hacia el Sur (Figura 7) se relaciona con erosión subareal debido a la fase regresiva que se instaura a partir del Turoniense en el borde Norte de Suramérica, y la cual se prolonga hasta el Cuaternario (Vail et al., 1997; Di Croce, 1995; Haq et al., 1988; Hallam et al., 1985).

Unidad	Litología	Edad de la base (Ma)	Ambiente	Batimetría (Metros)	Densidad (gr/cc)	Porosidad Superficial (%)	Constante de Decaimiento (Km ⁻¹)
Cretácico-Paleoceno	Lutitas multicolores, calizas laminadas y areniscas	144	Nerítico Interno a Batial Superior	0-500	2.6	56	0.39
Mioceno Inferior	Lutitas	23.7	Nerítico Interno a Nerítico Medio	0-100	2.5	63	0.51
Mioceno medio	Lutitas fosilíferas con escasas areniscas	16.5	Nerítico Medio a Nerítico Externo	30-200	2.36	56	0.39
Mioceno superior	Areniscas y lutitas	11.2	Nerítico Externo a Batial Superior	100-500	2.21	56	0.39
Plioceno	Lutitas y areniscas	5.3	Batial Superior	200-500	2.2	56	0.39
Cuaternario	Areniscas	1.6	Nerítico Interno	0-30	2.19	49	0.27

Tabla 1. Información utilizada en la descompactación de las unidades sedimentarias de la Plataforma Deltana. La litología y el ambiente sedimentario fueron compilados de Di Croce (1995); la interpretación de batimetría fue realizada bajo la asesoría directa de Pilloud (2004); los datos de porosidad y constante de decaimiento se tomaron de Sclater y Christie (1980) y las densidades fueron promediadas a partir de trabajos previos como Hernández (2003), Alfonzo (2004), etc

Unidad	Máximo espesor compactado (Metros)	Máximo espesor descompactado (Metros)	Tasa de sedimentación (Km/año)	Estilo de subsidencia	Mecanismo de subsidencia
Cretácico-Paleógeno	4000	10000	0.05	Regional	Margen pasivo
Mioceno inferior	1000	3300	0.07	Local	Margen pasivo y fallas locales
Mioceno medio	<500	2000	0.11	Local	Margen pasivo y fallas locales
Mioceno superior	<1000	<3000	0.07	Regional	Fallas de Crecimiento y subsidencia por subducción.
Plioceno	4000	5500	0.81	Regional	Fallas de Crecimiento, diapirismo y subsidencia por subducción
Cuaternario	4500	4500	1.41	Regional	Fallas de Crecimiento, diapirismo y subsidencia por subducción

Tabla 2. Síntesis de los resultados de la descompactación de los espesores de las unidades tectono-estratigráficas.

El periodo sedimentario del Mioceno medio prolonga la existencia de un margen pasivo dentro de la Plataforma Deltana, lo cual se puede ser apreciado en la disposición de los espesores sedimentarios que lo caracterizan y cuyo valor máximo es 2000 metros, aproximadamente (Figura 8). Esta secuencia sedimentaria, al igual que la depositada durante el Mioceno inferior, se concentra mayormente en la zona Norte de la ventana de trabajo y se encuentran confinadas a depocentros locales.

Durante el Mioceno Superior los depósitos de abanicos de talúd son preservados en los depocentros que se localizan en su mayoría hacia el Noreste de la plataforma y los cuales llegan a alcanzar hasta los 2700 metros de espesor de secuencia (Figura 9). Hacia la zona Suroeste del área de estudio, las acumulaciones sedimentarias se coligan directamente con la existencia de cuñas sedimentarias progradantes que son aisladas en porciones por el desarrollo de valles incisos y cañones submarinos (Di Croce, 1995).

El Mioceno superior se presenta como una etapa de transición entre un margen pasivo, sin evidencias de tectonismo, y un margen activo generado por la transpresión producto de la interacción entre la Placa del Caribe y la Suramericana, a lo cual se le auna la subducción de las Antillas Menores (Jácome et al., 2003). Así mismo, el desarrollo de depocentros se coliga a la transtensión que comienza a afectar la configuración de la paleogeografía marina en este lapso de tiempo, debido a la transmisión de movimiento de la falla El Pilar hacia la Plataforma Deltana.

