

TECTONOESTRATIGRAFÍA Y EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL VALLE INFERIOR DEL MAGDALENA

Reyes, H. A.¹; Montenegro, B. M.²; Gómez, P. D.²

RESUMEN

Las características estructurales y estratigráficas de las cuencas del norte colombiano están determinadas por la interacción de las placas Suramericana y Caribe, cuya dirección de desplazamiento ha tenido variaciones desde el Cretáceo Superior, pasando de una dirección tangencial a la línea de costa, a más oblicua en el Terciario. Este cambio produjo la acreción de sedimentos contra el continente a lo largo de la Falla de Romeral y un intenso fracturamiento en el basamento continental. Como resultado de esto se tienen tres periodos de evolución tectonoestratigráfica: el primero transcurre desde el Oligoceno hasta el Mioceno Temprano, caracterizado por grandes bloques basculados limitados por fallas normales de alta pendiente, con sedimentos continentales hacia el Este y marinos someros al Oeste. El segundo periodo, Mioceno Temprano a Mioceno Tardío, caracterizado por alta subsidencia como resultado de acomodación isostática en respuesta al levantamiento de los macizos de Santander y Santa Marta (primeros pulsos de la Orogenia Andina); la sedimentación marina dominó este periodo. El tercer periodo corresponde al pulso orogénico Andino, que se registra en la cuenca por la discordancia del Plioceno, con plegamientos y levantamientos, especialmente en la zona del Sistema de fallas de Romeral y asociado al fenómeno de “roll back” de la zona de subducción y la acreción del Cinturón del Sinú al continente. Los sedimentos depositados en el último periodo se desarrollan en ambientes continentales. Las condiciones tectónicas y estratigráficas interpretadas indican un proceso evolutivo poli-histórico asociado a zonas de colisión oblicua, con un periodo inicial de cuenca transrotacional y finalizando con eventos compresivos y transpresivos asociados a la Orogenia Andina.

Palabras Clave: Tectonoestratigrafía, Valle Inferior del Magdalena, Romeral, Caribe, Cuenca de Plato.

ABSTRACT

The structural and stratigraphic features northern Colombian basins are driven by the interaction of the Southamerican and Caribbean plates, in which the displacement direction have been changing since upper cretaceous times, from a direction almost tangential to the coast line up to an oblique direction in the Tertiary. This change resulted in the accretion of sediments against the continent along the Romeral Fault and the intense fracturing of the continental basement. As a result of this, three periods of tectonostratigraphic evolution are recognized: the first one goes from the Oligocene to early Miocene, characterized by tilted blocks bounded by normal faults with continental sedimentation at the east and shallow marine towards the west. The second period, early Miocene to Late Miocene, characterized by high subsidence rates due to the isostatic accommodation as a result of the rising of Santander and Santa Marta Massifs (early pulses of the Andean orogeny); marine sedimentation dominated this period. The third period corresponds to the Andean orogenic pulse, recorded in the basin by the Pliocene unconformity, with intense folding and uplift in the Romeral fault vicinity, roll back of the subduction zone and the accretion of the Sinu belt to the continent. The sediments during this last period were deposited in continental environments. The tectonics and stratigraphic features show a multi-history evolution process associated to an oblique collision zone with a first stage of transrotational like basin, followed by compressive and transpressive events associated to the Andean orogeny.

Key words: Tectonostratigraphy, Lower Magdalena Valley, Romeral, Caribbean, Plato Basin.

¹ ECOPETROL, Instituto Colombiano del Petróleo, Piedecuesta

² GEOCIVIL LTDA, Cra. 21 No 158-80, Cañaveral, Bucaramanga

1. INTRODUCCIÓN

La cuenca del Valle Inferior del Magdalena (VIM) se localiza en la esquina noroccidental de Sur América. Geológicamente está limitada al Este por la Falla de Bucaramanga – Santa Marta que la separa de las rocas cristalinas de los macizos de Santa Marta y Santander; al Sur, por las estribaciones de la Cordillera Central y la Falla de Palestina (cubierta por sedimentos cuaternarios); hacia el Norte y Oeste, con la cuenca del Caribe Colombiano. Para este trabajo, se incluye dentro del VIM, el Cinturón Plegado de San Jacinto, la Cuenca de Sinú (o Sinú - Barranquilla). Operacionalmente, la Empresa Colombiana del Petróleo (Ecopetrol) define a la cuenca como compuesta por las depresiones de Plato y San Jorge separadas por el Arco de Magangué (FIGURA 1).

Esta cuenca tiene una larga historia exploratoria que se remonta a los primeros días del siglo XX con la perforación de pozos como Perdices 1 y Tubará 1, los cuales en su época tuvieron importante producción de gas y algo de aceite. En la cuenca se han perforado un total de 416 pozos de los cuales alrededor de 20% fueron exploratorios. La producción de hidrocarburos se ha concentrado principalmente en las áreas del Arco de Magangué (Campos Cicuco, Boquete, Boquilla, Zenón, Violó), Alto del Difícil (campo El Difícil, Alejandría), Jobo-Tablón y recientemente Güepajé-Ayombe, con unas reservas descubiertas de 74 Mbbl de petróleo y 0.926 TCF de gas, y unas reservas por descubrir de 4 Mbbl de petróleo y 0.472 TCF de gas (ECOPETROL, 2000).

1. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El margen continental del Caribe Colombiano hace parte del frente de deformación originado por la subducción de la Placa Caribe bajo la Placa Suramericana. Las características tectónicas, dominadas por la interacción de éstas placas, determinan los patrones estructurales y estratigráficos que se presentan en las provincias geológicas del norte Colombiano (FIGURA 2). La evolución del norte colombiano resulta en bloques que se presentan como regiones tectónica y estratigráficamente diferenciadas entre sí; la distribución de las unidades estratigráficas se presentan en la Carta Cronoestratigráfica de la FIGURA 4a. En este trabajo se definen Unidades Tectonoestratigráficas (UTE) que representan secuencias estratigráficas separadas por discordancias regionales, trazadas a partir de la información sísmica de subsuelo y controladas por datos de pozo y superficie. La equivalencia de estas unidades con la estratigrafía regional se presenta en la FIGURA 4b.

3. EVOLUCIÓN TECTÓNICA

La presencia de macizos antiguos aledaños a la Cuenca (Macizos de Santa Marta y Santander), se remonta al Mesoproterozoico (Kroonenberg, 1984; Restrepo-Pace, 1995) como resultado de la colisión entre las placas Norteamericana (Laurentia) y Suramericana, que originó un cinturón granulítico. Posteriormente en el Jurásico, con la apertura del Atlántico, se produce la separación de estas placas, (Pindell, 1998), desintegrando el cinturón y dejando a manera de grandes bloques aislados las rocas cristalinas que conforman hoy en día los núcleos de dichos macizos.

