
ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN AMAGÁ

Gloria María Sierra L., Juan Carlos Silva T., y Luis Gabriel Correa O.
Departamento de Geología, Universidad EAFIT
gsierra@eafit.edu.co

Recibido para evaluación: 22 de Julio de 2003 / Aceptación: 06 de Noviembre de 2003 / Recibida versión final: 06 de Noviembre de 2003

RESUMEN

En el flanco occidental de la Cordillera Central Colombiana se encuentra localizada la Formación Amagá, de edad Oligoceno tardío – Mioceno tardío, con un espesor de ~750 m, dividida en los Miembros Inferior y Superior. El Miembro Inferior se subdivide en las unidades 1 y 2, que presentan asociaciones faciales de ríos trenzados y de ríos meándricos respectivamente, así como aumentos en el grado de preservación de los elementos morfológicos, en la diversidad de facies sedimentarias y en la madurez textural y composicional de las arenitas; presenta arenitas conglomeráticas cuarzosas (Unidad 1) y sublitoarenitas bien seleccionadas con altos contenidos de cuarzo acompañadas de mantos de carbón (Unidad 2). El Miembro Superior se subdivide en las unidades 3 y 4, la primera con asociaciones faciales de ríos meándricos y la segunda de ríos trenzados, con un bajo grado de preservación de los elementos morfológicos, con disminución de la diversidad de facies sedimentarias y con baja madurez textural y composicional de las arenitas, presentando vacas líticas ricas en fragmentos de rocas volcánicas y litoarenitas feldespáticas.

Estas características permitieron definir ciclos de nivel base estratigráfico, a partir de los cuales se identificaron cambios y variaciones en la relación Espacio de Acomodación vs. Suministro de Sedimentos (A/S), que permiten hablar de 3 diferentes condiciones de sedimentación caracterizadas respectivamente por: (1) alta actividad tectónica, lo que produjo una relación A/S relativamente baja hacia la base del Miembro Inferior (Unidad 1); (2) baja actividad tectónica y alta influencia climática hacia el techo del mismo (Unidad 2), con un aumento bien marcado en la Relación A/S y (3) alta actividad tectónica, contemporánea al vulcanismo de la Formación Combia, para el Miembro Superior (Unidades 3 y 4) produciendo la relación A/S mas baja de toda la formación.

PALABRAS CLAVES: Formación Amagá, Estratigrafía Secuencial, Variaciones del Nivel Base.

ABSTRACT

Located in the western flank of the Central Cordillera of Colombia and having a thickness of ~750 m, the Upper Oligocene-Upper Mioce Amaga Formation is divided into two members: the Lower Member, presenting facies associations typical of braided and meandering rivers; and subdivided into Unit 1 and Unit 2, sequentially shows increase in preservation grade of geomorphic elements, sedimentary facies diversity and textural and chemical maturity of sandstone. Compositionally Unit 1 presents conglomeratic quartz arenites and Unit 2 presents well-sorted sub-lithic arenites associated to coal bearings. The Upper Member, presenting facies associations of meandering and braided rivers, is subdivided into Unit 3 and Unit 4. This member shows low geomorphic elements preservation grade, as well as a decrease in facies diversity and textural and chemical maturity of sandstone. Compositionally, this member holds volcanic clastic fragments and feldspatic-lithic arenites.

These characteristics were used to define stratigraphic base level fluctuations, throughout which, it was possible to identify changes in the Accommodation space-Sediment supply (A/S) relationship. This relationship permitted the determination of three different sedimentation patterns characterized by: (1) High tectonic activity, with the low A/S relationship (Unit 1); (2) low tectonic activity and high climatic influence, with a moderate high A/S relationship (Unit 2) and (3) high tectonic activity, contemporaneous to Combia Formation Volcanism (Units 3 and 4), with the lowest A/S relationship.

KEYWORDS: Amaga Formation, Secuence Stratigraphy, Base level fluctuations

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de la estratigrafía secuencial en ambientes continentales se basa en la identificación de ciclos de nivel base estratigráfico, a partir de los cuales se determinan cambios en la relación Espacio de Acomodación vs. Suministro de Sedimentos (A/S). Los aumentos y disminuciones de la relación (A/S) o subidas y caídas del nivel base estratigráfico, son constantes en tiempo y espacio a lo largo de toda una cuenca sedimentaria (e.g. Cross, 1988; Galloway, 1989; Ramón y Cross, 1997a); lo que permite que sean utilizados como indicadores de procesos sedimentológicos, tectónicos, climáticos, y eustáticos que afectan las condiciones de depositación de los sedimentos que conforman unidades estratigráficas específicas y como herramienta de alta resolución para la definición y caracterización de las mismas.

A partir del levantamiento a brújula y cinta de 5 secciones estratigráficas de superficie localizadas en los municipios de Fredonia (1), Venecia (2), Titiribí (3) y Amagá (4) del Suroeste del departamento de Antioquia (Figura 1), se realizó la caracterización estratigráfica de la Formación Amagá. Se analizaron los 4 atributos de carácter sedimentológico y estratigráfico propuestos por Ramón y Cross (1997a) para determinar la variación de A/S: (1) sucesiones verticales y laterales de facies, (2) cambios verticales en los atributos físicos de una misma facie, (3) simetría de los ciclos y (4) patrones de apilamiento de los ciclos. Las variaciones de A/S determinan igualmente las características petrofísicas de las rocas (Ramón y Cross, 1997b), variable que sirvió como evidencia para apoyar los resultados obtenidos a partir del análisis de estos cuatro atributos.

Este artículo es uno de una serie que se producirá en desarrollo del Proyecto «Estratigrafía Física y Sedimentología del Terciario Carbonífero de Antioquia». El proyecto tiene como objetivo la caracterización litoestratigráfica de la Formación Amagá en la zona de Fredonia, Titiribí y Amagá; áreas donde se presenta una exposición de la formación relativamente buena. Los resultados contribuirán a entender la formación y evolución de la cuenca de Amagá, mediante las correlaciones litoestratigráficas, el análisis de minerales densos, huellas de fisión, análisis petrográfico, anisotropía magnética y estructuras tectónicas registradas en las sucesiones estudiadas. Se darán a conocer aquí únicamente los resultados de la estratigrafía secuencial de la Formación Amagá; las temáticas de nomenclatura estratigráfica, cronológicas, petrográficas y paleoambientales relacionadas serán discutidas en otras contribuciones de los autores (En prensa).

2. ÁREA DE TRABAJO

El área de trabajo se encuentra localizada en el flanco occidental de la Cordillera Central, en el suroeste del departamento de Antioquia, y comprende los municipios de Fredonia, Venecia, Titiribí y Amagá, entre los 5°55' y 6°10' latitud Norte y los 75°50' y 75° 40' W (Figura 1) con un área de 480 km²

3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Regionalmente, se encuentran rocas que van desde el Paleozoico hasta Terciario tardío y depósitos Cuaternarios. (Figura 2, Tabla 1).