Bajo este orden de ideas, se hace necesario el apreciar el aumento de espesor de las secuencias a partir de éste periodo, ello se debe al incremento del aporte del material sedimentario hacia el borde costero y al aumento de espacio de acomodación posiblemente generado por la flexión tectónica que causa la subducción de las Antillas Menores.

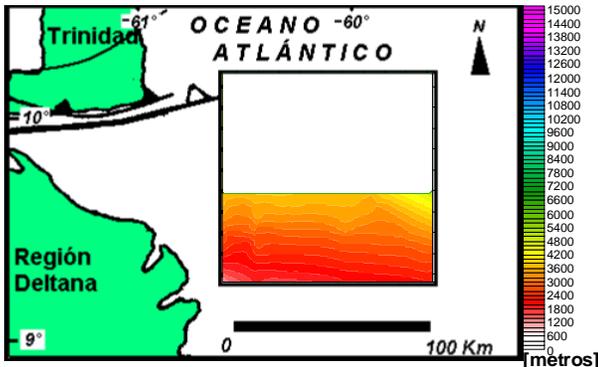


Figura 5. Mapa del top del basamento sin efecto de subsidencia por carga de sedimentos

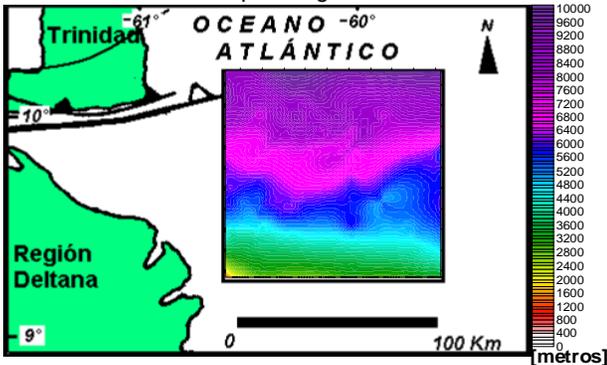


Figura 6. Mapa isópaco descompactado de la secuencia Cretácico-Paleógeno

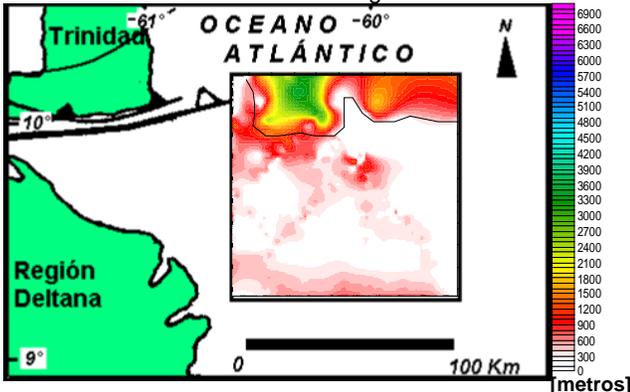


Figura 7. Mapa isópaco descompactado de la secuencia Mioceno inferior

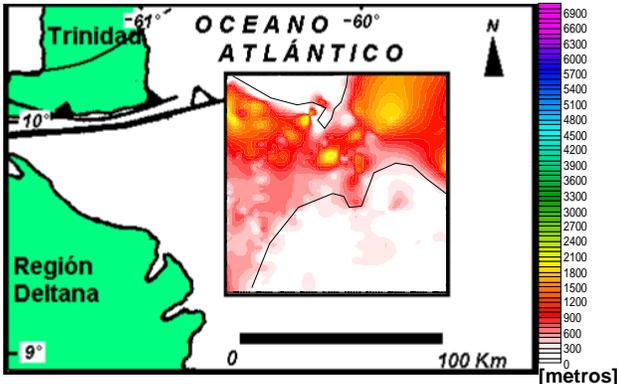


Figura 8. Mapa isópaco descompactado de la secuencia Mioceno medio

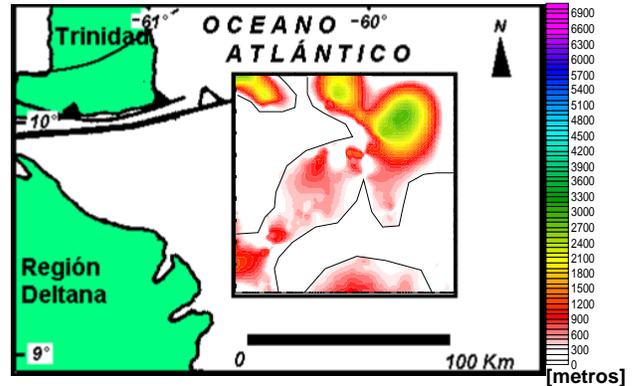


Figura 9. Mapa isópaco descompactado de la secuencia Mioceno superior

Los sedimentos que se depositan durante el Plioceno y el Cuaternario poseen un espacio de acomodación que se relaciona con la presencia de la Provincia de Fallas de Crecimiento ubicada al Noreste de la zona de estudio, y a través de las cuales se engrosan las secuencias y se crean depocentros locales asociados a la rotación de los bloques debido al fallamiento lítrico normal, y a la inestabilidad de la capa lutítica miocena, cuya migración genera abombamientos en las secuencias suprayacentes (Wood, 2000).