3.1. Cretáceo

Como resultado de la subducción de la placa Nazca bajo la placa Suramericana se genera un arco volcánico, que en Colombia corresponde a los primeros estadios de desarrollo de la Cordillera Central y cuya zona de sutura está representada actualmente por el sistema de Fallas de Romeral. Este sistema de fallas o paleosutura, separa la corteza de dominio oceánico al oeste y la de afinidad continental al este. El lineamiento de la Falla de Romeral se extiende hacia el norte colombiano en el VIM como resultado de interacción oblicua de la placa Caribe con la placa Suramericana; esta interacción no produce un arco volcánico, pero sí genera un prisma acrecionario que corresponde al Cinturón Plegado de San Jacinto (FIGURA 3).

Para este tiempo, el área que hoy corresponde a las depresiones de Plato y San Jorge, se presentaban como zonas expuestas que hacían parte del mismo bloque representado por la cordillera Central, unido hacia el norte con el Macizo de Santa Marta (McDonald & Hurley, 1969), formándose una barrera natural que separa los ambientes netamente marinos al occidente y transicionales restringidos en las actuales zonas del Valle del Cesar y Valle Medio del Magdalena (FIGURA 3).

Sobre el margen occidental de la zona de sutura en el norte colombiano, se genera una cuenca con características de márgenes convergentes caracterizada por los sedimentos batiales de la Formación Cansona (Maastrichtiano ?); estos sedimentos se depositaron sobre la Corteza Oceánica y corresponden principalmente a areniscas, que varían lateralmente a lutitas calcáreas y finalizan con lutitas silíceas y restos de materia orgánica (FIGURA 4a)

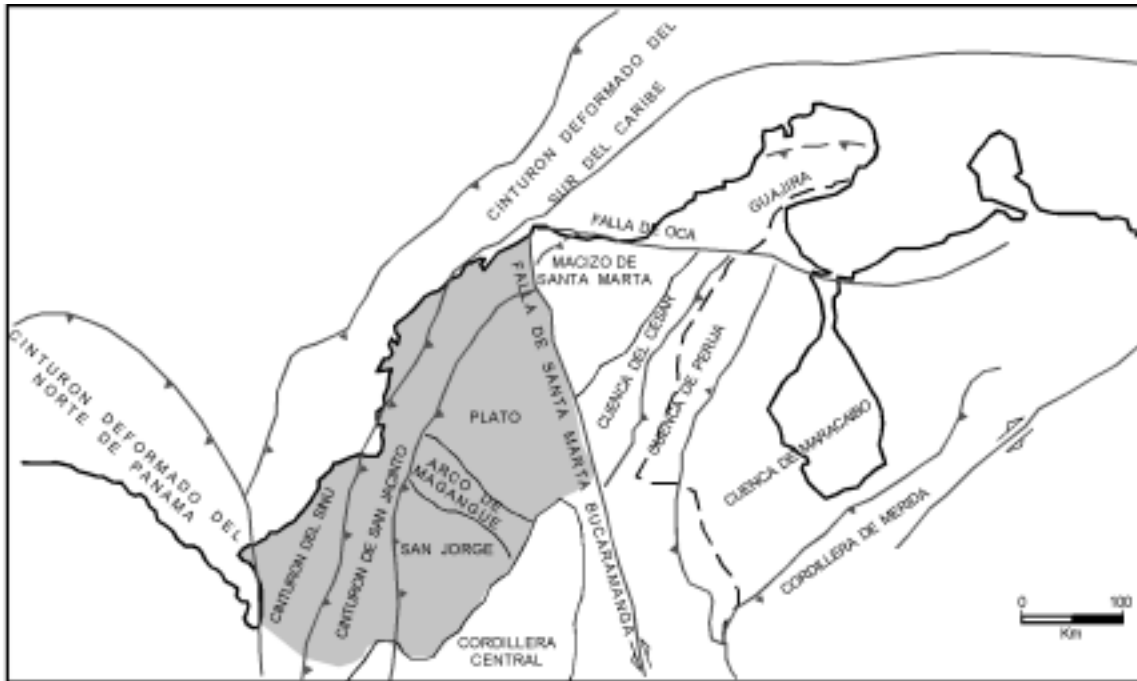


FIGURA 2. Provincias Tectónicas del Caribe y Norte de Sur América. (Adaptado de Case et al., 1984).

3.2. Paleoceno - Eoceno Superior

En el comienzo del Paleoceno, la Placa Caribe se abre espacio entre las placas Suramericana y Norteamericana (FIGURA 5), acumulándose sobre la fosa de subducción grandes cantidades de sedimentos clásticos transportados por corrientes de turbidez correspondientes a las formaciones San Cayetano y Chengue (UTE 2 y 3, FIGURA 3). Estos sedimentos son procedentes de las zonas emergidas al este de la Sutura de Romeral y se inicia el proceso de plegamiento en el área del actual del Cinturón Plegado de San Jacinto.

La distribución de las formaciones San Cayetano del Paleoceno (UTE 2) y Chengue del Eoceno (UTE 3), se restringen a la margen occidental de la zona de sutura. La Formación San Cayetano corresponde a lodolitas con intercalaciones de arcosas, micritas y chert, mientras que la Formación Chengue son capas gruesas de conglomerados polimícticos (Formación Maco) con capas de areniscas intercaladas con calizas hacia el tope, depositados en zonas de talud y plataforma continental. En el Eoceno Superior la Placa Caribe choca con la Placa Norteamericana (FIGURA 6), cambiando su dirección de desplazamiento hacia el este (Pindell, 1998), resultando en un cambio del régimen tectónico del norte colombiano; se originan fracturas al interior de la cuenca en las áreas emergidas, así como pulsos de levantamiento en la Serranía de Perijá (Kellogg, 1984), el Macizo de

Santander y el Macizo de Santa Marta, con intrusiones de carácter félsico en éste último (Mattson, 1984). Como resultado de esta actividad se produce la migración de la fosa de subducción hacia el oeste en dirección del mar, (fenómeno de “roll back”, Molina, 1978), generándose una zona interna de mar somero donde se desarrollan arrecifes al oeste de Romeral (Calizas de Tolú Viejo, FIGURA 7).

3.3. Oligoceno - Mioceno Inferior

A partir del Oligoceno se empieza a registrar en la cuenca los eventos distensivos en las depresiones de Plato y San Jorge como resultado de los movimiento del final del Eoceno en la placa Caribe.

El sistema de Fallas de Bucaramanga - Santa Marta, que es uno de los mayores rasgos geológicos del norte colombiano, empieza su actividad como falla normal de alta pendiente separando dos provincias geológicas: al occidente, la Cuenca del Valle Inferior del Magdalena; al oriente, las rocas cristalinas del Macizo de Santa Marta. La información sísmica permite identificar sobre el límite sur de la cuenca la continuación de la Falla de Palestina, importante rasgo en el Valle Medio del Magdalena, con características de fallamiento normal y componente de rumbo al interior de la cuenca (FIGURA 1).

