

MODELO SEDIMENTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN ISNOTÚ EN EL FLANCO NORTE DE LOS ANDES CENTRALES VENEZOLANOS

Castro Alfonso Gerardo, Omar Guerrero, Sánchez Jesús Emilio.

gerardo_castro@cantv.net; oguerre@ula.ve; emiliosanchez5@cantv.net

RESUMEN

Un nuevo modelo sedimentológico para la Formación Isnotú (Mioceno Medio a Superior) es propuesto para los afloramientos pertenecientes al flanco norte de los Andes Centrales venezolanos, en las secciones ubicadas entre los estados Mérida y Trujillo. El establecimiento de este nuevo modelo se obtuvo a través del estudio y la caracterización de las litofacies, articulación de secuencias, determinación de las relaciones geométricas dentro de los cuerpos sedimentarios, estudio de los litosomas y de los elementos de arquitectura, lo que permitió definir su significado sedimentológico y la posición paleogeografía. En función de la litología y arquitectura fluvial, se obtuvieron tres litosomas característicos: litosomas canaliformes, conformados por canales de arena y guijarros, barras de arenas con acreción lateral; litosomas no canaliformes compuestos por depósitos de desbordamiento, y finalmente, litosomas de llanuras compuesto por la planicie aluvial. La Formación Isnotú, en la zona de estudio se divide en dos unidades sedimentarias, una unidad inferior donde predominan las secuencias retrogradantes, la cual se ajusta a un modelo de río meandriforme de arena, y una unidad superior que se caracteriza por prevalecer las secuencias agradantes y progradantes, las cuales se asocian a un modelo de río anastomosado de arena y guijarros con canales multiepisódicos, por lo que se considera un sistema fluvial de alta sinuosidad progradante.

INTRODUCCIÓN

Los depósitos del Mioceno medio en el Flanco Norandino (FNA) fueron originalmente estudiados por Sutton (1946), que empleo el término Isnotú para definir unos depósitos constituidos por lutitas y areniscas interestratificadas, los depósitos de la Formación Isnotú corresponde a las acumulaciones molásicas que representan el levantamiento andino y que se caracterizan por espesos mantos de sedimentos siliciclásticos, escasamente estudiados desde el punto de vista sedimentológico y estratigráficos, por lo cual se requieren de la aplicación de los nuevos conceptos de geología fluvial (Miall, 1985; 1996) necesarios en la redefinición de esta unidad.

En esta investigación lo que se pretende es redefinir la sección tipo de la Formación Isnotú, desde el punto de vista sedimentológico y estratigráfico, así como evaluar las secciones aflorantes, en el flanco norandino de Los Andes Centrales Venezolanos, es por ello que se pretende realizar un estudio que permita precisar aspectos litoestratigráficos de la unidad geológica, tanto en su sección tipo como en afloramientos distribuidos en el área de estudio. Definiendo facies, secuencias, elementos de arquitectura fluvial y litosomas sedimentarios, entre otros aspectos, según las características de sus depósitos, para de esta manera proponer un modelo sedimentológico para la unidad en estudio.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de interés se extiende a lo largo del flanco norte de los Andes Centrales Venezolanos, entre los estados Mérida y Trujillo. (Figura 1).

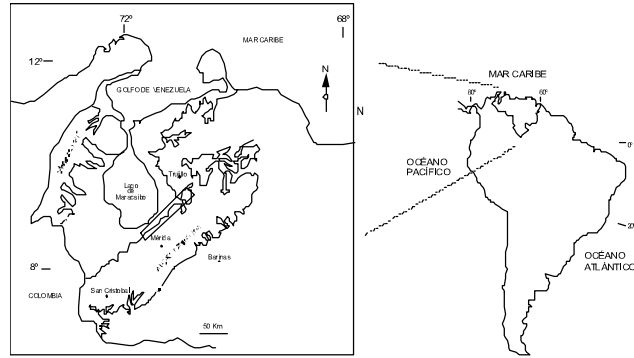


Figura 1. Ubicación del área de estudio

METODOLOGIA

En la etapa de campo se desarrollaron las siguientes actividades: Reconocimiento del área de estudio, estableciendo vías, caminos de acceso donde los afloramientos se encuentren en condiciones favorables para el estudio sedimentológico, levantamiento de columnas estratigráficas, esquemas de afloramientos y relaciones laterales, caracterización de las facies sedimentarias y relaciones entre ellas; litología, estructuras sedimentarias, texturas, geometría de los cuerpos, paleo-corrientes para ello se empleará la terminología descriptiva de Miall (1985; 1996) ajustada a nuestras observaciones y descripción fotográfica de afloramientos.