Las rocas Paleozoicas, afloran hacia el flanco oriental de la zona de estudio y pertenecen a los Grupos Ancón y Caldas (Restrepo y Toussaint, 1976). El Stock de Amagá, de edad triásica, se localiza igualmente hacia la parte oriental de la cuenca y corresponde a un cuerpo de composición intermedia-ácida, el cual intruyó los Grupos Ancón y Caldas (Restrepo et al; 1991). El Grupo Arquía, de edad cretácica, está localizado en el flanco occidental de la Cordillera Central (occidente del área de estudio) y presenta esquistos verdes y negros. Relacionado con el metamorfismo Cretácico del Grupo Arquía, se encuentran los cuerpos pertenecientes al Complejo Ofiolítico del Cauca y Complejo Ofiolítico de Heliconia (Restrepo et al; 1991). El emplazamiento de dichos complejos ofiolíticos y del arco de islas correspondiente al Complejo Quebradagrande (oriente del área de estudio) se atribuye a la colisión de una plataforma basáltica (Plateaux) caracterizado por las rocas de lo que se conoce hoy como Provincia Litoestratigráfica Oceánica Cretácica Occidental

(PLOCO) (Nivia, 1996a). El Grupo Cañasgordas, correlacionable con el Complejo Estructural Dagua, se encuentra asociado al PLOCO y comprende rocas sedimentarias que sufrieron metamorfismo dinámico (Nivia, 1996b).

La Formación Amagá se caracteriza por presentar rocas siliciclásticas con mantos de carbón asociados, a secuencias estratigráficas continentales fluviales (e.g., Sierra, 1994; Murillo, 1998; Hernández, 1998; Correa y Silva, 1999); depositadas en el Terciario (Oligoceno Tardío y Mioceno Tardío) bajo la influencia de una componente *tectónica transtensional* (Pull-apart) en la depresión del Cauca (Sierra, 1994; Sierra, et al. 1996, Sierra, et al. 2000). Esta componente tectónica se derivó de una zona de subducción al occidente de Colombia, que dio paso al magmatismo Terciario de la Formación Combia y algunos cuerpos hipoabisales porfídicos, los cuales intruyen la Formación Amagá (e.g. González, 1976 – 1980; Corre y Silva, 1999, Sierra et al, 2000).