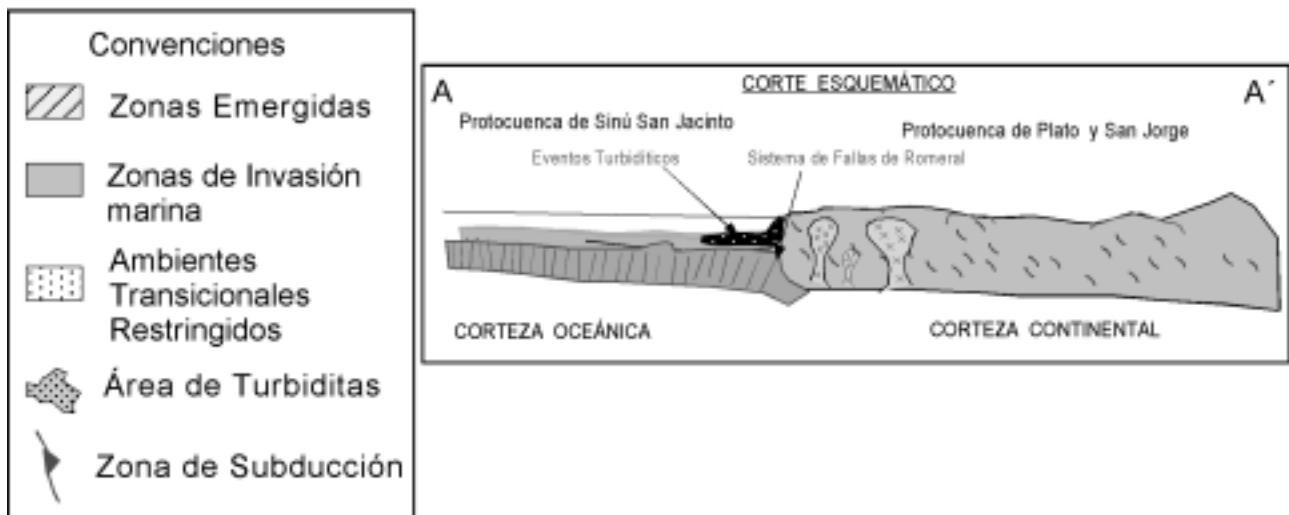
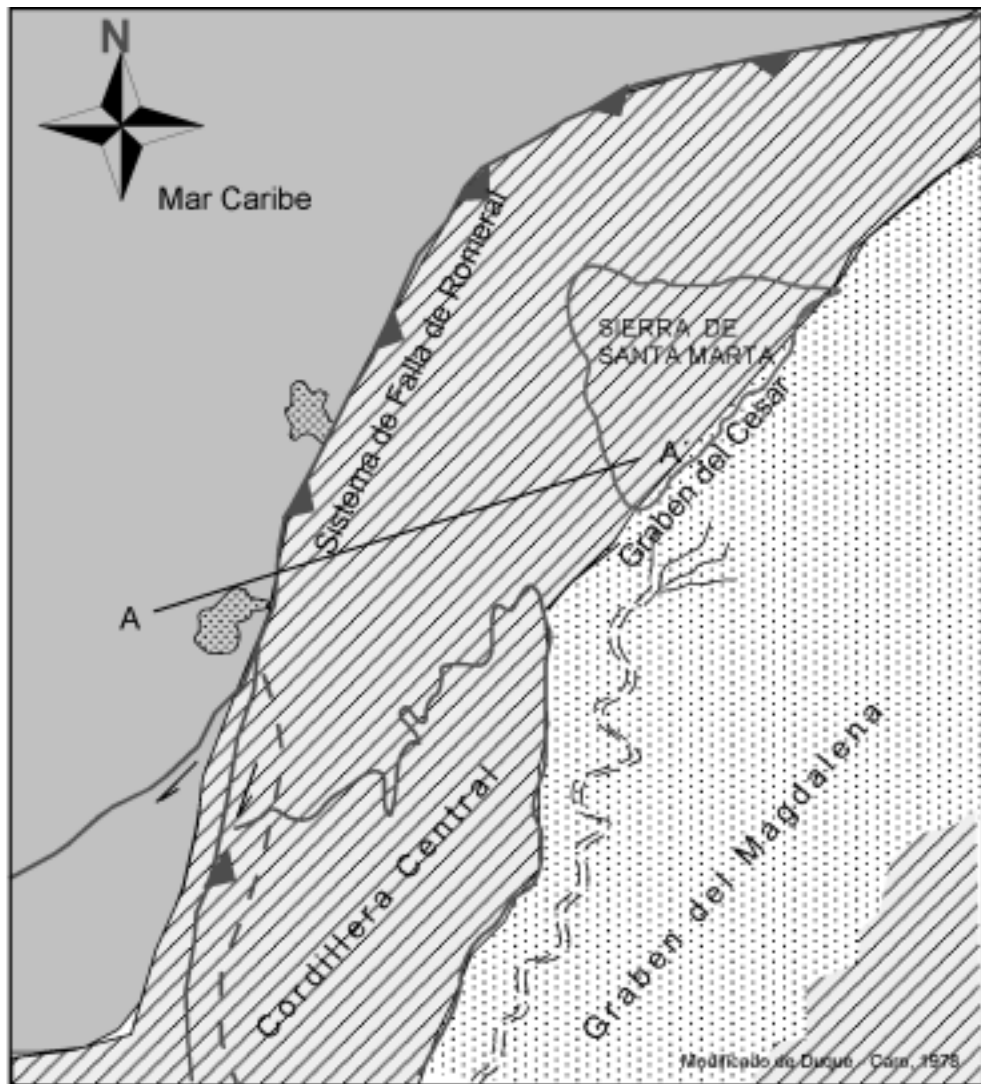


FIGURA 3. Paleogeografía y Modelo Tectónico en la Cuenca del Valle Inferior del Magdalena durante el Cretáceo Inferior - Paleoceno. La Falla de Romeral se constituye en un límite de placas sobre el que se genera un prisma acrecionario.

