

Significado Estratigráfico Secuencial de Algunos Depósitos Basales del Cretácico en Colombia: Caso de las Formaciones Yaví y Tibasosa.

LUIS VERGARA & JAVIER GUERRERO

Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado Aéreo 14490, Santafé de Bogotá, Colombia

VERGARA, L. & GUERRERO, J. (1996): Significado Estratigráfico Secuencial de Algunos Depósitos Basales del Cretácico en Colombia: Caso de las Formaciones Yaví y Tibasosa. - *Geología Colombiana* n. 20, p. 133-140, 3 Figs., Santafé de Bogotá.

Palabras claves: Estratigrafía secuencial, Cretácico inferior, Formación Yaví, Formación Tibasosa, Valle Superior del Magdalena, Boyacá.

RESUMEN

Se discute el significado estratigráfico secuencial de los depósitos conglomeráticos basales de la Formación Yaví (Aptiano, Valle Superior del Magdalena) y de la Formación Tibasosa (Valanginiano/Hauteriviano, Boyacá), así como la respuesta de sistemas fluviales a cambios del nivel del mar. La discusión se centra en la asignación de la parte inferior de sucesiones cuya depositación se inicia sobre basamento, a sistemas transgresivos (TST) o a sistemas de bajo nivel (LST). En este trabajo favorecemos la primera hipótesis, debido a que los ambientes sedimentarios de las sucesiones muestran depositación continental en su parte inferior, con una clara tendencia transgresiva hacia ambientes marinos. Se plantea que para que se inicie la sedimentación sobre basamento previamente sujeto a erosión, el nivel del mar debe subir relativamente (TST) y avanzar hacia el continente, en lugar de bajar (LST). Se llama la atención sobre la necesidad de tener en cuenta en la interpretación estratigráfica secuencial, el escenario paleogeográfico regional durante el inicio de la sedimentación marina del Cretácico inferior en Colombia.

ABSTRACT

In this paper we aim discussing the sequence stratigraphic significance of the lower conglomeratic deposits of the Yaví Formation (Aptian, Upper Magdalena Valley) and of the Tibasosa Formation (Valanginian/Hauterivian, Boyacá), as well as the response of fluvial systems to sea level changes. The discussion is focused in the assignment of the lower part of the successions deposited over basement to a Transgressive Systems Tracts (TST) or to a Lowstand Systems Tracts (LST). The hypothesis of a TST is favored here because of the transgressive tendency of the stratigraphic succession, from continental to marine sedimentation. It is proposed that sedimentation on top

of the previously exposed basement responded to sea level rise and landward retrogradation (TST) instead of sea level fall and progradation (LST). Attention is brought towards the need to take into account the regional paleogeographic scenario for sequence stratigraphy analysis, during the beginning of marine sedimentation in the lower Cretaceous of Colombia.

INTRODUCCION

A pesar de la aceptación de la terminología y conceptos de la estratigrafía secuencial a nivel mundial, plasmada en innumerables publicaciones en los últimos quince años, actualmente se siguen cuestionando intensamente varias de sus premisas. Uno de los aspectos más controversiales en estratigrafía secuencial se refiere a la aplicación del método en depósitos continentales antiguos y su relación con los cambios relativos del nivel del mar. No existe consenso sobre algunos fenómenos físicos que controlan la sedimentación continental y su relación con el nivel del mar, los cuales son complejos y siguen siendo motivo de controversia entre sedimentólogos. Este debate ha sido abordado por numerosos investigadores, entre los cuales resaltamos la síntesis elaborada por SHANLEY & MCCABE (1994), donde se encuentran referenciados los demás trabajos de relevancia sobre el tema.

En esta contribución nos proponemos discutir la interpretación secuencial de los depósitos basales del Cretácico en dos casos específicos: el de la Formación Yaví (Aptiano temprano/tardío) en el Valle Superior del Magdalena y el de la Formación Tibasosa (Valanginiano/Hauteriviano) en las cercanías del Macizo de Floresta, Boyacá. La discusión que llevaremos a cabo se centrará en la denotación de la sucesión basal gruesa de estas unidades como sistemas deposicionales de bajo nivel (Lowstand Systems Tracts: LST) o sistemas deposicionales

transgresivos (Transgressive Systems Tracts: TST). La interpretación de estos estratos dentro de uno u otro sistema tiene implicaciones en cuanto a nomenclatura de estratigrafía secuencial y en cuanto a la paleogeografía del Cretácico inferior. El concepto de secuencia que se sigue aquí es el propuesto por MITCHUM *et al.* (1977).