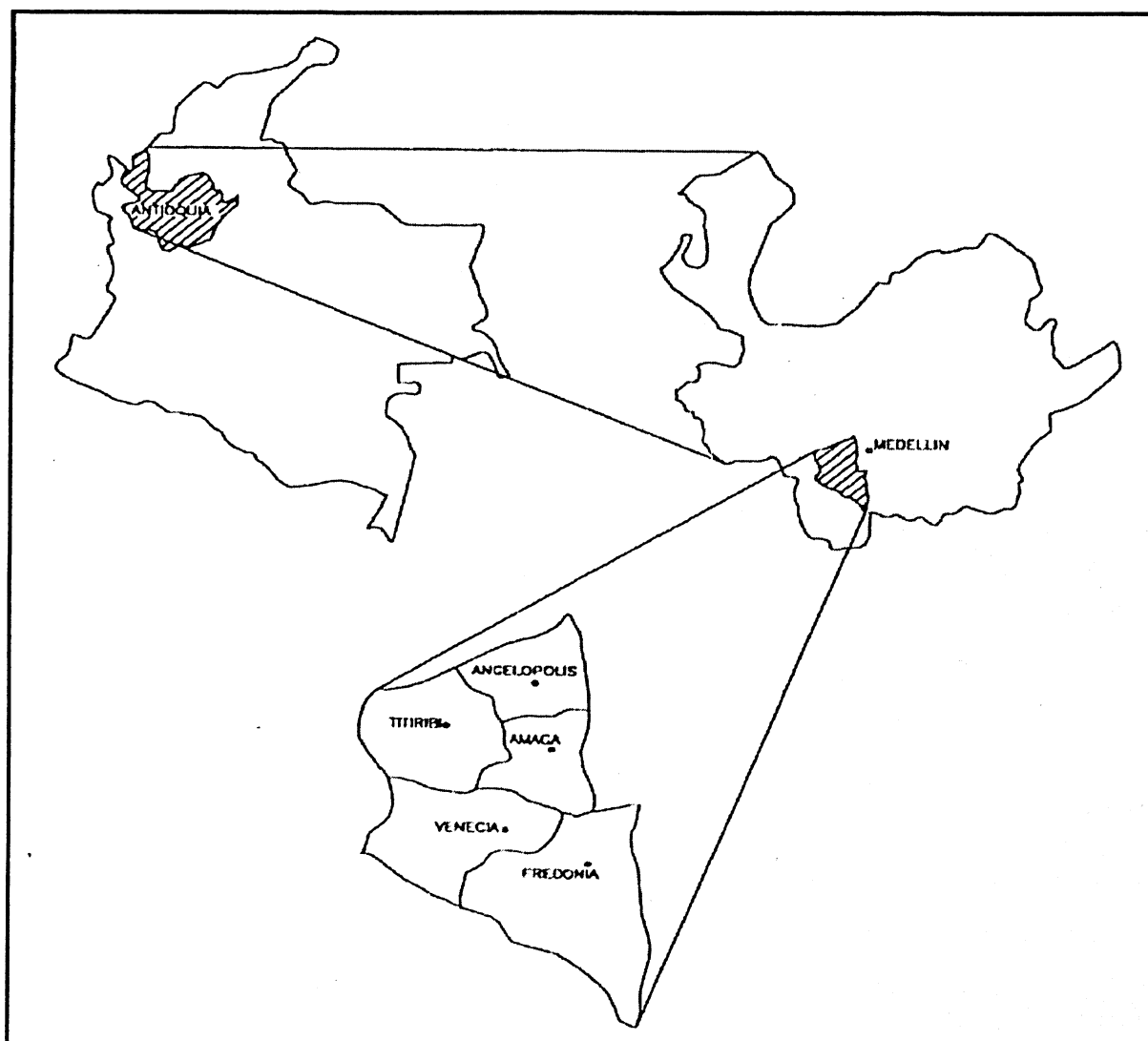


FIGURA 1.
Diagrama de la localización del área de estudio. No a escala

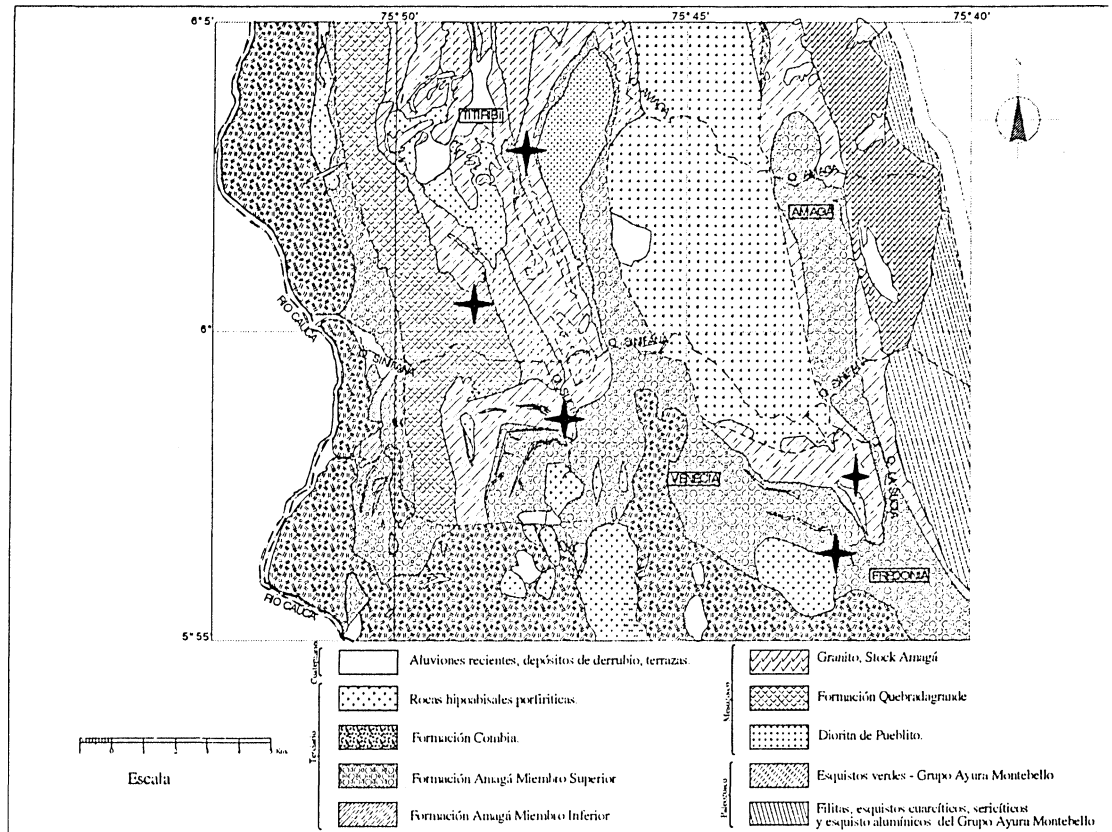


FIGURA 2
 Mapa geológico del área de estudio. Modificado de Grosse, 1926. Las
 estrellas indican las secciones levantadas en el estudio

TABLA 1. Resumen de las principales unidades litológicas.

NOMBRE DE LA UNIDAD	EDAD	DESCRIPCIÓN	REF.
Rocas hipoabisales	Terciario Tardío	Pórfidos andesíticos y dacíticos	5, 6, 7
Formación Combia	Terciario Medio-Tardío	Pórfidos y basaltos andesíticos, depósitos piroclásticos, conglomerados, aglomerados	5, 6, 7
Formación Amagá	Terciario Medio	Areniscas, lutitas, arcillolitas, conglomerados, mantos de carbón	4, 5, 7, 8, 19
Grupo Cañasgordas	Cretácico Tardío	Diabasas, espilitas, cherts negros, lutitas y grauwacas	1, 3, 7, 17, 14
Complejo Ofiolítico de Heliconia	Cretácico Temprano	Dioritas, gabros, cuarzdioritas, peridotitas	7, 17, 11
Complejo Arquía	Cretácico	Esquistos verdes, negros y azules Anfibolitas	9, 10, 13, 16
Complejo Quebradagrande	Cretácico	Pórfidos andesíticos, diabasas, tobas intercaladas con turbiditas y Metasedimentos	2, 7, 9, 12, 15, 18
Stock de Amagá	Triásico	Cuarzdiorita-cuarzomonzonita	6, 7, 17, 18

1. Álvarez y González, 1978. 2. Botero, 1963. 3. Castro y Feininger, 1965. 4. Delsjutt y Tejada, 1987. 5. González, 1976. 6. González, 1980. 7. Grosse, 1926. 8. Guzmán y Sierra, 1984. 9. Maya y González, 1995. 10. McCourt, 1984. 11. Montoya y Peláez, 1993. 12. Nivia, 1996a. 13. Nivia, 1996b. 14. Ospina, 1911. 15. Restrepo, 1986. 16. Restrepo y Toussaint, 1974. 17. Restrepo y Toussaint, 1976. 18. Restrepo et al., 1991. 19. Scheibe, 1919.

4. MÉTODOS

Para la realización de este estudio, se utilizaron las técnicas desarrolladas por el GSRG (Genetic Stratigraphy Research Group) de Colorado School of Mines sobre estratigrafía secuencial en estratos continentales (Ramón y Cross, 1997). Se estudiaron 5 secciones estratigráficas en superficie, en las cuales se analizaron 4 atributos de carácter sedimentológico y estratigráfico: (1) sucesiones verticales y laterales de facies, (2) cambios verticales en los atributos físicos de una misma facie, (3) simetría de los ciclos y (4) patrones de apilamiento de los ciclos. Igualmente se realizó la caracterización e identificación de facies sedimentarias, modificando el modelo propuesto por Miall (1985) para la determinación de la arquitectura de los estilos fluviales más comunes (Tabla 2), además de la cuantificación composicional de las arenitas utilizando microscopio petrográfico estándar.

5. ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL, DEFINICIÓN DE CICLOS DE NIVEL BASE Y DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN A/S

Los estratos sedimentarios son el resultado de la depositación y posterior preservación de los elementos morfológicos (facies sedimentarias) que conforman unidades estratigráficas específicas. La relación espacio de acomodación vs. suministro de sedimentos (A/S) determina el grado o potencial de preservación de dichos elementos, al igual que las variaciones laterales y verticales de los mismos y las características petrofísicas de las rocas. (Ramón y Cross; 1997a, 1997b).

TABLA 2. Principales asociaciones faciales identificadas en la Formación Amagá (Modificado de Miall, 1985)

AMBIENTE	FACIES	CÓDIGO DE FACIES	CARACTERÍSTICAS
Canales meándricos (C)	➤ Arenisca con laminación cruzada amalgamada.	lca	- Paquetes de 50 cm de espesor y alta continuidad lateral.
	➤ Arenisca con laminación cruzada amalgamada pequeña escala.	lcape	- Se encuentran en paquetes de 15 cm y son granulométricamente menores que las lca.
	➤ Arenisca con laminación cruzada continua.	lcc	- Areniscas de grano fino-grueso, con espesores de 15 cm.
	➤ Arenisca con laminación cruzada continua pequeña	lccpe	- Se encuentra en areniscas de grano fino-medio, con espesores de 10 cm máximo.
Canales meándricos (C)	➤ Arenisca con marcas de corriente.	mrc	- Areniscas de grano fino-medio y espesores de 10 cm.
	➤ Arenisca con laminación paralela continua.	lpc	- Areniscas de grano fino-grueso y presenta espesores de 50 cm.
	➤ Arenisca con laminación paralela continua pequeña escala.	lpcpe	- Areniscas de grano fino-medio.
	➤ Arenisca con laminación paralela discontinua.	lpdc	- Areniscas de grano fino-medio con espesores de 10 cm.
	➤ Arenisca con clastos de fondo de canal.	fccl	- Areniscas con clastos de 5 cm de diámetro.
Canales trezados (C)	➤ Arenisca con laminación paralela discontinua.	lo	- Areniscas de grano fino con espesores de 15 cm.
	➤ Arenisca con laminación cruzada continua.	lpc	- Areniscas de grano medio con espesores de 50 cm.
	➤ Arenisca con laminación cruzada amalgamada.	lpcpe	- Areniscas de grano medio con espesores de 20 cm.
	➤ Arenisca con laminación paralela continua pequeña escala.	lca	- Areniscas de grano fino con espesores de 10 cm.
Crevasse (CR)	➤ Arenisca con laminación paralela continua pequeña escala.	lpcpe	- Areniscas de grano fino-medio con espesores de 20 cm.
	➤ Arenisca con laminación paralela continua.	lpc	- Areniscas de grano fino con espesores de 5 cm.
	➤ Arenisca con laminación paralela continua pequeña escala.	lpcpe	- Areniscas de grano fino con espesores de 5 cm.
Llanura de inundación (LL)	➤ Arenisca con laminación paralela continua.	lpc	- Areniscas de grano fino con espesores de 10 cm.
	➤ Arenisca con laminación paralela discontinua.	lpdc	- Areniscas de grano fino con espesores de 5 cm.
Pantanos (P)	➤ Limos.	ls	- Limos de color verde y rojizos, que significan diferentes condiciones de oxigenación.
	➤ Limos con bioturbación.	bt	- Limos con moldes de bioturbación.
	➤ Carbones.	c	- Niveles de carbón y turba de 50 cm.