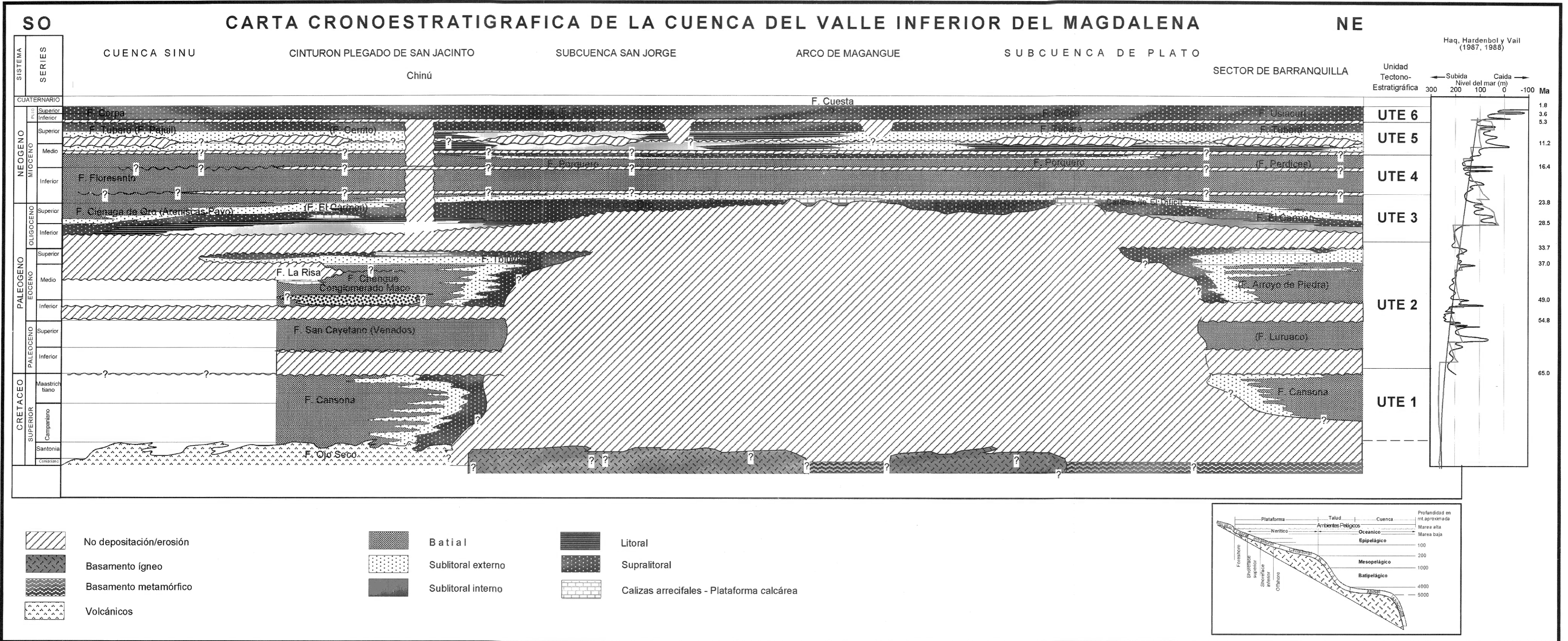


FIGURA 4a. Carta Cronoestratigráfica del Valle Inferior del Magdalena

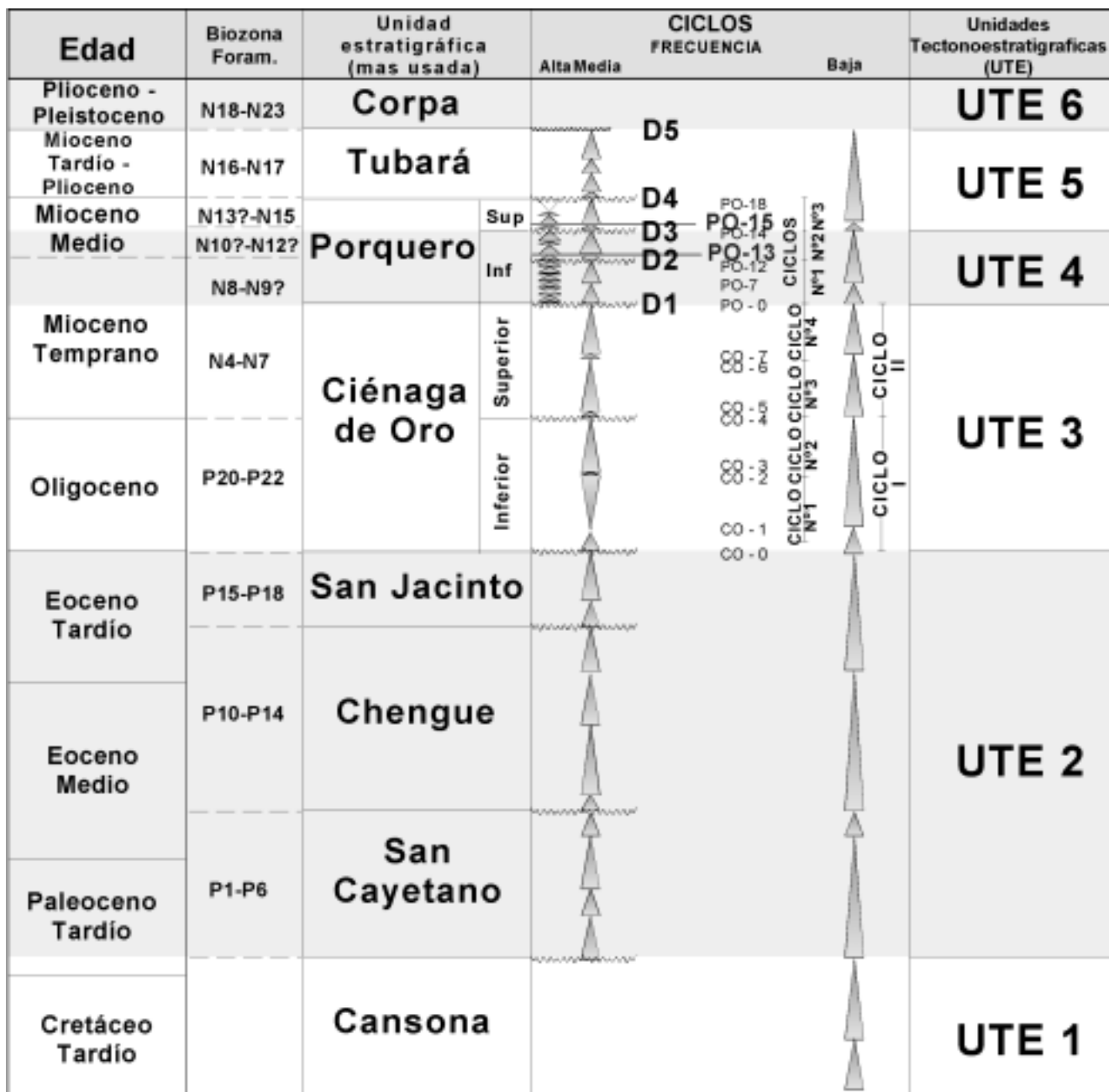


FIGURA 4b. Estratigrafía regional y su relación con las unidades tectonoestratigráficas.



FIGURA 5. Movimiento de las Placas Caribe, Norte y Suramericana en el Cretáceo Superior a Eoceno Superior. El movimiento de las placas está señalado por las flechas. La Placa Caribe mantiene su movimiento con pocas variaciones desde el Cretáceo Superior hasta el Eoceno Superior (Pindell, 1998).