En la etapa de oficina, se interpretaron los datos obtenidos en campo por medio de relaciones verticales de facies en asociaciones y laterales por definición de litosomas, junto con la petrografía sedimentaria se propone el modelo sedimentario.

DESCRIPCIÓN E INTERPRETACION DE FACIES PARA LA FORMACIÓN ISNOTÚ.

LITOFACIES CONGLOMERATICAS:

Conglomerados con estratificación horizontal (facies gh)

Son conglomerados de gujarros, con soporte de clastos y matriz arenosa. La estratificación horizontal es la estructura característica de esta facies. Las láminas compuestas por “cosets” se interpretan como el relleno de canales por los que se encauza el flujo principal y mueve las gravas y arenas mediante formas de lecho que tienen crestas sinuosas más o menos oblicuas a la dirección de la corriente (Miall, 1977; Rust, 1978); por lo general las láminas se forman por sucesivos procesos de erosión y relleno (Ramos et al., 1986).

LITOFACIES ARENOSAS:

Arenisca con estratificación horizontal (facies sh)

Son areniscas de grano grueso y medio, de color ocre en cuerpos lenticulares y tabulares aislados con base erosiva y tope ligeramente convexos. La característica definitoria de esta facies es la laminación horizontal interna. Estas facies son el resultado de la sedimentación rápida de flujos arenosos intermitentes tipo “flash flood” (McKee *et al.*, 1967) transportados a alta velocidad como carga de fondo en condiciones de lecho plano, bajo un régimen de flujo alto a uno de transición (Miall, 1991).

Areniscas con estratificación cruzada plana (facies sp)

Son areniscas de grano medio, grueso a gujarrosas muy friables de color ocre y blanco. La principal característica de esta facies es la estratificación cruzada plana. Se interpreta como el resultado de la migración y acumulación de dunas arenosas de cresta recta transversales a la dirección del flujo. Estas dunas pueden migrar sobre el techo de formas mayores (barras longitudinales) en etapas de descenso del flujo (Galloway & Hobday, 1983; Miall, 1991).

Areniscas con estratificación cruzada en surco (facies st)

Son areniscas de grano medio, grueso a gujarrosas muy friables de color ocre, que presentan estratificación en surco como estructura definitoria. Esta facies se interpreta como el resultado de la

migración y sedimentación de trenes de dunas o megaripples de cresta sinuosa más o menos perpendicular a la dirección del flujo, en corrientes de bajo régimen de flujo (Allen, 1982; Miall, 1991), turbulento y con concentración de carga de fondo relativamente baja.

Areniscas con estratificación cruzada plana de bajo ángulo (facies sl)

Areniscas de grano medio y fino de color ocre y blanco, deleznales presentan nódulos de hierro, trazas de hierro, concreciones, intraclastos de cuarzo, chert y fragmentos de roca. La particularidad principal de distinción que la define, es la presencia de estratificación cruzada plana de ángulo bajo (menores a los 15° y más comúnmente menores de 10°). Esta facies es producida por carga en suspensión bajo condiciones de corriente unidireccional con régimen turbulento de flujo de alto a transicional. (Cotter y Graham, 1991).

LITOFACIES DE FANGOS

Areniscas de grano muy fino, limo y arcillas laminados (facies fl)

Son de color ocre, gris, moteadas en rojo, morado y amarillo, presentan laminación horizontal, ondulante, flaser, lenticular, restos de plantas y tallos. Es común observar nódulos de óxidos de hierro, trazas de hierro, trazas de carbón, muy puntual disyunción bolar y prismática, concreciones de arcilla.

Arcillas limosas (facies fm)

Son masivas de color gris y moteadas en rojo, morado, y amarillo, presentan gran cantidad de nódulos de óxidos de hierro, trazas de carbón, trazas de óxidos de hierro, restos de tallo, disyunción prismática, disyunción bolar en gran abundancia, concreciones de arcilla. Esta litofacies representa los depósitos más distantes de la planicie de inundación.

Arcillas limosas con rizolitos (facies fr)

Son masivas con abundantes estructuras biogénicas de rizolitos, tubificaciones, de aproximadamente 1.5 cm de diámetro. Presentan un color altamente abigarrados en rojo, morado y amarillo, se observan también nódulos de hierro, trazas de carbón, restos de tallo, disyunción prismática y bolar.