La Figura 10 muestra que los sedimentos del Plioceno aumentan su grosor hacia el Norte, alcanzando valores de 6000 metros; y hacia el Sur del área de estudio se aprecian mínimos de y 1200 metros.

El engrosamiento de los depósitos cuaternarios hacia el Noreste caracteriza el actual régimen progradante del Río Orinoco (Guevara et al., 2004), creando una actual secuencia de considerable espesor que evidencia la alta tasa de sedimentación que se tiene en el presente (Figura 11).

Esta cuña progradante tiende a colapsar por acción del propio peso de los sedimentos, retomando estructuras extensionales como la Provincia de Fallas de Crecimiento, y esto genera las alineaciones Sureste-Noroeste que se observan en el extremo Noreste del área de estudio. Hacia el Suroeste la secuencia presenta sus mínimos valores de espesor (600 metros aproximadamente) y al Noreste alcanza valores máximos de 4500 metros.

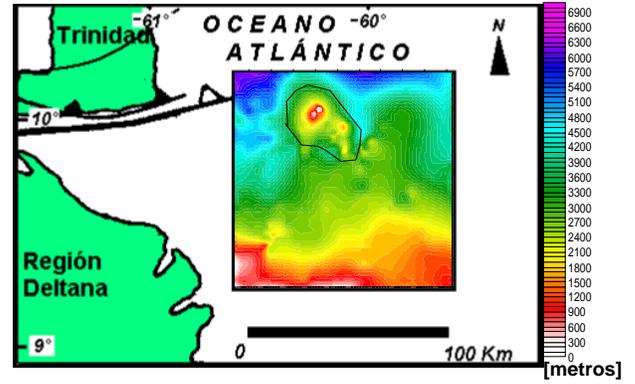


Figura 10 Mapa isópaco descompactado de la secuencia Plioceno

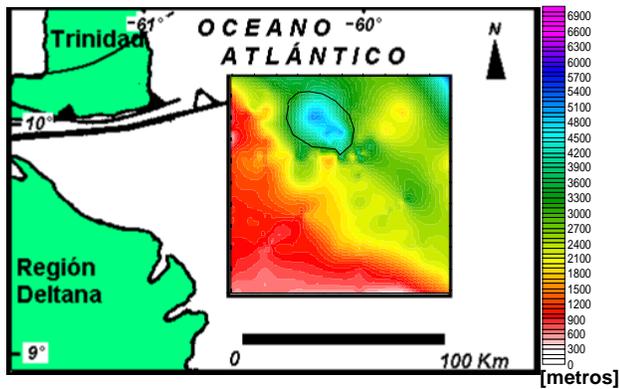


Figura 11. Espesor de la secuencia del Cuaternario en unidades de distancia

Con los datos de espesores descompactados de las tectono-secuencias se calculó las tasas de sedimentación para cada periodo (Figura 12), a partir de lo cual se proponen los siguientes episodios de sedimentación:

- Un periodo transgresivo a partir del Jurásico medio – superior relacionado con la apertura del océano Nor-Atlántico, el cual alcanza su máximo en el Turoniense, cuando se desarrolla una fase regresiva que se prolonga hasta el Cuaternario (Vail et al., 1997; Di Croce, 1995; Haq et al., 1988; Hallam et al., 1985).. Durante el Cretácico inferior los depósitos son mayormente siliciclásticos y carbonáticos de ambiente marino somero. A partir del Cretácico superior los sedimentos corresponden a una fase marina mas profunda (Erikson y Pindell, 1998).
- Durante el Mioceno inferior y medio el aporte fluvial hacia la plataforma era limitado pues el Proto-Orinoco aún no estaba conectado con el océano Atlántico (Díaz de Gamero, 1996). Probablemente el cambio paulatino de la ubicación del Proto-Orinoco a lo largo del borde Norte de Suramerica se relacione con el avance de la subducción de las Antillas Menores. A partir del Mioceno superior el río Orinoco se ubica en su posición actual. Los levantamientos miocenos y pliocenos inferior en el Oeste de Trinidad se unen al aporte sedimentario de la plataforma (Wood, 2000), así como el río Amazonas (Warne et al., 2002).
- Actualmente el río Orinoco progada en dirección Noreste, rellenando el espacio de acomodación generado por la Provincia de Fallas de Crecimiento asociadas a la transpresión oblicua de la placa del Caribe contra la placa de Sudamérica y a la subducción de las Antillas Menores. A medida que la progradación avanza, la localización del quiebre de la plataforma Atlántica migra hacia el Este. Dicha progradación se ve acelerada por el poco espacio de acomodación costero, lo cual se debe a su vez, a la baja pendiente del sistema deltaico (Wood, 2000).
- En la Figura 12 se pueden apreciar las tasas de sedimentación calculadas para cada tectono-secuencia. A través de ello se puede corroborar que el aporte sedimentario se incrementa a partir del Terciario superior (11.2 Ma – Mioceno superior) debido a la conexión de los ríos Orinoco y Amazonas con el margen costero atlántico y al aumento de espacio de acomodación por la flexión regional que causa el avance de la subducción de las Antillas Menores.

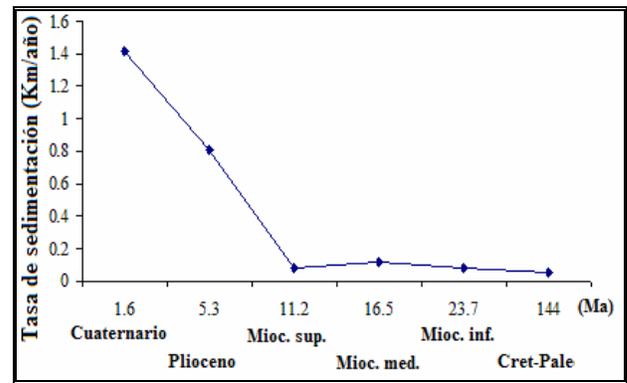


Figura 12. Gráfico de tasas de sedimentación de las secuencias tectono-estratigráficas