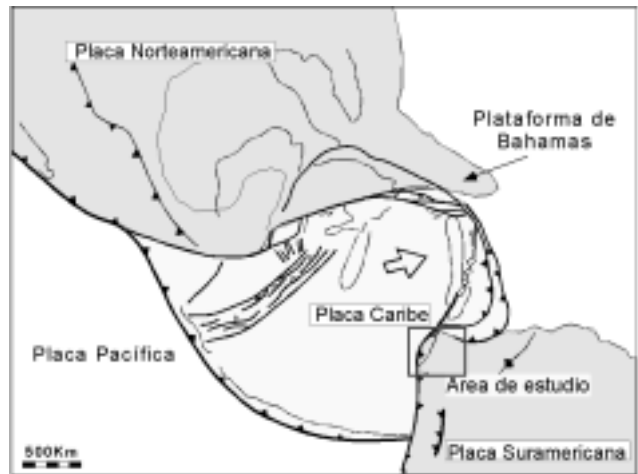


FIGURA 6. Movimiento de las Placas Caribe, Norte y Suramericana en el Cretáceo Superior. La Placa Caribe choca con la Norteamericana girando hacia el Este (Pindell, 1998).

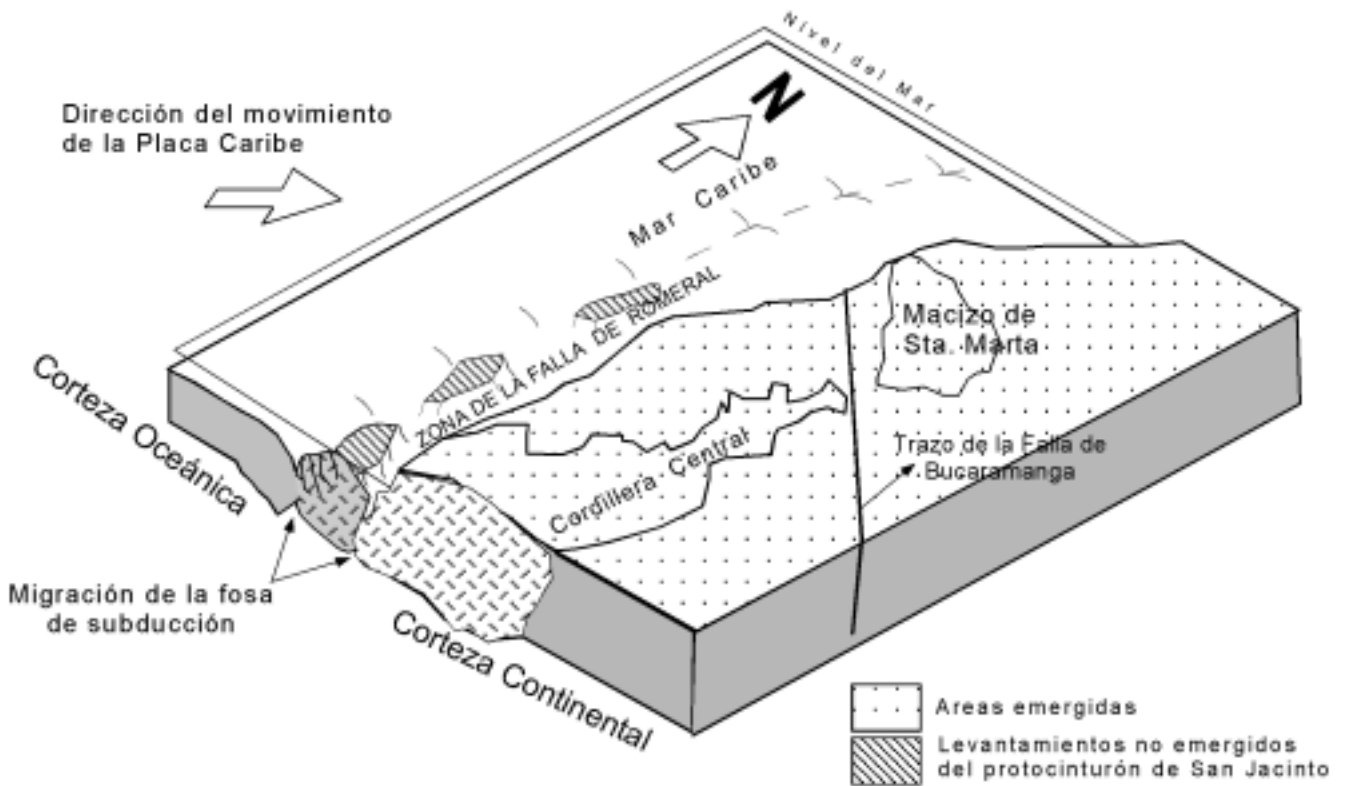


FIGURA 7. Bloque Diagrama del Valle Inferior del Magdalena en el Eoceno Superior. Se genera el "roll back" de la zona de subducción, iniciándose la acreción del Cinturón Plegado de San Jacinto.