Nota: Los espesores corresponden al tamaño de los elementos morfológicos y no al de las facies que estos representan.

A partir de las definiciones de ciclos estratigráficos de nivel base (aumentos y disminuciones de la relación A/S o subidas y caídas de nivel base) se pueden realizar correlaciones estratigráficas de alta resolución, bajo la perspectiva de la estratigrafía secuencial a nivel de afloramiento, basados en el reconocimiento de 4 atributos sedimentológicos y estratigráficos: (1) arquitectura facial, (2) diversidad, sucesión y asociación de facies sedimentarias, (3) simetría de ciclos estratigráficos y (4) preservación de elementos morfológicos. (Ramón y Cross; 1997a, 1997b).

Estos atributos son indicadores de diversos tipos de secuencias (agradacionales, progradacionales o retrogradacionales) y son utilizados para determinar la influencia genética de los diferentes factores y procesos que afectan la sedimentación en las cuencas sedimentarias en el momento de la depositación. (Cross, 1988; Galloway, 1989; Ramón y Cross, 1997a, 1997b). De esta forma se pueden agrupar factores como tectónica, respuesta litosférica a cargas mecánicas y termales, compactación de sedimentos y configuración geomorfológica de la cuenca bajo la variable espacio de acomodación (A) y factores como clima, vegetación tipo de roca, meteorización tasa de erosión y energía hidrodinámica bajo la variable suministro de sedimentos (S) (Ramón y Cross, submitted; Schumm, 1993).

La identificación de los ciclos estratigráficos de nivel base (alociclos y/o autociclos) que evidencian las variaciones de la relación A/S dentro de una cuenca sedimentaria, muestran aumentos y/o disminuciones unidireccionales de la posición de la línea del nivel base estratigráfico con respecto a la línea de superficie terrestre (Cross, 1988; Ramón y Cross 1997b). Considerando que estas fluctuaciones son asumidas como sincrónicas y constantes a lo largo de una cuenca sedimentaria específica, se pueden identificar cambios en los patrones de apilamiento de los sedimentos por diversos factores y procesos así: (a) depositación y alta preservación de los elementos geomorfológicos en momentos en que la línea del nivel base esta por encima de la línea de superficie terrestre (Alto A/S), (b) no depositación (bypass) cuando las líneas de nivel base y superficie terrestre se encuentran en un mismo punto y (c) erosión, evidenciada por el bajo potencial de preservación de los elementos geomorfológicos, cuando la línea de nivel base se encuentra por debajo de la línea de superficie terrestre (Bajo A/S) (Cross, 1988; Ramón y Cross, 1997). De esta forma se puede obtener un cuadro de referencia para la integración de los datos del registro estratigráfico con respecto a los procesos geológicos, obteniendo secuencias genéticamente relacionadas. (Ramón y Cross, 1997a, 1997b).

6. CARACTERÍSTICAS SECUENCIALES DE LA FORMACIÓN AMAGÁ

6.1. Miembro Inferior

Con un espesor de 294 m, se compone principalmente de conglomerados cuarzosos mal seleccionados, sublitoarenitas bien seleccionadas con altos contenidos de cuarzo, limos masivos de colores grisáceos y mantos de carbón. Al presentar ambientes continentales asociados a ríos trezados y ríos meándricos, fue subdividido en dos unidades.

Unidad 1: Con un espesor de 54 m, presenta una baja diversidad de facies sedimentarias (Figuras 3 y 4), con características típicas de canales amalgamados de ríos trezados tales como clastos de fondo de canal en forma de cuñas, laminaciones onduladas, laminaciones paralelas continuas y laminaciones cruzadas continuas a pequeña escala; y facies de llanuras de inundación con limos muy masivos. Las arenitas presentan baja madurez textural y alta madurez química; predominan las arenitas conglomeráticas cuarzosas, acompañadas de conglomerados cuarzosos mal seleccionados provenientes del Stock de Amagá, del Complejo Quebradagrande y de los Esquistos de Sabaletas (e.g.; Guzmán y Sierra, 1984; Hernández, 1998).

Unidad 2: Con un espesor de 240 m, presenta una alta diversidad de facies sedimentarias (Figuras 3 y 5) con características típicas de canales de ríos meándricos tales como laminaciones paralelas continuas, laminaciones cruzadas continuas, laminaciones cruzadas continuas a pequeña escala, laminaciones paralelas discontinuas, marcas de corriente y clastos de fondo de canal de forma tabular; crevasse splay, (donde predominan arenitas masivas), laminaciones paralelas discontinuas, laminaciones onduladas y marcas de corriente; llanuras de inundación húmedas con limos bioturbados de colores verdosos y grisáceos que presentan grietas de desecación y materia orgánica; y pantanos representados por mantos de carbón, con espesores de 1-2 m hacia la parte media de la unidad, asociados a llanuras de inundación y de 3 m hacia el techo de la unidad, asociados a abandonos de canal. Las arenitas presentes en esta unidad se caracterizan por tener alta madurez textural y química, predominan cuarzoarenitas bien seleccionadas de grano fino a medio, subordinadas a estas se tienen vacas líticas con altos contenidos de cuarzo provenientes del Stock de Amagá, el Complejo Quebradagrande y los Esquistos de Sabaletas (e.g Guzmán y Sierra, 1984; Guzmán, 1991; Murillo, 1998).