LITOFACIES DE PALEOSUELO (FACIES P)

Son horizontes endurecidos masivos que se encontraron en areniscas de grano grueso, medio y fino de color rojo, ocre o gris, con nódulos y micronódulos de óxidos de hierro, presencia de rizolitos, cemento de hematita. Son capas marcadoras, y se interpretan como zonas de exposición a los agentes del intemperismo por períodos importantes de tiempo (miles de años), en la llanura aluvial.

LITOFACIES DE CARBON (FACIES C)

La facies se caracteriza por presentar lutitas carbonosas, laminadas de color negro, esta facies se encontró muy localizada en la localidad tipo, con muy poca distribución y extensión alcanzando hasta 40 cm de espesor. El carbón típicamente se asocia a depósitos de planicies de inundación y deltas.

TIPOS DE LITOSOMAS

De acuerdo al significado genético (relleno de canal o depósito de desbordamiento) y a la relación ancho profundidad (geometría) se establecen los siguientes litosomas:

Litosomas canaliformes: en los que se hallan los canales lenticulares (Figuras 2 y 3) en mayor proporción, también se ubican los canales tabulares (sheet), y las barras convexas con acreción.

Litosomas no canaliformes: conformados por cuerpos de arenas dentro de la llanura aluvial, laminares (sheet flood) y depósitos de crevasse.

Litosomas de llanuras: determinados por sedimentos muy finos en la planicie aluvial.

ARTICULACIÓN SECUENCIAL Y MODELO SEDIMENTOLÓGICO

Se establecieron dos unidades sedimentarias, partiendo desde la base de la sección hasta el tope, en función de la similitud del comportamiento de sus depósitos, lo cual facilitó su interpretación, para de esta manera lograr establecer un nuevo modelo aproximado de lo que correspondería con la Formación Isnotú en el área de estudio.

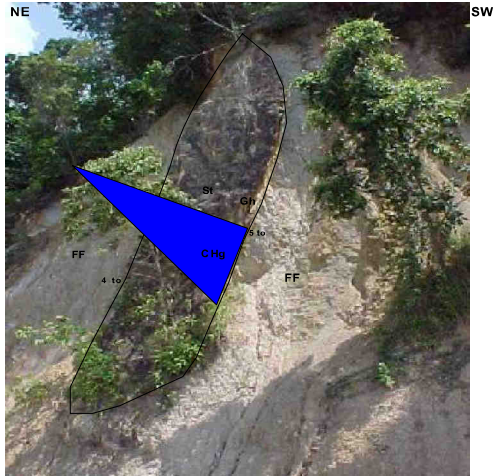
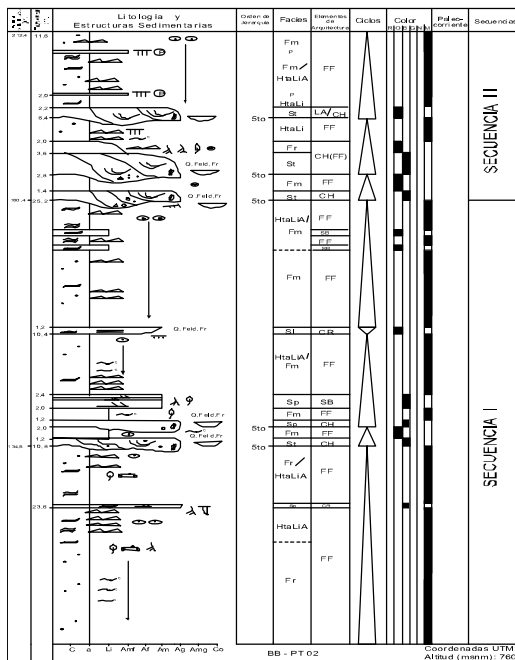


Figura 2. Canal lenticular.



Figura 3. Canal principal grano decreciente con su respectiva acreción lateral y grandes espesores de llanura aluvial. Sección tipo, Formación Isnotú.

UNIDAD SEDIMENTARIA I. Corresponde con la parte basal de la Formación Isnotú y se encuentra ubicada en las secciones estratigráficas levantadas en la localidad tipo, y en la zona de Bolero Bajo – La Palmita. (Figura 4).