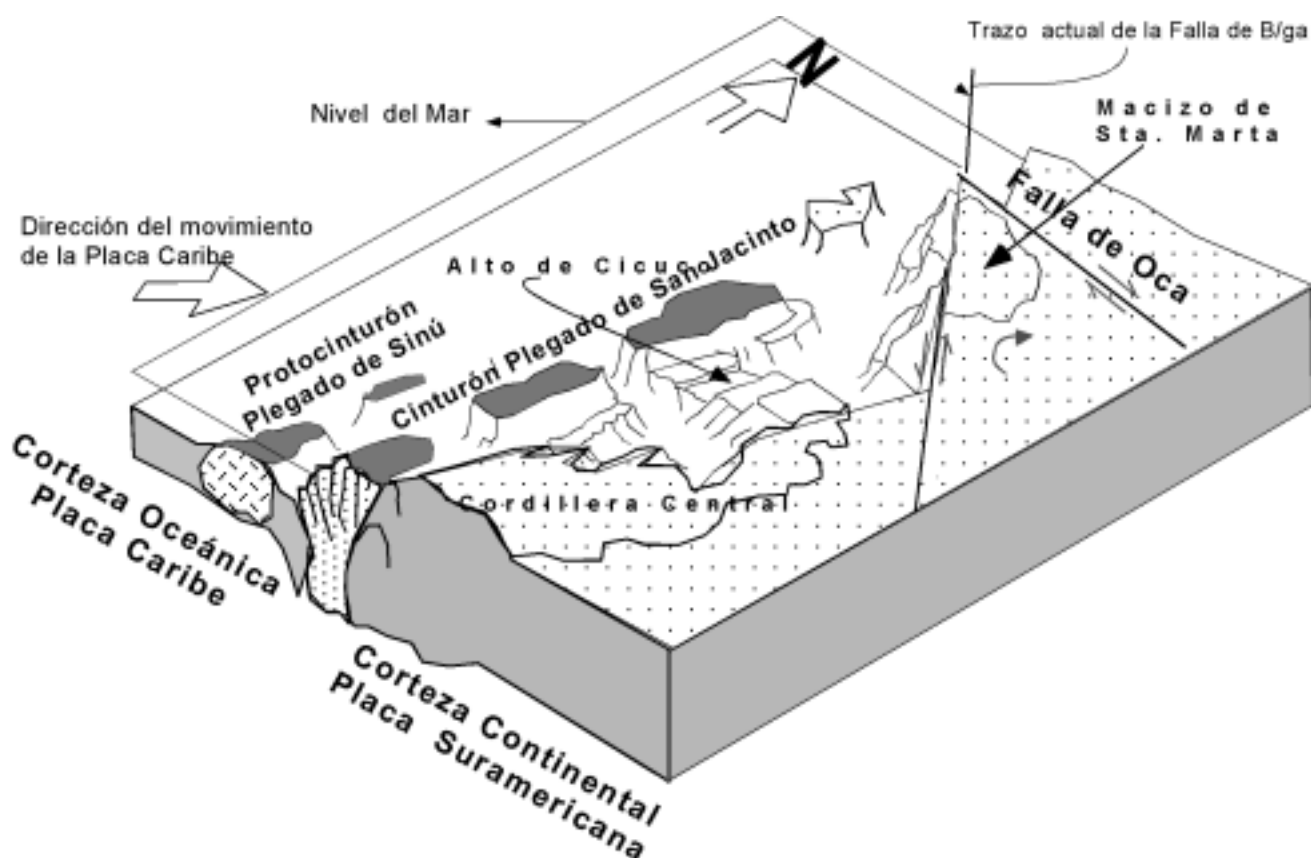


FIGURA 8. Bloque Diagrama del Valle Inferior del Magdalena para el Oligoceno. El esfuerzo de empuje de la Placa Caribe produce rotación sobre el Bloque Macizo de Santa Marta y cizalla en las Fallas de Romeral y Palestina, generando distensión, de bloques conformando los Altos de Cicuco, El Difícil, Apure y Cecilia.

En respuesta al desplazamiento de la Placa Caribe, se originan sobre las Fallas de Bucaramanga, Romeral y Palestina fenómenos de cizalla resultando en un movimiento rotatorio en sentido horario en el Bloque del Macizo de Santa Marta. Este movimiento genera sobre las zonas de Plato y San Jorge cuencas transrotacionales en el sentido de Allen & Allen, 1990. Los límites de los bloques siguen el fracturamiento previo, sufriendo subsidencia y levantamientos a manera de “*Half - Graben*” según los esfuerzos generados (FIGURA 8).

Se observa al interior de cada bloque la asociación de altos con depresiones; de esta forma, en el bloque sur, se presentan los Altos de Cábano - Tablón, mientras en el área de Montelíbano - Cintura se asocia con las Depresiones de Tirón y Sucre. En el bloque central los Altos de Ayhombe y Cicuco se asocian con la Depresión de Plato. En la parte norte, los Altos de Apure y El Difícil están relacionados con la Depresión de Bálsamo, mostrando una mayor complejidad estructural debido a que los esfuerzos de compresión de las placas en este

sitio tienen un mayor componente de rumbo (FIGURAS 9 y 10). Consecuentemente, en ésta parte de la cuenca se puede presentar una zona de “*melange*” en la que la corteza continental estaría presente en forma de pequeños bloques desprendidos a ambos lados del Sistema de Fallas de Romeral (límite norte de la cuenca).

Así mismo, se presentan algunas fallas inversas como las de Puerta Negra y Tirón, al sur y otras al norte en el área de Bálsamo, las cuales actúan a manera “*up thrust block*” del sistema de Fallas de Romeral sirviendo de estructuras de escape a los eventos compresivos generados por el empuje de la Placa Caribe desde el Eoceno Superior (FIGURAS 9 y 10).

Otra actividad importante se presenta sobre la margen oriental de la cuenca. Durante ésta época los movimientos de rumbo en la Falla de Bucaramanga y la Falla de Algarrobo generan una Cuenca de “*pull-apart*” con la depositación de grandes espesores de sedimentos.

El estilo de evolución estructural propuesto para éste periodo corresponde al desarrollo de cuencas asociadas a fallas de rumbo de alta pendiente (strike slip), con bloques rotados, asociado a fallas de desgarre sobre el manto superior (transrotational basin de Nilsen & Sylverster, 1998, FIGURA 12).

El registro sedimentológico en la Subcuenca de Plato comienza en el Oligoceno, con sedimentos marinos representados por paquetes de arcillolitas y areniscas calcáreas (Areniscas del Oso), interpretándose el ingreso del mar a través corredores que se localizan al norte y sur del alto de Apure.

El Mioceno Inferior se caracteriza por el desarrollo de calizas arrecifales y de plataforma sobre los altos al tope de la Formación Ciénaga de Oro (Altos de Cicuco, Alejandría, Apure y San Benito, entre otros); sobre los altos se deposita una secuencia concordante de shales de ambiente nerítico externo - batial.

La geometría de los cuerpos estratigráficos en las subcuencas se presenta de manera variable y asimétrica, siendo determinada por la disposición y actividad de las fallas que actúan durante el momento de la depositación, con zonas de aporte principalmente en la Cordillera Central.

3.4. Mioceno Inferior - Mioceno Superior

El inicio de un nuevo ciclo tectónico - estratigráfico está marcado por el evento erosivo regional de la discordancia del Mioceno Inferior, fosilizando muchas de las fallas que actuaron en la anterior secuencia.

El estilo estructural que caracteriza esta secuencia corresponde a una menor actividad tectónica comparada con la del Oligoceno - Mioceno Inferior ya que a pesar de que la subsidencia continua, la sedimentación es menos controlada por el fallamiento y más por los procesos isostásicos que equilibran los pulsos orogénicos de levantamientos en la Sierra Nevada de Santa Marta, la Serranía de Perijá y las Cordilleras Central y Oriental (Kellogg, 1984).

A partir del Mioceno Inferior, las secuencias desarrolladas corresponden al relleno de la cuenca con grandes variaciones en el espesor (depositación de más de 10.000 pies de sedimento hacia el depocentro y erosión hacia los Sectores del Cinturón Plegado de San Jacinto).

En esta secuencia se presentan los mayores espesores de sedimento por unidad de tiempo, transportados hacia la cuenca a través de valles de incisión en forma de corrientes de turbidez en la subcuenca de Plato. Durante este tiempo, la cuenca presenta características estructurales y estratigráficas de margen pasivo, con discordancias internas como resultado de procesos de basculamiento que ocurren por la carga del sedimento.