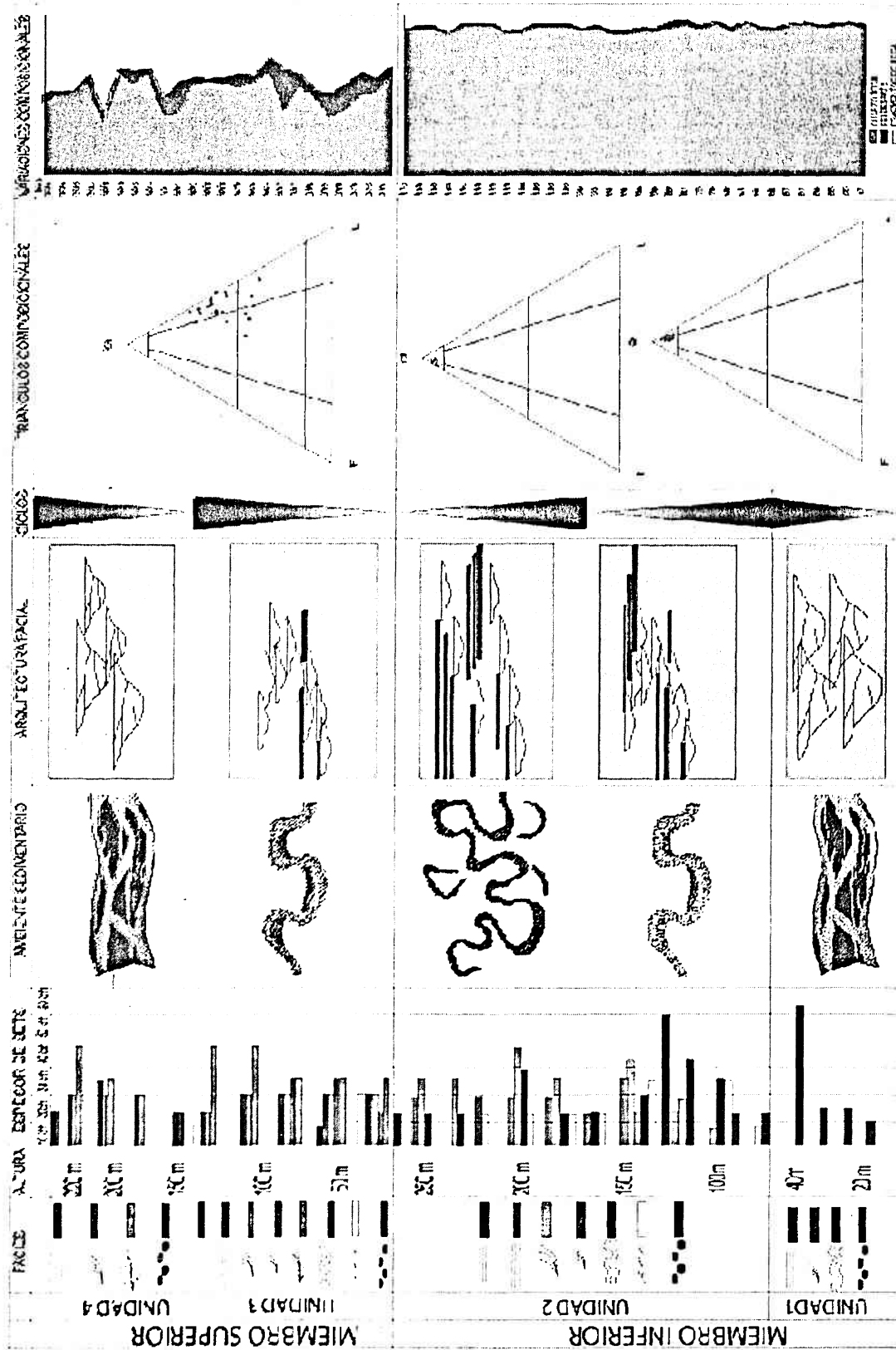


FIGURA 3. Cambios verticales en los atributos de una misma facies, arquitectura facial, ambientes sedimentarios, ciclos de nivel base y cambios composicionales de las unidades estratigráficas de la Formación Amagá.

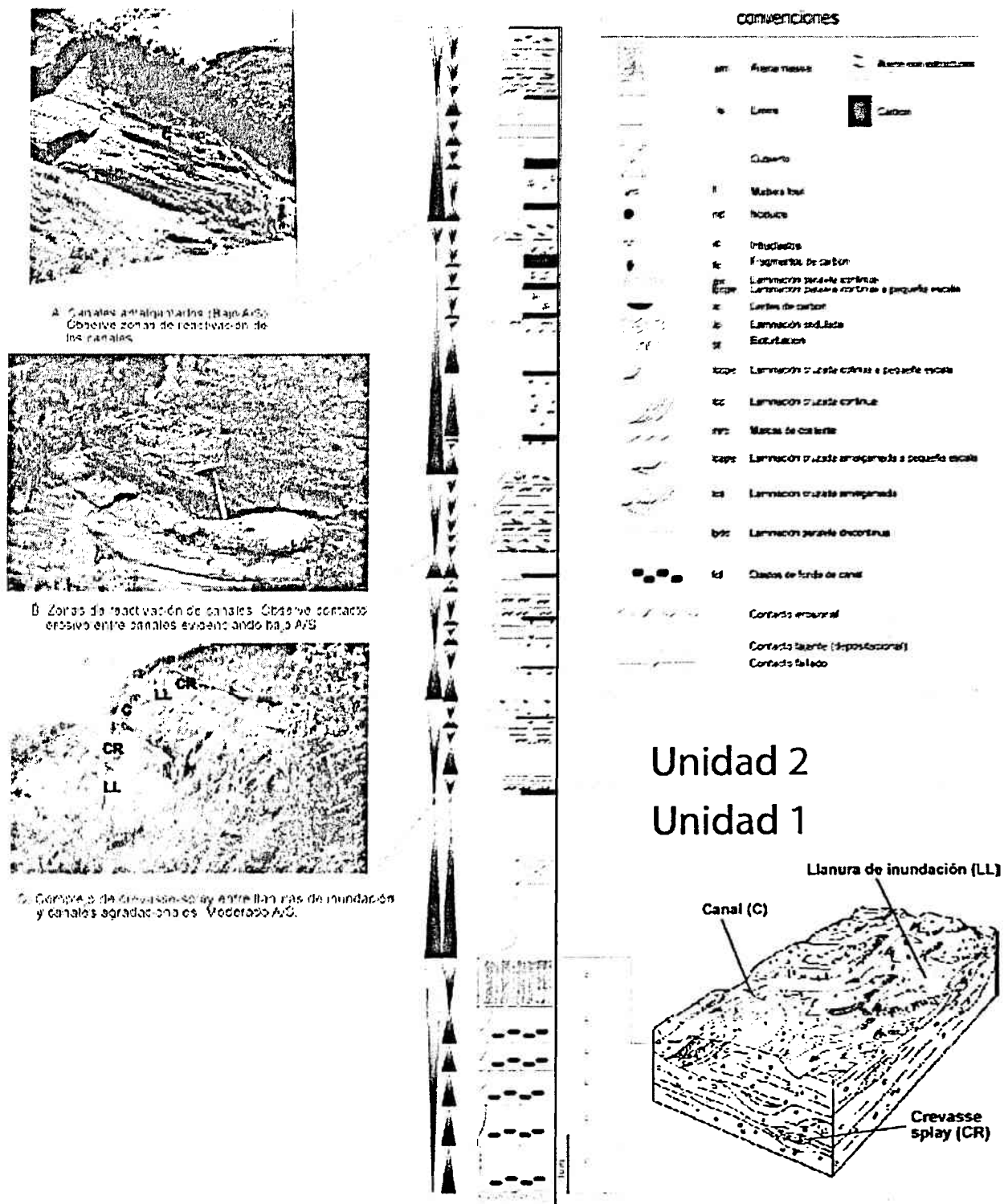
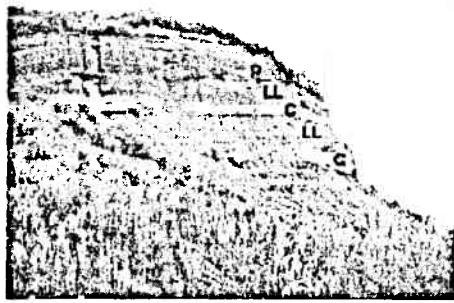
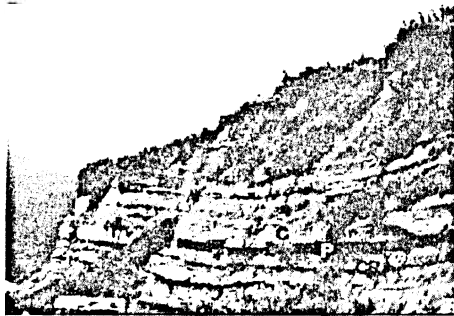