Conclusiones

- El mínimo cambio de valor de espesor descompactado con respecto al actual, lo presenta la secuencia del Plioceno, con 1500 metros, seguida por las unidades del Mioceno, cuyos espesores verdaderos se vieron afectados por el poco aporte sedimentario hacia la plataforma y la erosión, causada por cañones y canales profundos, en los depósitos del Mioceno superior.
- La mayor diferencia entre los valores de espesores actual y descompactado lo presenta la secuencia Cretácico-Paleógena, con 6000 metros de contraste entre sí, ello se debe a que es la secuencia que ha experimentado mayor compactación por peso suprayacente a ésta. Se puede apreciar que a pesar de ser la secuencia mas espesa, su tasa de sedimentación es baja, en comparación con la observada a partir del Mioceno superior, lo que refleja que el tiempo de sedimentación de esta unidad es lo que controla este factor y no una alta tasa de aporte de sedimentos hacia la plataforma.
- Las unidades Cretácico-Paleógeno, Mioceno inferior y medio se depositaron en condiciones de margen pasivo en depocentros asociados a subsidencia por enfriamiento termal de la corteza y reactivaciones locales de estructuras remanentes del talúd.
- Durante el Mioceno superior se desarrolla en el Oriente venezolano un margen tectónico transicional con presencia de depocentros asociados a la fase temprana de subsidencia generada por la subducción de las Antillas Menores en el Noreste de Venezuela y a estructuras extensionales debidas a la transmisión de movimiento de la falla El Pilar hacia la Plataforma Deltana.
- Los sedimentos del Plioceno y Cuaternario poseen las mas altas tasas de sedimentación en la Plataforma Deltana con un valor de hasta 1.41 Kms/año. El espacio de acomodación de este periodo es generado por: 1) acción del peso litostático de la columna sedimentaria sobre el basamento; 2) depocentros relacionados a la tectónica transpresional que experimenta el borde Oriental venezolano a causa de la interacción entre las placas Caribe y Suramérica; así como la migración experimentada por los inestables depósitos lutíticos del Mioceno; y 3) La subsidencia regional referida a la acción flexural en la corteza que produce la subducción activa de las Antillas Menores.

Agradecimientos

A los profesores A. Pilloud, C. Izarra, I. Rodríguez y J. Cavada por su valioso asesoramiento en la interpretación de datos bioestratigráficos y gravimétricos.

Referencias

Alfonzo, M. (2004) Interpretación geofísica integrada de transectas Norte-Sur y Oeste-Este en la Plataforma Deltana de Venezuela. Tesis de Grado. Universidad Simón Bolívar.

Armentrout, J. R., Becker, L. Fearn (1997) Biostratigraphic definition of depositional cycles and environments, Plio-Pleistocene, offshore southern Trinidad. Encuentro anual de la AAPG, v. 81, p.5.

Avé, H. (1997) Transpression, displacement partitioning and exhumation in the eastern Caribbean, South American plate boundary zone. *Tectonics* v.16, No. 2, pp 272-289.

Babb, S. y P. Mann (1999). Structural and sedimentary development of a neogene transpressional plate boundary between the Caribbean and South America Plates in Trinidad and the Gulf of Paria. Caribbean basins, sedimentary basins of the world, pp. 495-557, ELSEVIER.

Deville, E., A. Battani¹, R. Griboulard, S. Guerlais¹, S. Lallemand, A. Mascle¹, A. Prizhofer¹, y J. Schmitz (2003) Processes of Mud Volcanism in the Barbados-Trinidad Compressional System: New structural, Thermal and Geochemical Data. Search and Discovery Article #30017

Di Croce, J. (1995) Eastern Venezuela Basin: Sequence stratigraphy and structural evolution. Ph.D. Tesis, Rice University, Houston, Texas, USA. 225p.

Diaz de Gamero, M. (1996) The changing course of the Orinoco river during the Neogene: a review. *ELSEVIER Palaeo* 123, pp 385-402.

Erickson, J. y J. Pindell (1998) Sequence stratigraphy and relative sea-level history of the Cretaceous to Eocene passive margin of northeastern Venezuela and possible tectonic and eustatic causes of stratigraphic development.

Guevara, E., A. Aslan, W. A. White, J. A. Raney y J. C. Gibeaut (2004) The Orinoco Delta, Venezuela: Sedimentation Near an Active Plate Margin. *Bulletin* Vol. 88 No. 13 (Supplement).

Hallam, J.M., J.M Hancock., J.L.LaBraque, W. Lobrie y J.E Chanel (1985) Jurassic and Cretaceous geochronology and jurassic to paleogene magnetostratigraphy, en Snelling, N.J., ed., *The Chronology of the geological Record*, Geol. Soc. London Mem. 10, Blackwell Scientific, Boston Mass., p. 118-140.