Dentro del marco paleogeográfico revelado en varias publicaciones (e.g. ETAYO-SERNA *et al.* 1976; FABRE 1985; COOPER *et al.* 1995), la sedimentación cretácica marina en Colombia se inició durante el Berriasiano en una cuenca del tipo tras-arco localizada al oriente de un arco volcánico andino y al occidente del Escudo de Guayana. A medida que se produjo subsidencia tectónica, la cuenca se abrió como un "rift" alargado y el mar avanzó hacia el sur y hacia los extremos de la cuenca. El área del Macizo de Floresta se mantuvo emergida a comienzos del Cretácico, hasta que durante el Valanginiano/Hauteriviano se inició la sedimentación. Similarmente, el Valle Superior del Magdalena estuvo sujeto a erosión hasta el Aptiano, edad durante la cual se inició la deposición de la Formación Yaví. Se acepta que durante el Cretácico inferior la sedimentación ocurrió en una cuenca influenciada por inestabilidad tectónica.

Caso 1: Formación Yaví

Utilizaremos como referencia la interpretación secuencial de VERGARA (1992, 1994) sobre la sucesión expuesta en la Quebrada Bambucá del Valle Superior del Magdalena. Este autor reconoció un límite de secuencia del tipo I en el contacto discordante entre la Formación Saldaña y las capas conglomeráticas basales de la Formación Yaví e incluyó prácticamente toda la unidad dentro de un LST (ver columnas Figs. 10, 28 de VERGARA 1994). Las rocas de la parte inferior de la Formación Yaví fueron depositadas por corrientes fluviales trenzadas, ambientes que evolucionaron a ríos meandriformes, como se registra en la parte media a superior de la sucesión (PRÖSSL & VERGARA 1993). Esta sucesión de ambientes está generalmente de acuerdo con la litología que se observa en otras partes de la cuenca del Alto Magdalena (ver MOJICA & MACÍA 1983; VIANA 1993; RENZONI 1994; FLÓREZ & CARRILLO 1994). La parte inferior de la Formación Yaví se sitúa cronológicamente a finales del Aptiano temprano, de acuerdo con PRÖSSL & VERGARA (1993).

Durante un largo período de exposición subaérea (Jurásico tardío -Aptiano), previo a la sedimentación de la Formación Yaví, el área se mantuvo por encima del nivel de base sin que se preservara ningún depósito. El conglomerado polimíctico basal representa el avance de la sedimentación en sistemas fluviales, al producirse un cambio

en el mismo. El significado de nivel de base es el propuesto por SHANLEY & McCABE (1994) como "nivel estratigráfico de base", en contraste con el nivel geomorfológico de base. Estos difieren en que el primero es un concepto dinámico, que define la superficie por debajo de la cual existe espacio de acomodación y por encima de la cual se produce erosión, mientras que el segundo corresponde con la proyección geoidal del nivel del mar. Espacio de acomodación se puede generar en cualquier lugar del perfil de un río por ascenso del nivel del mar o por subsidencia tectónica.

Discutiremos a continuación las dos hipótesis de trabajo para la deposición de estos estratos, que comprenden los siguientes mecanismos: 1) un descenso relativo del nivel del mar y 2) un ascenso relativo del mismo. En ambos casos, el fenómeno se atribuye a factores tectónicos locales o a cambios globales del nivel del mar, como se menciona anteriormente. En la terminología estratigráfico-secuencial, la primera posibilidad implica que la sucesión se agrupa dentro de un LST y la segunda dentro de un TST.

Descenso en el nivel del mar (LST)

De acuerdo con las definiciones de VAN WAGONER *et al.* (1990) el LST está comprendido entre la discordancia del límite de secuencia y la primera superficie mayor de inundación marina de la base del TST. El nivel del mar se mantiene bajo o continúa descendiendo durante el LST. POSAMANTIER & ALLEN (1993) adjudican la incisión de valles fluviales en una plataforma marina expuesta, a la etapa temprana del LST, mientras que en la etapa tardía del LST dichos valles serán rellenados por sedimento. Según POSAMANTIER *et al.* (1992), una superficie erosiva regional seguida por sedimentación clástica gruesa sugiere una regresión forzada causada por un descenso eustático.

Modelos de sedimentación fluvial durante descensos del nivel del mar se encuentran en POSAMANTIER & VAIL (1988: Figs. 15, 16, 20, 28-32) y POSAMANTIER *et al.* (1992: Fig. 4). Según estos autores, dicho proceso depende esencialmente de la pendiente: si la plataforma es más inclinada que la llanura aluvial habrá erosión de esta última, mientras que en el caso contrario se creará espacio de acomodación subaéreo que permitirá la deposición de la carga del río (ver Fig. 1). El proceso mediante el cual existe sedimentación fluvial por caída del nivel de base recibe el nombre de "downfilling" en la terminología de SCHUMM (1993) (ver Fig. 2a).