FIGURA 4. Ambiente depositacional, patrones de apilamiento y simetría de los ciclos de nivel base. Unidad 1, Miembro Inferior de la Formación Amagá en la sección Albania (Titiribi, Antioquia). Observe la baja simetría de los ciclos de la unidad



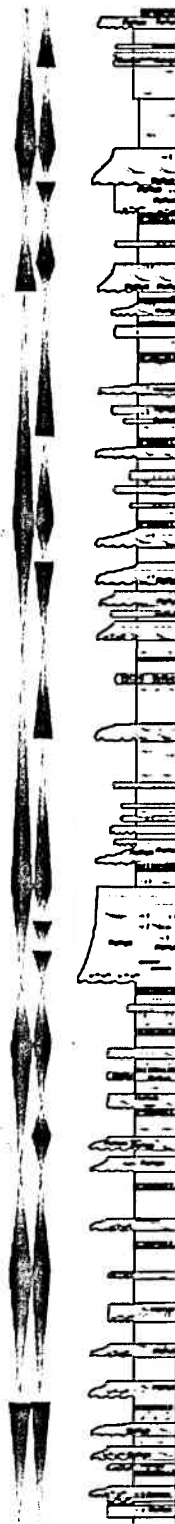
A. Canales agradacionales y canales abandonados intercalados con llanuras de inundación y pantanos. Alto A/S



B. Canales agradacionales suprayaciendo zonas de pantano y crasse-solay. Alto A/S



C. Canales abandonados intercalados con llanuras de inundación y pantanos. Moderado A/S



10 m

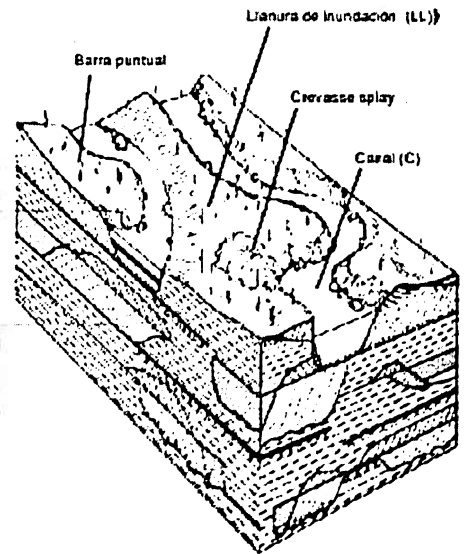


FIGURA 5.

Ambiente depositacional, patrones de apilamiento y simetría de ciclos de nivel base. Unidad 2, Miembro Inferior de la Formación Amagá en la sección Palomos (Fredonia Antioquia). Observe la alta simetría de la unidad (ver convenciones Figura 4)

6.2. Miembro Superior

Con un espesor de » 228 m, se compone de wacas líticas, litoarenitas feldespáticas y limos de colores verdosos y rojizos. Al presentar ambientes asociados a ríos trezados y a ríos meándricos, fue subdividido en dos unidades.

Unidad 3: Con un espesor de » 119 m, tiene una moderada a baja diversidad de facies sedimentarias, con asociaciones faciales de canales de ríos meándricos (Figuras 3 y 6) y presentan paquetes de laminaciones paralelas continuas, laminaciones cruzadas continuas a pequeña escala y marcas de corrientes; crevasse splays con paquetes de laminaciones paralelas continuas, laminaciones paralelas discontinuas, laminaciones onduladas y marcas de corriente; llanuras de inundación húmedas con limos masivos de color verdoso y pantanos representados por mantos de carbón que no exceden 1.5 m de espesor hacia la base de la unidad, asociados a llanuras de inundación y que no existen hacia el techo de esta misma. Las arenitas presentan madurez textural de moderada a baja y madurez química baja, con predominio de litoarenitas feldespáticas ricas en fragmentos de rocas volcánicas provenientes de la Formación Combia, acompañadas de wacas líticas (e.g. Correa y Silva, 1999; Correa, et al., 2000, Sierra y MacDonald, 2001).

Unidad 4: Con un espesor de » 109 m, tiene baja diversidad de facies sedimentarias, con predominio de asociaciones faciales típicas de canales (muy agradacionales y amalgamados) de ríos trezados y presentan fragmentos de fondo de canal, laminaciones paralelas continuas, laminaciones cruzadas continuas, laminaciones cruzadas amalgamadas y arenitas masivas; crevasse splay con laminaciones paralelas continuas y llanuras de inundación secas y húmedas, representadas por limos masivos de colores rojizos y verdosos respectivamente (Figuras 3 y 7). Las arenitas presentan madurez textural baja y madurez química baja, predominando las litoarenitas y wacas líticas con contenidos de fragmentos de rocas volcánicas provenientes de la Formación Combia (e.g. Correa y Silva, 1999; Correa et al., 200, Sierra y MacDonald, 2001).

7. CONCLUSIONES

Al analizar las características sedimentológicas, estratigráficas y petrofísicas de la Formación Amagá, se observaron cambios secuenciales muy marcados que sirvieron para dividirla en dos miembros y estos a su vez en varias unidades estratigráficas. El Miembro Inferior presenta un aumento, de base a techo, en la relación A/S; lo que permitió su subdivisión en las Unidades 1 y 2. Este aumento en la relación A/S se caracteriza por el paso de ambientes de alta energía asociados a ríos trezados a ambientes de baja energía asociados a ríos meándricos, dando paso al aumento en la diversidad de facies sedimentarias, el grado de preservación de los elementos morfológicos, la simetría de los ciclos (Figuras 4 y 5) y en la madurez textural y composicional de las arenitas (Figura 3). Por el contrario, el Miembro Superior muestra una disminución en la relación A/S y por lo tanto se subdividió en las Unidades 3 y 4, donde los ambientes asociados a ríos meándricos son reemplazados por ambientes asociados a ríos trezados, generando disminuciones en la diversidad de facies sedimentarias, en el grado de preservación de los elementos morfológicos, en la simetría de los ciclos (Figuras 6 y 7) y en la madurez textural y composicional de las arenitas; donde se encontró un alto contenido de fragmentos de rocas provenientes de la Formación Combia (Figura 3).