Haq, B.U., J. Hardenbol y P.R. Vail (1988) Mesozoic and cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change, in *Sea-Level Changes-An Integrated Approach*, Publicación especial de la Soc. Econ. Petrol.Mineral., v. 42, p. 71-108.

Hernández, L. (2003) Modelado gravimétrico de 2 transectos regionales en la Plataforma deltana. Tesis de Grado, Universidad Simón Bolívar.

Jácome, M., N. Kuszniir, F. Audemard, S. Flint (2003) Formation of the Maturín foreland basin, eastern Venezuela: Thrust sheet loading or subduction dynamic topography. *Tectonics* v. 22, No. 5, 1046.

James, K. H. y S. Rigby (1993) Mesozoic-Early Paleogene paleogeography of Venezuela/Trinidad and its

implications for Caribbean/South America plate interaction. *AAPG* v. 77, p.326.

Kuzniir, N. (1999) Flexural Decomposition 5.3. University of Liverpool, Inglaterra.

Leonard, R. (1963) Geology and hydrocarbon accumulation, Columbus basin, offshore Trinidad. *Boletín AAPG*, v. 67, p. 1081-1093.

Mann, P., Schubert, C. y Burke, K. (1990) Review of Caribbean neotectonics, in Dengo G., Case J.E. (eds.): *The Caribbean Region*. Geological Society of America, Boulder, Colorado, v. H, p. 307-338.

Mann, P., J. Weber, L. Wood (2001) Tectonic framework for Trinidad and its eastern offshore area. Encuentro anual de la AAPG

National Geophysical Data Center (1988) ETOPO-5, bathymetry/topography data. Data Announc, 88-MGG-02, National Oceanic Atmospheric Administration, US Department of Commerce, Washington, DC.

Nieves, N. y F. Fernández (2002) Procesamiento, interpretación y modelaje gravimétrico y magnético en el Delta del Orinoco, Venezuela. XI Congreso Venezolano de Geofísica, 2002.

Pindell, J y L. Kennan (2001) Kinematic evolution of the Gulf of Mexico. *GCAGST*

Rohr, G.M, (1991) Paleogeographic maps, Maturín Basin of E. Venezuela and Trinidad. *Transactions of the 2nd Geological Conference of the GSTT*, p. 88-105.

Sánchez, M. (2002) Sequence Stratigraphy and Structural Framework of the Southeast Caribbean Margin: Offshore Orinoco Delta, Venezuela. *AAPG Bulletin*, Vol. 86 (2002), No. 13. (Supplement).

Slater, J.G. y Christie, P.A. F. (1980) Continental stretching: an explanation of the post-mid Cretaceous subsidence of the North Sea Basin. *Journal of Geophysical Research*, v. 85, p. 3711-3739.

Speed, R.C., Russo, R.M, y Okal, E.A. (1993) Seismicity and Tectonics of the Southeastern Caribbean. *Journal of Geophysical Research*, v. 98, n. 98, p.14,299-14,319.

Ughi, A., J. Reyes e I. Rodríguez (2004) Modelado geodinámico de la región central de Venezuela por medio del análisis de flexión de placas. XII Congreso Venezolano de Geofísica. Sociedad Venezolana de Geofísicos. Caracas, Venezuela.

Vail, P.R., Mitchum, R.M. y Thomson, S. (1977) Seismic stratigraphy and global changes in sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap in Payton, C.E. (eds): *Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration*. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, Memoir 26, p. 63-97.

Warne, A., R. Meade, W. White, E. Guevara, J. Gibeaut, R. Smyth, A. Aslan, T. Tremblay (2002) Regional controls on geomorphology, hidrology and ecosystem integrity in the Orinoco Delta, Venezuela. *ELSEVIER Geomorphology* No. 44, pp 273-307.

Wood, L. J. (2000) Chronostratigraphy and tectonostratigraphy of the Columbus Basin, eastern offshore Trinidad. *AAPG Boletín* v. 84, No. 12, pp 1905-1928.