De acuerdo con POSAMANTIER & VAIL (1988), el principio fundamental que gobierna la sedimentación en ambientes fluviales (manteniendo constante el aporte de sedimento)

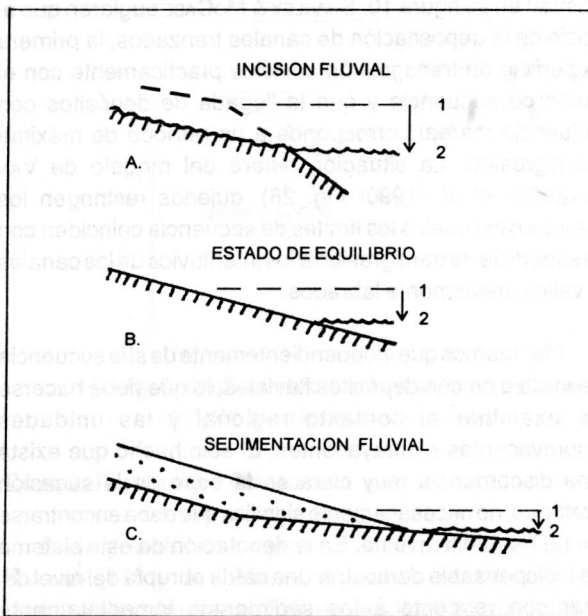


Fig. 1. Respuesta fluvial a un descenso en el nivel del mar de la posición 1 a la 2. Para explicación ver texto. En el caso b no ocurre sedimentación ni erosión por equilibrio entre la pendiente de la llanura aluvial y la plataforma. Tomado de POSAMENTIER *et al.* (1992: fig. 4).

es la migración del perfil de equilibrio del río hacia la cuenca o verticalmente hacia arriba, en cuyo caso se produce depósito; cuando el perfil se desplaza verticalmente hacia abajo, se produciría incisión (ver Fig. 3). Un concepto similar es discutido con mayor claridad por SHANLEY & MCCABE (1994) con el concepto de nivel estratigráfico de base.

MIALL (1991) objeta el modelo arriba mencionado de POSAMENTIER & VAIL (1988: Fig. 15), argumentando que el efecto de la migración hacia la cuenca del perfil de equilibrio de un río, no causa depositación fluvial significativa ni implica un cambio vertical en el nivel del mar. Según MIALL (1991), un cálculo sencillo indica que si se desplaza la boca de un río con pendiente de 0.001 (e.g. Río Nilo) una distancia de 100 km en dirección a la cuenca, apenas 10 m de espacio de acomodación subaéreo se pueden generar. Estas conclusiones están de acuerdo con experimentos reportados por SCHUMM (1993), los cuales indican que únicamente cambios en el nivel del mar no influyen en forma significativa el sistema fluvial río arriba para que se genere un espacio de acomodación importante.

Respecto a las apreciaciones de MIALL, es importante anotar que si se desplaza la desembocadura del río 100 km o más en dirección de la cuenca, habría migración de facies

hacia la misma y posiblemente un cambio sedimentológico importante, como por ejemplo depósito de ríos trenzados sobre un depósito previamente dominado por ríos meandriformes. En el ejemplo anterior, un desplazamiento 5 veces mayor (500 km) de la línea de costa en dirección de la cuenca, haría descender el nivel de base (no necesariamente generando espacio de acomodación) en aproximadamente 50 metros y probablemente sometería la plataforma a erosión y posterior relleno de valles con depósitos fluviales. En este caso se generaría un límite de secuencia del tipo I.

Aparte de esto, otro factor que pudo favorecer la sedimentación basal es un levantamiento del área fuente. Este fenómeno puede generar espacio de acomodación subaéreo por aumento de la pendiente, así como un descenso relativo del nivel del mar. Luego de un levantamiento tectónico del área fuente, la sedimentación ocurrirá por "downfilling", donde la pendiente del valle se suaviza, como se discutió anteriormente (ver Figs. 1c, 2a). SCHUMM (1993: Fig. 14) estima que mientras un descenso en el nivel del mar produce efectos reducidos cerca de la desembocadura, un aumento en el relieve tendrá efectos considerables en todo el sistema fluvial.

MIALL (1991: Fig. 1), al referirse al ejemplo teórico de POSAMENTIER & VAIL (1988: Fig. 15) acerca de los cambios fisiográficos al migrar el perfil de equilibrio, señala precisamente esta situación como un buen ejemplo de lo que ocurriría a un río cuando el área fuente es levantada. Mientras que los sedimentos más gruesos se depositarían cerca del punto de inflexión del perfil fluvial, los abanicos aluviales se apilarán contra los escarpes fallados.