Las características del Miembro Superior contrastan con las del Miembro Inferior, ya que se observa una disminución en la relación A/S y cambios composicionales notables entre las Unidades 2 y 3; marcando de esta forma los límites secuenciales entre los dos Miembros de la Formación. Esta disminución en la relación A/S entre el Miembro Inferior y el Miembro Superior se debe a cambios tectónicos y climáticos que afectaron la cuenca en el momento de la sedimentación. Para el Miembro Inferior, la sedimentación tuvo la influencia inicialmente de una alta actividad tectónica (Unidad 1), que impidió la buena preservación de los elementos morfológicos y dio paso al amalgamamiento de canales y a la baja madurez química y textural de las arenitas. Posteriormente, hubo una baja actividad tectónica y alta influencia climática (Unidad 2), que genero aumentos en la diversidad de facies sedimentarias, en el grado de preservación de los elementos morfológicos, en la simetría de los ciclos y en la madurez química y textural de las arenitas. Por el contrario, en la sedimentación del Miembro Superior, los aumentos en la actividad tectónica, contemporáneos al vulcanismo de la Formación Combia jugaron un papel de mayor importancia, generando el amalgamamiento de los canales, la disminución

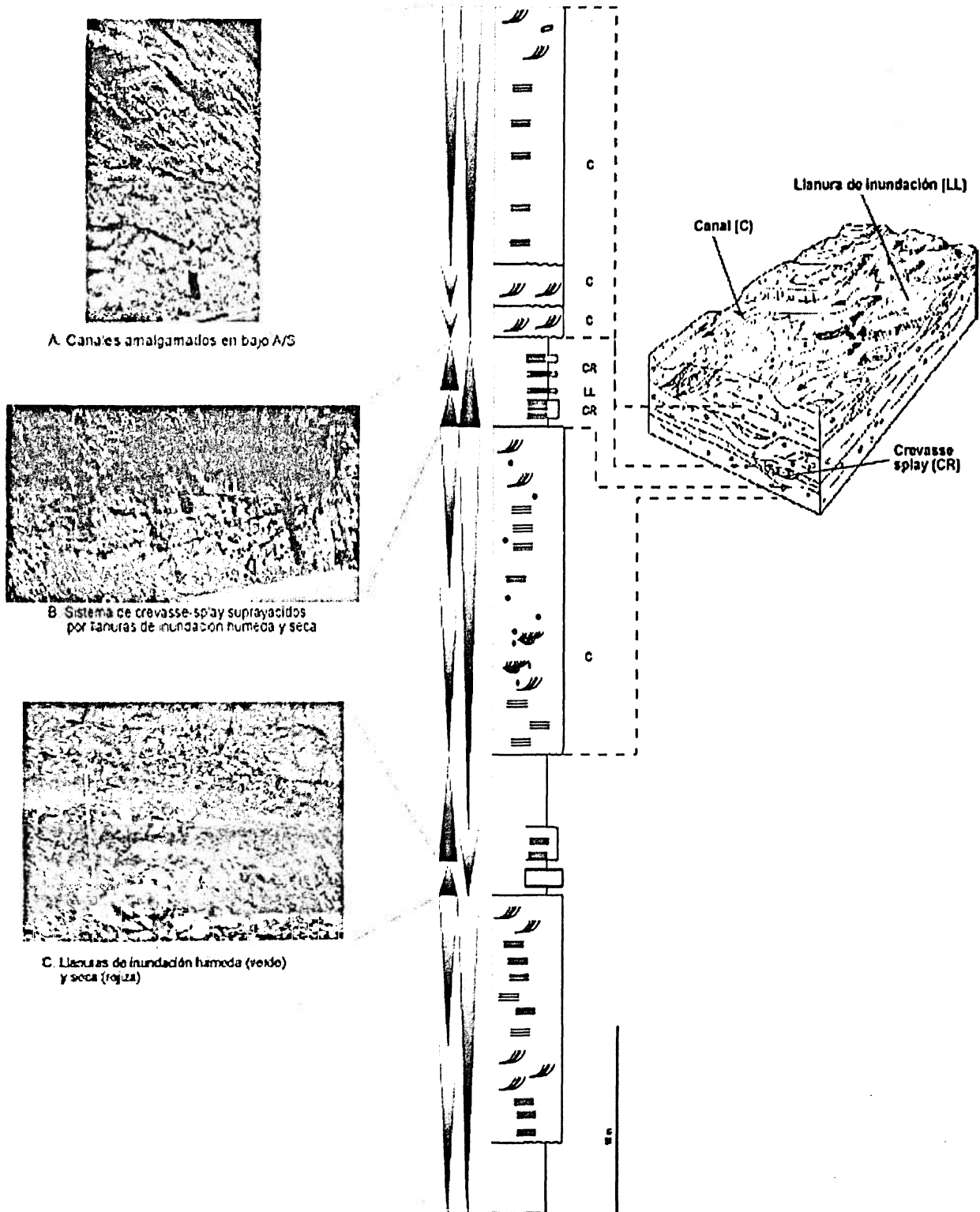


FIGURA 7.

Ambiente depositacional, patrones de apilamiento y simetría de los ciclos de nivel base. Unidad 4, Miembro Inferior de la Formación Amagá en la sección El Cinco - Venecia (Venecia, Antioquia). Observe la baja simetría de los ciclos de la unidad (ver convenciones Figura 4).

en la diversidad de facies sedimentarias y en la simetría de los ciclos y cambios composicionales en las arenitas, que presentan fragmentos de rocas volcánicas provenientes de la Formación Combia.

Se propone una edad para la Formación Amagá de Oligoceno tardío a Mioceno tardío. El límite inferior fue asumido a partir de los resultados obtenidos por Pons (1984) mediante análisis palinológicos en el cual propone una edad para el Miembro Inferior correspondiente al Mioceno tardío y a partir de las dataciones de circones por huellas de fisión que reportan edades de mínimas de 26 millones de años en la Unidad 1 de la sección de Excarbón (Toro G., Comunicación oral, 2001). El límite superior fue asumido a partir de la presencia de fragmentos de roca pertenecientes a la Formación Combia en el Miembro Superior, tanto en la Unidad 3 como en la Unidad 4, y de algunos diques de afinidad hipoabisal que según las dataciones isotópicas publicadas por Maya (1992) son del Mioceno Tardío.

8. AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo hace parte del proyecto «Estratigrafía Física y Sedimentología del Terciario Carbonífero de Antioquia», que se realizó gracias a la financiación de la Universidad EAFIT. A nuestros compañeros de investigación: Salomón Murillo e Inés Elvira Hernández por sus aportes durante las etapas iniciales del proyecto y a la oficina de laboratorios de Geología de la Universidad EAFIT, por su valiosa colaboración en la parte logística.