En el Mioceno Medio se registra una discordancia regional que marca el cambio de facies profundas a facies someras. Esta discordancia coincide con la edad de los primeros pulsos de la Orogenia Andina y probablemente involucra levantamientos sobre el Cinturón Plegado de San Jacinto.

La última parte de esta secuencia está representada por los depósitos de la Formación Tubará, consistente en progradaciones de arenas intercaladas con lodolitas, depositadas por abanicos submarinos, sedimentos de plataforma, borde de talud y secuencias deltaicas, con niveles arcillosos varicoloreados y mantos de carbón al techo.

Hacia el área del Cinturón Plegado de San Jacinto se observan plegamientos dentro de esta unidad asociados al nuevo evento de "roll back" de la zona de subducción, como producto de la acreción del cinturón plegado del Sinú (FIGURA 8).

3.5. Plioceno

El proceso Orogénico Andino está determinado por la reactivación en la dinámica de movimientos convergentes entre las Placas Norte y Suramericana, durante el Mioceno Superior - Plioceno (Pindell, 1998, FIGURA 13). Como resultado de estos movimientos, las Fallas de Bucaramanga y Oca modifican su comportamiento, adquiriendo movimientos de rumbo que transportan el Macizo de Santa Marta hacia el noroeste a la vez que provoca su drástico levantamiento.

El mayor pulso de la Orogenia Andina está registrado en la cuenca por la discordancia del Plioceno que pone en contacto los sedimentos de la Formación Tubará (UTE 5) con los de la Formación Corpa (UTE 6), continuando con la depositación de las facies progradantes desarrolladas en ambientes transicionales y continentales. Esta discordancia fosiliza la primera etapa del periodo de plegamiento en el Cinturón de San Jacinto.

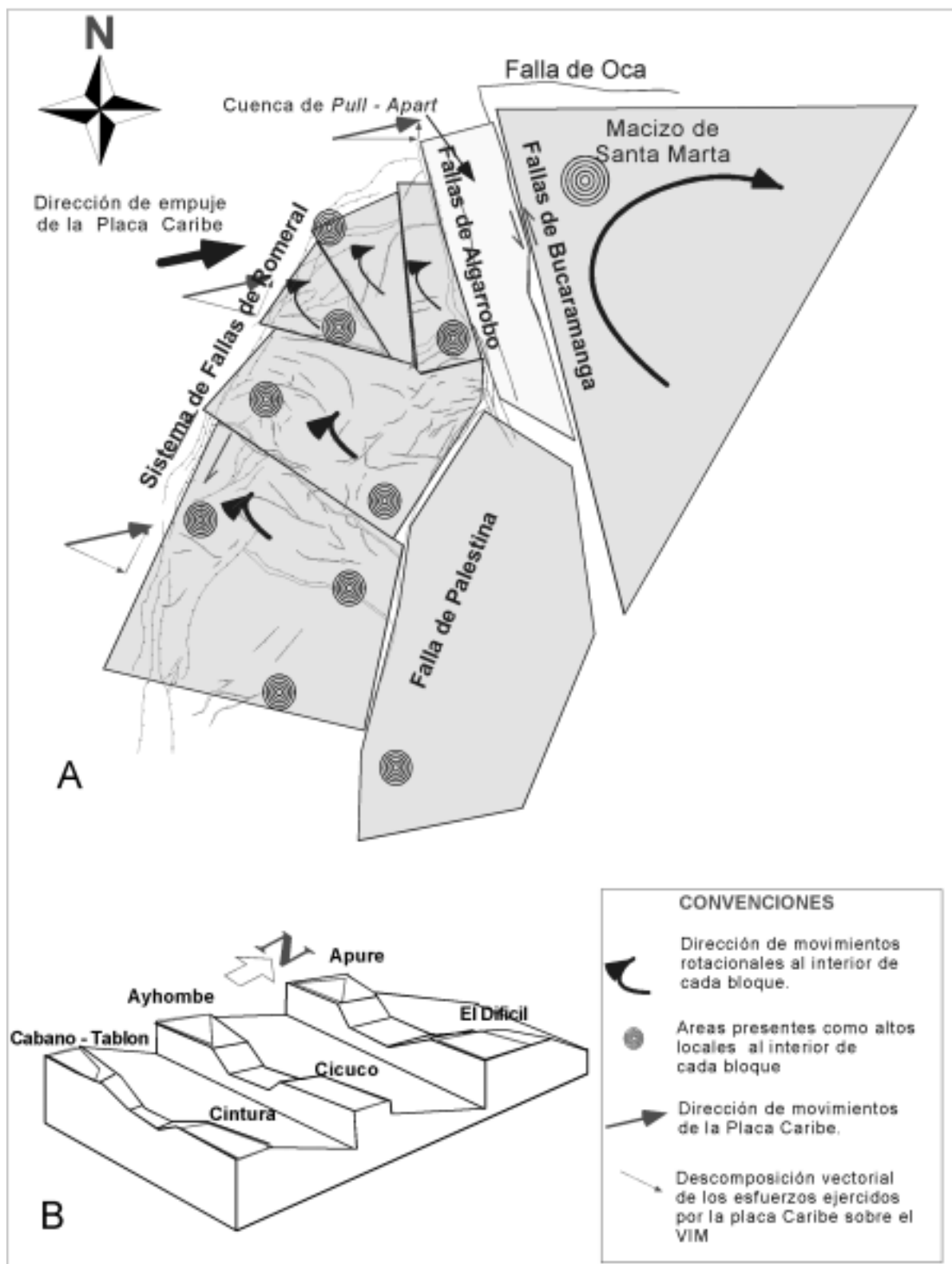


FIGURA 9. A. Modelo de Rotación de Bloques. Debido a los esfuerzos recibidos sobre la esquina nor-occidental de Suramérica, la Cuenca del VIM sufre un fracturamiento en bloques generándose cuencas transrotacionales limitadas por fallas normales y creando altos locales y zonas de deponento. B. Modelo de basculamiento de bloques en forma de Half Graben basculado hacia el norte.