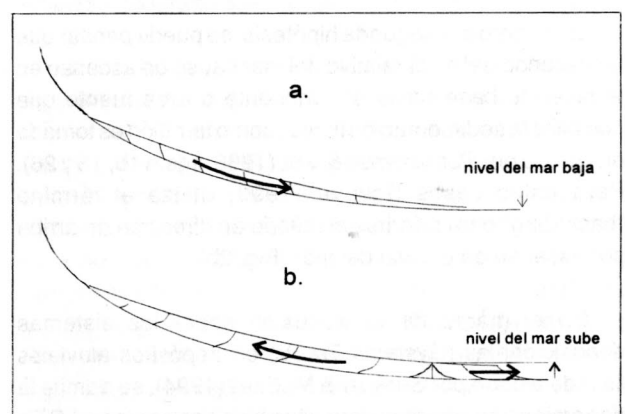


Fig. 2. Ilustración esquemática de la sedimentación fluvial por procesos de a) "downfilling" luego de un descenso en el nivel de base y b) "backfilling" al ocurrir un ascenso en el mismo. Tomado de SCHUMM (1993: fig. 12).

El proceso de levantamiento tectónico del área fuente pudo influir en la sedimentación de la Formación Yaví, y solamente si este levantamiento fue de mayor magnitud que un cambio eustático, la nomenclatura estratigráfica secuencial aplicable para la Formación Yaví sería la de un LST. En este caso se habría producido un descenso relativo del nivel del mar. Esta posibilidad será discutida posteriormente al considerar el escenario paleogeográfico.

Independientemente de dichos factores, hay que tener en cuenta que el conglomerado polimítico basal de la Formación Yaví, que se interpreta como producido por un sistema de ríos trezados, no se depositó sobre un sistema inmediatamente anterior ni sobre un área de plataforma marina; consecuentemente, no se puede comparar su ambiente de depósito con el de sedimentos preexistentes. La comparación se hace por consiguiente con basamento de áreas expuestas, por encima del nivel de base y por lo tanto sujetas a erosión. El nivel relativo del mar inmediatamente antes del depósito de la Formación Yaví fue más bajo que el que imperó durante el depósito de la unidad y ascendió, como lo indica la sucesión de facies, de ríos trezados a ríos meandriformes, hasta llegar a los depósitos litorales de la Formación Caballos.

Si bien es cierto que según el modelo de Exxon los depósitos fluviales por encima de un límite de secuencia normalmente se incluyen dentro de un LST, alternativa considerada también por SHANLEY & McCABE (1994), este procedimiento es cuestionable para los depósitos basales de la Formación Yaví por varias razones, que discutiremos más adelante.

Ascenso en el nivel del mar (TST)

En cuanto a la segunda hipótesis, se puede pensar que un ascenso del nivel relativo del mar cause un ascenso en el nivel de base hacia el continente o área fuente que posibilite la sedimentación fluvial, como también es tomado en cuenta por POSAMENTIER & VAIL (1988: figs. 11b, 13 y 26). Para estos casos SCHUMM (1993) utiliza el término "backfilling" para referirse al relleno en dirección río arriba por ascenso en el nivel del mar (Fig. 2b).

En el marco de la discusión sobre los sistemas deposicionales (*Systems Tracts*) en depósitos aluviales llevada a cabo por SHANLEY & McCABE (1994), se admite la denominación de estos depósitos bien sea como un LST o como un TST, siempre y cuando se considere el conocimiento geológico regional, sobre el cual enfatizan. Sin embargo, en la asignación de estos sistemas a depósitos fluviales, le confieren mayor importancia al ascenso del nivel del mar en la sedimentación fluvial. En el ejemplo que

ilustran en su figura 10, SHANLEY & McCABE sugieren que al inicio de la depositación de canales trezados, la primera superficie de transgresión coincide prácticamente con el límite de secuencia y que la llegada de depósitos con influencia mareal corresponde a un período de máxima transgresión. La situación difiere del modelo de VAN WAGONER *et al.* (1990: Fig. 26), quienes restringen los casos en los cuales los límites de secuencia coinciden con la superficie de transgresión a los interfluvios de los canales o valles previamente labrados.

Planteamos que independientemente de si la secuencia se inicia o no con depósitos fluviales, lo que debe hacerse es examinar el contexto regional y las unidades suprayacentes e infrayacentes. El sólo hecho que exista una discordancia muy clara en la base de la sucesión cretácica, no necesariamente significa que deba encontrarse un LST sobre la misma. En la denotación de este sistema es indispensable demostrar una caída abrupta del nivel del mar con respecto a los sedimentos inmediatamente anteriores. En el caso de la Formación Yaví, si bien es cierto que se encuentran depósitos de ríos trezados inmediatamente por encima de un límite de secuencia, hay que tener en cuenta que el basamento infrayacente se encontraba en una posición más distal con respecto a la cuenca, que un área de sedimentación fluvial. Lo anterior permite concluir que se ha producido desplazamiento de las facies hacia el continente, como resultado de un sistema transgresivo o TST.