9. REFERENCIAS

- Álvarez, J., y González, H., 1978. Geología y Petroquímica del Cuadrángulo I-7 Urrao. Informe 1761. Ingeominas. Bogotá pp. 94-131.
- Botero, G., 1963. Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia. Anales Facultad de Minas. Medellín. 101 p.
- Castro, N., y Feininger, T., 1965. Geología de la región entre Buriticá y Santafé de Antioquia, con especial referencia a la geología económica de un cuerpo andesítico. Inv. Min. Zona II. Medellín. 37 p.
- Correa, L.G. y Silva, J.C., 1999. Estratigrafía y Petrografía del Miembro Superior de la Formación Amagá, en la sección El Cinco - Venecia - Q. La Sucia. Tesis de grado Universidad EAFIT. Medellín. 47 p.
- Correa, L., Silva, J. y Sierra, G. 2001. Petrografía de las areniscas y proveniencia de la Formación Amagá, Cuenca del río Cauca, Noroccidente Colombiano. VIII Congreso Colombiano de Geología y V Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Manizales, Colombia. Memorias. CD.
- Cross, T.A., 1988. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, Western Interior, U.S.A. Sea-level Change. An Integrate Approach, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. SEPM Special Publication N°42. Tulsa, Ok.pp.371-380
- Delsahut, B., y Tejada, E., 1987. Utilización de análisis litoestratigráficos detallados para la correlación de mantos de carbón en la Formación Amagá. Boletín de Geología. N° 17. UIS. Bucaramanga. pp. 3-13.
- Galloway, W., 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. V. 73. N°2. Tulsa, Ok. pp 125-142.
- González, H., 1976. Geología del cuadrángulo J-8 Sonsón. Informe 1704. Ingeominas. Bogotá. 421 p.
- _____. 1980. Geología de las planchas 167-187 (Sonsón-Salamina). Boletín Geológico N° 23. Ingeominas. Bogotá. pp. 1-174.
- Grosse, E., 1926. El Terciario Carbonífero De Antioquia. Ed. Reimer. Berlin. 361p.

- Guzmán, C., 1991. Condiciones de depositación de la Formación Amagá entre Amagá y Angelópolis. Tesis de postgrado. U. Nal. Medellín. pp. 47-197.
- Guzmán, C., y Sierra, G., 1984. Ambientes sedimentarios en la Formación Amagá. Tesis U. Nal. Medellín. 303 p.
- Hernández, I., 1998. Petrografía de las areniscas de la sección Peñitas-Mina Excarbón. Miembro Medio de la Formación Amagá. Titiribí, Antioquia. Tesis de grado U. EAFIT. Medellín, 90 p.
- Maya, M., 1992. Catálogo de dataciones isotópicas en Colombia. Boletín Geológico. Vol 32 N°1-3. Ingeominas. Santafé de Bogotá. pp 135-187.
- Maya, M., y González, H., 1995. Unidades Litodémicas de la Cordillera Central de Colombia. Ingeominas. Medellín, pp. 45-52.
- McCourt, W., 1984. Informe N°8. Misión Británica. Geology of the Central Cordillera. Departments of Valle del Cauca, Quindío y N.W. Tolima. Ingeominas, Cali, 49 p.
- Miall, D. A., 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Earth Sci. Rev. N° 22. pp. 261-308.
- Montoya, D. y Peláez, I., 1993. Ultramafitas y rocas relacionadas de Heliconia. Tesis de grado, U. Nal. Medellín, 218 p.
- Murillo, S., 1998. Petrografía de las areniscas de la secuencia Quebrada la Sucia - Mina Palomos. Miembro Inferior de la Formación Amagá. Tesis de Grado, U. EAFIT. Medellín, 150 p.
- Nivia, A., 1996a. Complejo Quebradagrande, una cuenca marginal intracratónica del Cretáceo inferior en la Cordillera Central de los Andes Colombianos. Resum. VII Congr. Colom. Geología. Bogotá. (Sin paginación).
- _____ 1996b. Complejo estructural Dagua, registro de deformación de la provincia litosférica oceánica Cretácica occidental en un prisma acrecionario. Resumen VII Cong. Col. Geología. Bogotá. (Sin paginación).
- Ospina, T., 1911. Reseña Geológica de Colombia y Antioquia. Imprenta la Organización. Medellín. 126 p.
- Pons, Denise. 1984. La flore du bassin houiller d' Antioquia (Tertiaire de Colombie). 109 Congres National des Sociétés Savantes. Fase II: 37-56.
- Ramón, J.C. y Cross, T.A., 1997. Characterization and prediction of reservoir architecture and petrophysical properties in fluvial channel sandstones, Middle Magdalena Basin, Colombia. CT&F. vol 1, N°3. Instituto Colombiano del Petróleo. Bucaramanga. Colombia. pp.19-47.
- _____ 1997b. Estratigrafía secuencial en estratos continentales. VII Simposio de Cuencas Subandinas del Petróleo (Memoria). Cartagena. pp. 163-167.
- Ramon, J.C. and Cross, T.A. Submitted. Correlation strategies and methods in continental strata, Middle Magdalena basin, Colombia. Jour. of Sed. Res.
- Restrepo, J., 1986. Metamorfismo del sector norte de la Cordillera Central de Colombia. Inform. U. Nal. Medellín. 276 p.
- Restrepo, J. y Toussaint, J., 1973 Obducción Cretácea en el occidente Colombiano. Public. Espe. Geo. N°3. Anal. Fac. Min. Medellín. 26 p.
- _____ 1974. Obducción Cretácea en el occidente Colombiano. Anal. Fac. Min. Medellín. pp. 73-105.
- _____ 1976. Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia. Colombia. Publi. Esp. Geo. U. Nal. Medellín. pp.1-13 y 147-157.
- Restrepo, J., Toussaint, J. F., González, H., Cordani, U., Kawashia, K., Linares, E., y Parica, C., 1991. Precisiones Geocronológicas sobre el Occidente Colombiano. Simp. Magmatismo Andino. IGCP-UNESCO-IUGS, Manizales. pp. 1-21.
- Scheibe, R., 1919. Geología del sur de Antioquia. Bogotá. Comp. Est. Geol. Of. Col. pp. 67-167.

- Schuler, M. & Doubinger, J., 1970. Observations palynologiques dans le bassin d'Amaga (Colombie). *Polen Spores*, 12 (3), 1 carte, Paris. pp 429-450.
- Schumm, S.A. 1993. River response to base level change: implications for sequence stratigraphy. *Jour. of Geo.* 101: 279-294.
- Sierra, G., 1994. Structural and sedimentary evolution of the Irra Basin, Northern Colombian Andes. M.A. Thesis, State University of New York, Binghamton, 102 p.
- Sierra, G.M. and MacDonald, W., 2001. Correlation of early Tertiary terrestrial deposits of the Amaga basin, Cauca depression, Colombian Andes. 2001 sprint meeting. Abstracts from the transactions of the AGU, Vol 82. No. 2. Boston. pp. S125.
- Sierra, G.M., MacDonald, W.D., Estrada, J.J., 1996. Estudio paleomagnético en rocas Terciarias en la cuenca del río Cauca, Departamento de Caldas: Implicaciones tectónicas. *Revista Universidad EAFIT*. No 100.
- Sierra, G. M., Silva, J.C y Correa, L.G 2000. Estratigrafía secuencial y Ambientes de depositación de la Formación Amagá (Eoceno Tardío – Mioceno Tardío). *Primera Convención Técnica de la A.C.G.G.P. Geología y Petróleo en Colombia*. Bogotá. 5 p.
- Silva, J.C., Sierra, G.M. and Correa, L.G. Stratigraphic base level fluctuations and sandstone petrographic characterization as indicators of the evolution of the Amaga coal basin. *En prensa*
- Van Der Hammen, T., 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano y Tectogénesis de los Andes Colombianos. *Bol. Geol. Bogotá*. pp. 1-15