La litología esta representada por areniscas de grano grueso, medio y fino, algunos conglomerados de guijarros que están presentes como depósitos residuales de fondo de canal, angulares, subangulares y subredondeados, donde se acumulan como resultado de la erosión del banco. Arcillas limosas en mayor proporción y en menores proporciones paleosuelos y laminas de carbón, estas últimas muy localizadas en la localidad tipo. Los elementos de arquitectura fluvial característicos para esta unidad son canal de meandro con acreción lateral con geometría sigmoidal producto del flujo helicoidal, aislado o multiepisodico amalgamado debido a una mayor influencia de la migración lateral, también se presentan grandes espesores de llanura aluvial y con mayor frecuencia los depósitos de abanicos de crevasse, canal de crevasse, y barras de crevasse.

Figura 4 Columna Estratigráfica, representativa de la unidad sedimentaria I de la Formación Isnotú

Por los argumentos antes expuestos se toman como evidencia para establecer un patrón de subambientes fluviales de alta sinuosidad con un comportamiento granodecreciente – estratodecreciente, en la línea con la idea las secuencias en general para esta unidad son de carácter retrogradante – agradable y según la metodología empleada, desde el punto de vista dinámico se establece que la paleo-cuenca sedimentaria presentaba una subsidencia relativamente alta a intermedia con presencia de canales de alta sinuosidad. Dentro esta perspectiva, esta unidad sedimentaria inferior es comparable con el modelo 6 de los estilos fluviales de Miall (1996). Ríos meandriiformes de arena.

UNIDAD SEDIMENTARIA II. Corresponde con la unidad superior de las secuencias establecidas para la Formación Isnotú y fue ubicada en el sector Estánquez – El Vigía, y en el área de Bolero Bajo

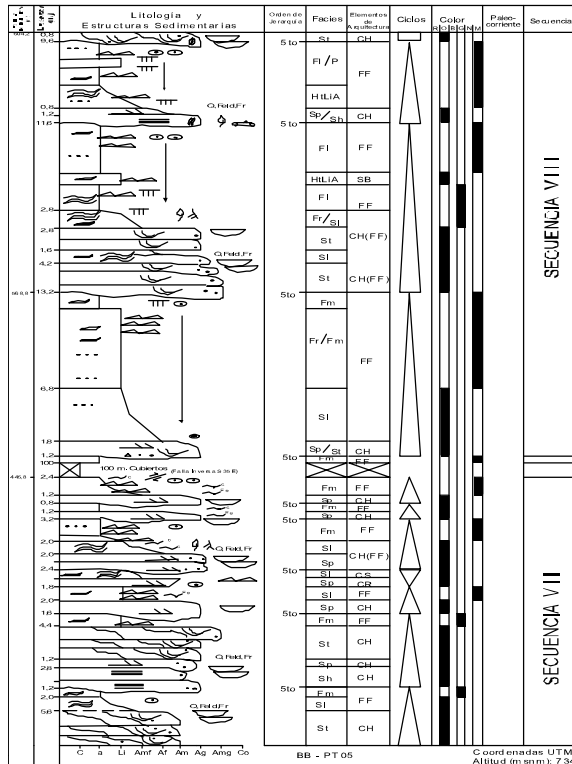
– La Palmita, (Figura 5). Estas secuencias presentan asociaciones de facies más proximales a la fuente de aporte.

La litología esta representada por areniscas de grano muy grueso, grueso a areniscas guijarrosas, presenta además conglomerados de guijarros con un diámetro de 4 a 16 milímetros, angulares a subangulares, con abundantes intraclastos de cuarzo chert y feldespato.

Los elementos de arquitectura fluvial característicos para esta unidad son canales con acreción lateral, multiepisódicos apilados, acreción aguas abajo, estos últimos en mayor proporción debido a un gran incremento de la migración lateral, la llanura aluvial presenta menos potencia en relación con la unidad sedimentaria basal y son comunes los depósitos de abanicos de crevasse, canal de crevasse, y barras de crevasse.

Por consiguiente se establece un patrón de subambientes fluviales de alta sinuosidad, con secuencias que son de carácter general agradante – progradante y según la metodología de Allen (1989), desde el punto de vista dinámico se establece que la paleo-cuenca sedimentaria presentaba una subsidencia relativamente media a baja con presencia de canales apilados de alta sinuosidad producto de una mayor migración lateral. Dentro esta perspectiva, esta unidad sedimentaria inferior es comparable con el modelo 8 de los estilos fluviales de Miall (1996). Ríos Anastomosados.

Figura 5 Columna Estratigráfica, representativa de la unidad sedimentaria II de la Formación Isnotú.