El concepto de nivel estratigráfico de base de SHANLEY & McCABE (1994) es útil por cuanto permite relacionar los cambios relativos del nivel del mar con la creación de espacio de acomodación y con fenómenos erosivos. Para que se iniciara y preservara el depósito de la Formación Yaví, el nivel de base tuvo que ascender. Dicho ascenso tuvo que estar ligado con la generación de espacio de acomodación como resultado de subsidencia tectónica local (asociada o no al levantamiento de frentes montañosos) o como resultado de un ascenso eustático. En cualquiera de las dos situaciones o en la combinación de ellas, el nivel estratigráfico de base asciende como resultado de un ascenso relativo del nivel del mar.

En contraste con el sistema de bajo nivel o LST propuesto por VERGARA (1992, 1994) para la Formación Yaví, aquí proponemos un sistema transgresivo o TST. La depositación de la Formación Yaví se inició como resultado de un ascenso del nivel de base, que permitió el depósito sobre las rocas de la Formación Saldaña, previamente expuestas a erosión por encontrarse por encima del nivel de base.

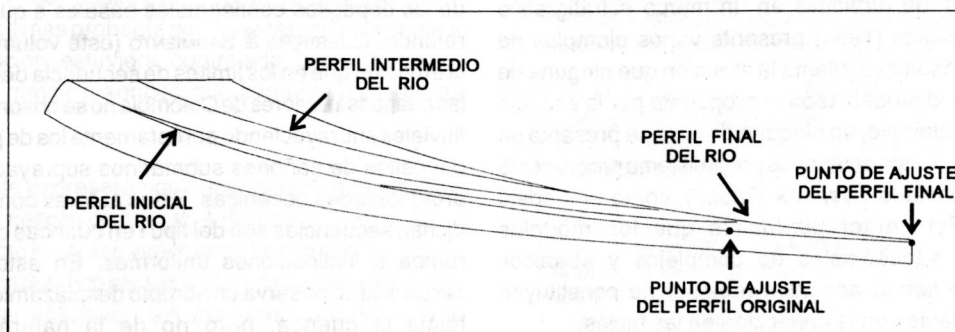


Fig. 3. Sedimentación fluvial por traslado del punto de equilibrio en dirección de la cuenca, según el principio de POSAMENTIER & VAIL (1988: fig. 15). Para discusión ver texto.

Caso 2: Formación Tibasosa

En la descripción original de la Formación Tibasosa, RENZONI (1981) la divide en algunos miembros, de los cuales el Miembro basal (Kit4) es de interés en este trabajo. Dicho miembro reposa discordantemente sobre la Formación Cuche de edad Devoniano medio-Carboniano y es suprayacido por el miembro calcáreo inferior que contiene fósiles del Hauteriviano temprano. El presente caso guarda similitud con el de la Formación Yaví en la medida en que la Formación Tibasosa también es la base del Cretácico en la zona de Tunja y Tibasosa (Boyacá) y yace discordantemente sobre capas de un ciclo sedimentario mucho más antiguo. Para el presente caso tendremos como punto de referencia el trabajo de ALZATE & BUENO (1994), que representa un esfuerzo valioso de reconstruir las facies y los cambios del nivel del mar en alrededores del Macizo de Floresta. Estos últimos reportan una edad de Valanginiano para la parte inferior de la unidad.

En la interpretación ambiental de ALZATE & BUENO (1994), los 90 m inferiores de la Formación Tibasosa en la sección de San Antonio son considerados como un complejo turbidítico de un LST (ver columnas Figs. 5, 17 de ALZATE & BUENO 1994). En nuestra opinión, sin embargo, las evidencias que apoyen depósitos turbidíticos no son muy claras, debido a que existen elementos como la presencia de lodolitas carbonosas y horizontes ricos en restos de hojas de plantas que indican ambientes proximales a la costa. RENZONI (1981: ver también columna plancha 4) describió la unidad como compuesta por "un conglomerado heterogéneo mal calibrado (en la pura base), seguido por conglomerado homogéneo y mejor calibrado, luego por limolitas verdes y moradas y por arenisca a veces conglomerática con estratificación entrecruzada". También se menciona la existencia de óxidos de hierro. Estas descripciones sugieren ambientes continentales de ríos trenzados y meandriformes a ambientes transicionales en donde se encuentran las lodolitas carbonosas y restos de

hojas. En la guía de campo escrita por CUERVO (1995), quien resume el trabajo de ALZATE & BUENO, se plantea la posibilidad que los 90 m inferiores en la sección de San Antonio se hayan acumulado como "turbiditic fans and by either overbank turbiditic channels or deltaic deposits", interpretación que asigna a la unidad alguno de los ambientes que podrían hacer parte del LST.

Un análisis más detallado que incluya información de facies y biofacies puede aclarar dudas adicionales con respecto al ambiente de depósito. No obstante, hay algunos factores independientes de esto que se pueden considerar en la denominación de un sistema sedimentario particular para el miembro basal de la Formación Tibasosa. Varios presentan coincidencias con el caso de la Formación Yaví. El ciclo sedimentario anterior a la Formación Tibasosa es de edad paleozoica y la sedimentación cretácica relleno un paleorelieve irregular. Prueba de ello son los cambios de espesores (RENZONI 1981) y el basamento de diversas edades y naturaleza sobre las cuales reposa la unidad.

Dentro del esquema de ALZATE & BUENO (1994), los depósitos turbidíticos de la Formación Tibasosa pertenecen a una cuña de bajo nivel ("Lowstand Wedge": LW). Según VAN WAGONER *et al.* (1990) un LW se compone de juegos de parasecuencias progradantes que conforman un depósito acuñado al borde de la plataforma y que cubre el talud de la secuencia precedente. De acuerdo a lo anterior, esta interpretación implica la existencia de: 1) una plataforma emergida, 2) un talud continental de alta pendiente y 3) un descenso fuerte del nivel del mar hasta el límite de la plataforma. Pensamos que ninguno de estos factores es aplicable en este caso. Un paleorelieve con bloques del Paleozoico y del Macizo de Floresta no es compatible con la existencia de una plataforma y difícilmente puede ser rellenado por una sucesión basal de origen turbidítico. Más adelante nos referiremos, en la discusión, a la existencia de una plataforma.

A propósito de turbiditas en un marco estratigráfico secuencial, WALKER (1994) presenta varios ejemplos de secuencias turbidíticas y llama la atención que ninguna de ellas se ajusta al modelo teórico propuesto por la escuela de Exxon. Por ejemplo, en ninguno de ellos se presenta un LW importante, ni están cubiertos por el sistema progradante del HST ("*Highstand Systems Tracts*"), como el modelo pronostica. Este autor puntualiza que los modelos estratigráfico-secuenciales de complejos y abanicos turbidíticos no tienen análogos reales y no constituyen "normas" utilizables en la predicción de las facies.

Pensamos que la sucesión depositada en un episodio transgresivo (TST) es la única posibilidad que satisface las relaciones estratigráficas y las características sedimentológicas de la Formación Tibasosa. Varios de los conceptos que discutimos anteriormente para la Formación Yaví apoyan esta interpretación. Aquí vale la pena comentar la aproximación de CUERVO (1995), quien escribe: "This part of the Ka Sequence has been interpreted as a lowstand wedge accumulated during the early stages of relative sea level rise. This permitted the filling of incised valleys and the subsequent flooding of a preexisting nearly flat topography, increasing the accommodation space. As a consequence, the shoreline migrated landward trapping the coarse clastic sediments in the nearshore areas..." Lo que transmite este autor es que el LW ha sido depositado durante un ascenso del nivel del mar, sugiriendo que su base es una superficie transgresiva. Adicionalmente, la sucesión de conglomerados basales pasa gradualmente y está genéticamente ligada a la sucesión marina suprayacente, donde ocurre un aumento notorio del espacio de acomodación. Esto está de acuerdo, ciertamente, con nuestra propuesta de interpretar la sucesión desde el límite inferior de la Formación Tibasosa hasta la superficie de máxima inundación de la secuencia como un TST.

Discusión final y algunas consideraciones paleogeográficas

En depósitos fluviales se pueden diferenciar los sistemas de una secuencia (*Systems Tracts*) con base en el examen de los cambios paleoambientales (e.g. sistemas de ríos trezados suprayaciendo los de ríos meandriformes) que revelan el carácter progradante (LST y HST) o retrogradante (TST) del sistema deposicional. Aparte de esto, de acuerdo con SHANLEY & McCABE (1994), es de vital importancia el conocimiento geológico regional en la asignación de sistemas deposicionales (*Systems Tracts*) a las secuencias.