CONCLUSIONES

Las asociaciones de facies permitieron identificar potentes secuencias granodecrecientes de carácter fluvial continental.

Se identificaron cinco litofacies características para la Formación Isnotú: litofacies conglomeráticas de guijarros, litofacies arenosas, litofacies de finos, litofacies de paleosuelo y litofacies de carbón.

En función de los elementos de arquitectura fluvial, se establecieron tres litosomas característicos: litosomas canaliformes, conformado por canal de meandro (CH) lenticulares y tabulares, acreción lateral (LA) y macroformas de acreción aguas abajo (DA). Litosomas no canaliformes compuesto por canal de rotura (CR), abanico de crevasse (CS), y barras tabulares de crevasse (SBC). Y finalmente litosomas de llanuras (FF) determinados por sedimentos muy finos en la planicie aluvial.

Del análisis de la petrografía sedimentaria se establecieron tres microfacies en función del tamaño del grano: microfacies de grano muy grueso y grueso angulares y subangulares, microfacies de grano medio y microfacies de grano fino angulares, subangulares y subredondeados, de las que se obtuvieron los siguientes tipos de rocas: Arcosas, Subarcosas, Sublitanitas y Grauvacas Líticas de acuerdo a la clasificación de Pettijohn et al., (1972).

Se propone para la Formación Isnotú en el área de estudio, un nuevo modelo sedimentario de subambiente de río meandriforme, con alta e intermedia subsidencia en la parte inferior, y en la parte superior un modelo de río anastomosado con intermedia y baja subsidencia, por lo que se considera un sistema fluvial de alta sinuosidad progradante.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes (CDCHT), por ofrecerme su apoyo económico para la realización de los proyectos I – 861 – 05 – 02 – F. I – 772 – 04 – 02 – B.

Al Departamento de Asuntos Estudiantiles (DAES), por su valiosa contribución en esta investigación.

Al Centro de Investigaciones de PDVSA (INTEVEP), por la colaboración brindada en la ejecución de este proyecto.

REFERENCIAS

- Allen, J.R.L. 1982. *Sedimentary Structures. Their character and physical basis.* Elsevier, p. 593.
- Allen, G.P.; Coadou, A. & Mercier, F. 1989. Clastic reservoir sedimentology. *Clastic Sedimentology Section. Total Exploration Laboratory*, p. 89.
- Cotter E, Graham JR 1991. Coastal plain sedimentation in the late Devonian of southern Ireland: hummocky cross – stratification in fluvial deposits. *Sediment Geol* 72: p. 201 – 204.
- Galloway W. E. & Hobday, D. K. 1983. Terrigenous clastic depositional systems. *Applications to petroleum, coal and uranium exploration.* Springer – Verlag, New York, p. 432.
- Guerrero, O. 2003. Sedimentología del Abanico Aluvial de Fuente El Carnero, Eoceno del Sector sur – occidental de la cuenca del Duero (Zamora). Universidad de Salamanca. p. 114.
- Lorente, M.A., 1986. Palynology and Palynofacies of the Upper Tertiary in Venezuela. *Cramer, Berlin-Stuttgart, Dissertationes Botanicae*, No. 99, p. 222.
- McKee E.D., Crosby E. J. & Berryhill, H.L. 1967. Flood deposits, Bijou Creek, Colorado. *Journal Sedimentary Petrology* 37: p. 829 – 851.
- Miall, A. 1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth Sciences Review*, 13: p.1 – 62.
- Miall, A. 1985. Architecture – Element Analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Review*, 22: p. 261 – 308.
- Miall, A. 1991. Hierarchies of architectural units in clastic rocks, and their relationship to sedimentation rate. In: *The three – dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments, and its implications for hydrocarbon discovery and recovery.* (A. D. Miall & N. Tyler. Eds). *Soc. Econ. Paleontol. Mineral.*, 3: p. 6 – 12.
- Miall, A. 1996. The Geology of Fluvial Deposits. *Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. p. 99 – 155, 169 – 173, 191 – 245.
- Pettijohn, F.J., Potter P.E. & Siever. R. 1972. *Sand and sandstone.* Springer & Verlag. New York, p. 618.
- Rust, B.R. 1978. Depositional models for braided alluvium. In: *Fluvial Sedimentary* (A.D. Miall, Ed.). *Can. Soc. Petrol. Geol., Mem.* 5: p. 605-625.
- Sutton, F. A. 1946. Geology of Maracaibo Basin, Venezuela. *Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, 30 (10), p. 1706 - 1707.