La preexistencia de una fisiografía marina definida con plataforma, talud continental y profundidades oceánicas es un factor crucial en la interpretación estratigráfica secuencial

de los depósitos continentales basales a que nos hemos referido. GUERRERO & SARMIENTO (este volumen) llamaron la atención que en los límites de secuencia del Cretácico de las cuencas interiores de Colombia no se observan depósitos fluviales suprayaciendo abruptamente los de plataforma, ni depósitos de cañones submarinos suprayaciendo los de profundidades oceánicas. Estos autores concluyeron que dichas secuencias son del tipo I en cuencas con bordes de rampa e inclinaciones uniformes. En estos límites de secuencia se observa un abrupto desplazamiento de facies hacia la cuenca, pero no de la naturaleza de los documentados en la literatura para áreas con plataforma y talud continental.

Una correlación precisa con otras unidades dentro de la cuenca confirmará la tendencia ascendente o descendente del nivel del mar, mediante la observación detallada del patrón de parasecuencias en depósitos de plataforma, donde esta aproximación se posibilita. En la búsqueda del equivalente marino más cercano de la Formación Yaví, las lodolitas asociadas al Miembro Socotá de la Formación Socotá en la zona de Apulo, son el equivalente temporal más probable ya que están datadas Aptiano tardío (ETAYO-SERNA 1979), datación que aproximadamente concuerda con la de PRÖSSL & VERGARA (1993) para la primera unidad. Por otro lado, la edad Valanginiano reportada por ALZATE & BUENO (1994) permitiría correlacionar el Miembro basal de la Formación Tibasosa con parte de la Formación Lutitas de Macanal. Una discusión más profunda sobre las correlaciones pasaría al plano bioestratigráfico, sobre el cual proponemos no extendernos.

Para las sucesiones basales, si se siguen fielmente los principios expuestos por POSAMANTIER & VAIL (1988), estas se pueden interpretar como un LST, mientras que si se toma en cuenta el punto de vista de autores como MIALL (1991) o SHANLEY & McCABE (1994), la interpretación consecuente es la de un TST. El análisis estratigráfico apoyado por el marco regional apunta a que el ascenso del nivel del mar causó traslape de sedimentos continentales y marinos someros sobre superficies previamente emergidas. Generalmente, los primeros depósitos por encima del basamento después de períodos de erosión, son de carácter transgresivo.

Se propone la designación de "*Alluvial Transgressive Systems Tracts*" (*sensu* SHANLEY *et al.* 1992) para el sistema deposicional inferior de ambas secuencias. Para el inicio de la depositación cretácica temprana en Colombia, planteamos que la parte inferior de las sucesiones corresponde a sistemas transgresivos al avanzar la línea de costa hacia el continente, como resultado de la apertura de la cuenca. En un escenario controlado por fallas normales

y hundimiento del basamento, como lo propuso FABRE (1985), parece más probable que la generación de espacio de acomodación estuviera controlada por subsidencia tectónica de mayor magnitud que cambios globales del nivel del mar.

Finalmente expresaremos brevemente un comentario acerca de los riesgos de caer en sofismas por causa de los modelos. Como lo anotan varios autores con espíritu crítico, el modelo estratigráfico secuencial es discutible en algunos aspectos y su aplicación sin mayores consideraciones puede resultar problemática, como en los casos ilustrados en este trabajo. Por ejemplo, el modelo prácticamente adolece de una comparación actualística con secuencias turbidíticas (WALKER 1994) o de ejemplos del registro geológico que aclaren la nomenclatura estratigráfico secuencial en conglomerados basales. Igualmente, debemos llamar la atención, sobre la aplicación de la teoría en cuestión, desprevenida de las relaciones estratigráficas y bioestratigráficas regionales. Esto ha conducido, por ejemplo, a que se asignen sistemas que el modelo predice, sin que necesariamente respondan a una realidad geológica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al colega E. Cuervo por la discusión y las observaciones a la primera versión del manuscrito.

REFERENCIAS

- ALZATE, J.C. & BUENO, M. (1994): Análisis estratigráfico secuencial de las rocas cretácicas de la parte oriental del Departamento de Boyacá, Municipios de Sogamoso, Belencito y Aquitania.- (Trabajo de Grado no. 349), 121 p., Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Bogotá.
- CUERVO, E. (1995): Introduction to the sequence stratigraphy of the Cretaceous rocks in the Duitama-Aquitania area, eastern cordillera of the Colombian Andes.- Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo, 1995 Field Conference (Feb. 17-18), Bogotá.
- COOPER, M.A., ADDISON, F.T., ALVAREZ, R., CORAL, M., GRAHAM, R.H., HAYWARD, A.B., HOWE, S., MARTINEZ, J., NAAR, J., PEÑAS, R., PULHAM, A.J. & TABORDA, A. (1995): Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia.- Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, vol. 79, no. 10, p. 1421-1443, Tulsa.
- ETAYO-SERNA, F. (1979): Zonation of the Cretaceous of Central Colombia by Ammonites.- Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas no. 2, p. 1-186, Bogotá.
- ETAYO-SERNA, F., RENZONI, G. & BARRERO, D. (1976): Contornos sucesivos del mar Cretáceo en Colombia.- Memoria del Primer Congreso Colombiano de Geología, 1969, p. 217-252, Bogotá.
- FABRE, A. (1985): Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia).- Etayo-Serna, F. & Laverde Montaña, F., eds., Proyecto Cretácico, p. XIX/1-20, Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS, no. 16, Bogotá.
- FLOREZ, M. & CARRILLO, G. (1994): Estratigrafía de la sucesión litológica basal del Cretácico del Valle Superior del Magdalena.- Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena, Universidad Nacional de Colombia, p. II/1-26, Bogotá.
- GUERRERO, J. & SARMIENTO, G. (este volumen): Estratigrafía Física, Palinológica, Sedimentológica y Secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en Exploración Petrolera.- Geología Colombiana 20. Universidad Nacional, Bogotá.
- MIALL, A. (1991): Stratigraphic sequences and their chronostratigraphic correlation.- Journal of Sedimentary Petrology, vol. 61, no. 4, p. 497-505, Tulsa.
- MITCHUM, R.M., VAIL, P.R. & THOMPSON, S. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis.- Payton, C.E., ed.- Seismic stratigraphy applications to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26, p. 53-62, Tulsa.
- MOJICA, J. & MACIA, C. (1983): Características estratigráficas y edad de la Formación Yaví, Mesozoico de la región de Prado-Dolores, Tolima, Colombia.- Geología Colombiana no. 12, p. 7-32, Bogotá.
- POSAMENTIER, H.W. & VAIL, P. (1988): Eustatic controls on clastic deposition II- sequence and systems tract models. In: WILGUS et al. (eds.) Sea level changes: an integrated approach.- SEPM Special Publication 42, p. 125-154, Tulsa.
- POSAMENTIER, H.W. & ALLEN, G.P. (1993): Variability of the sequence stratigraphic model: effects of local basin factors.- Sedimentary Geology, vol. 86, p. 91-109, Amsterdam.
- POSAMENTIER, H.W., ALLEN, G.P. & JAMES, D.P. (1992): Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples, and exploration significance.- Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, vol. 76, no. 11, p. 1687-1709, Tulsa.
- PRÖSSL, K. & VERGARA STREINESBERGER, L. (1993): The Yaví Formation (Lower Cretaceous, Upper Magdalena Valley, Colombia): an integrated sedimentological and palynological study.- Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen vol. 188, no. 2, p. 213-240, Stuttgart.
- RENZONI, G. (1981): Geología del cuadrángulo J-12, Tunja.- Boletín Geológico INGEOMINAS, vol. 24, no. 2, p. 31-48, Bogotá.
- ____ (1994): Yaví (Formación). Catálogo de unidades estratigráficas de Colombia.- INGEOMINAS, p. 1-18, Bogotá.
- SCHUMM, S.A. (1993): River response to baselevel change: implications for sequence stratigraphy.- The Journal of Geology, vol. 101, p. 279-294, Chicago.
- SHANLEY, K.W. & McCABE, P.J. (1994): Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata.- Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, vol. 78, no. 4, p. 544-568, Tulsa.

- SHANLEY, K.W., McCABE, P.J. & HETTINGER, R.D. (1992): Tidal influence in Cretaceous fluvial strata from Utah, USA: a key to sequence stratigraphic interpretation. - *Sedimentology* vol. 39, no. 5, p. 905-930, Oxford.
- VAN WAGONER, J. C., MITCHUM, R.M., CAMPION, K.M. & RAHMANIAN, V.D. (1990): Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops. - AAPG. *Methods in exploration series* 7, p. 1-55, Tulsa.
- VERGARA STREINERBERGER, L. (1992): Lower Cretaceous stratigraphic sequences in the Quebrada Bambucá (Aipe), Upper Magdalena Valley, Colombia. - *Giessener Geologische Schriften* 48, p. 183-200, Giessen.
- VERGARA, L. E. (1994): Stratigraphic, micropaleontologic and organic geochemical relations in the Cretaceous of the Upper Magdalena Valley, Colombia. - *Giessener Geologische Schriften* 50, p. 1-157, Giessen.
- VIANA, R. (1993): Estratigrafía de la Formación Yaví, Valle Superior del Magdalena. - *Memorias VI Congreso Colombiano de Geología*, tomo I, p. 297-313, Medellín.
- WALKER, R. (1994): Turbidites and submarine fans. - En: Walker, R. & James, N., eds. *Facies models: response to sea level change*, p. 239-263. - Geological Association of Canada, Stittsville, Ontario.

Manuscrito recibido, Abril de 1996