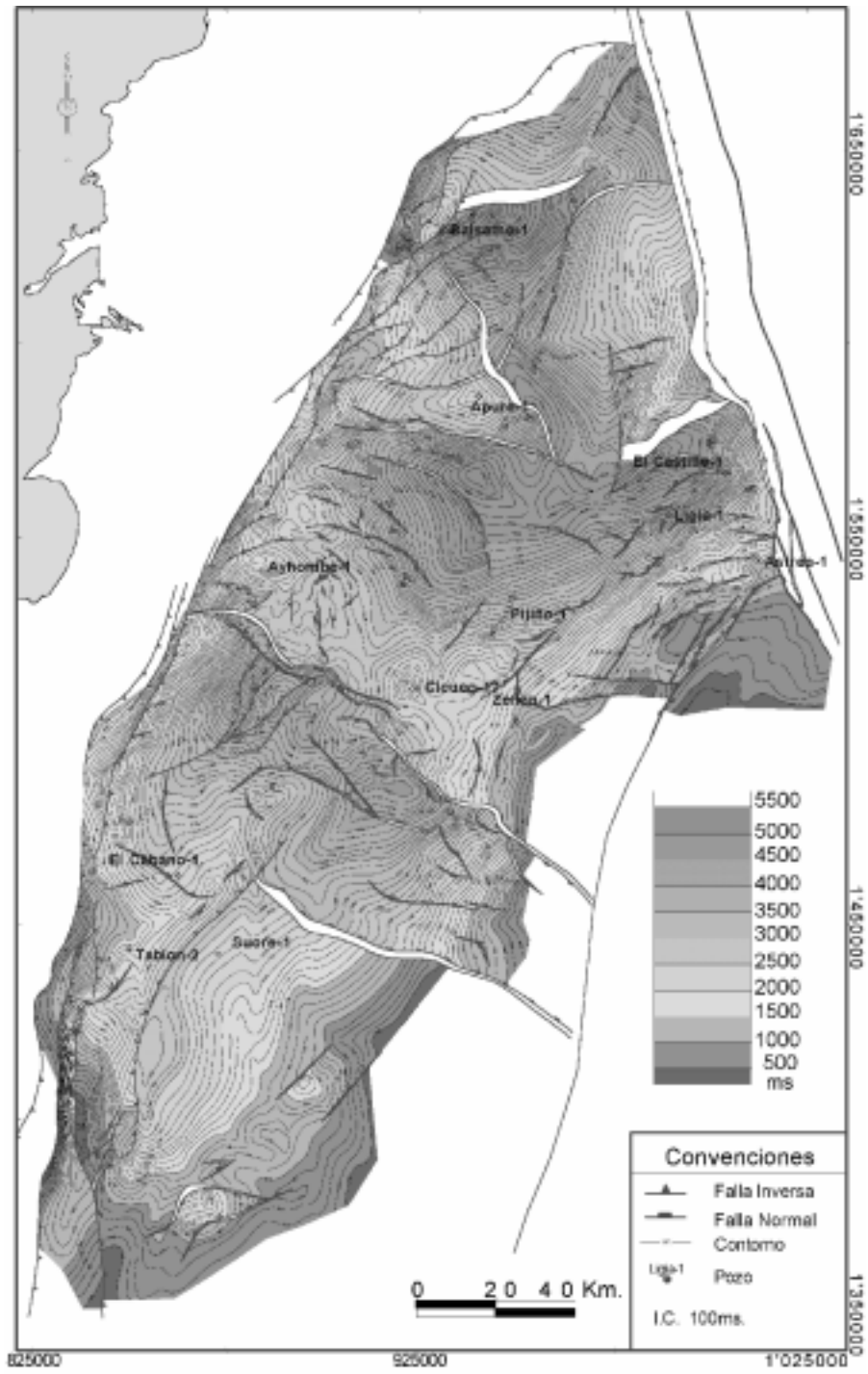


FIGURA 10. Mapa Estructural del Basamento. relación entre altos y bajos en el basamento.

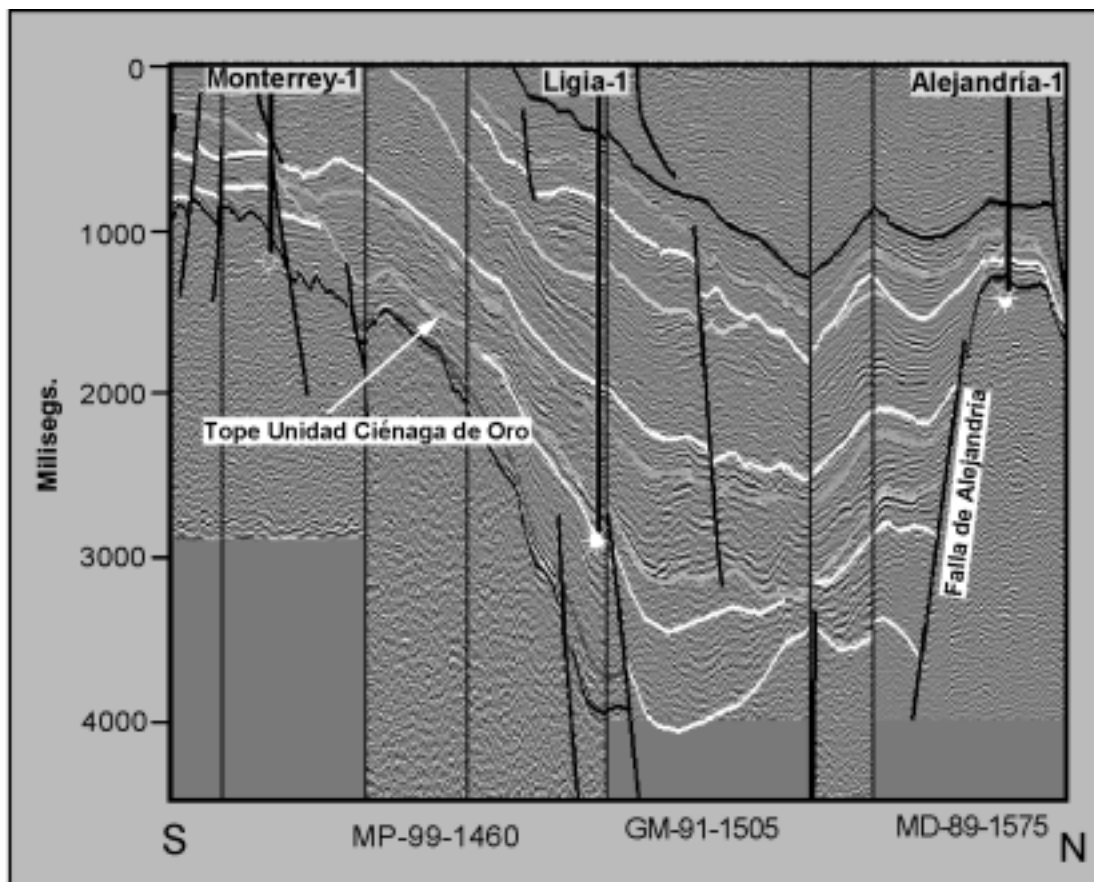


FIGURA 11. Composición Sísmica en el área de los Pozos Monterrey, Ligia y Alejandria. Se observa que la actividad de la Falla de Alejandria controla la sedimentación de la Formación Ciénaga de Oro (UTE 3).

La disposición de los sedimentos en sentido este - oeste y su distribución restringida principalmente al área de la Subcuenca de San Jorge indican una gran actividad orogénica en el norte de la cuenca, que corresponde al fuerte levantamiento que se registra en el Macizo de Santa Marta. La FIGURA 14 muestra al menos dos pulsos de levantamiento del Cinturón Plegado de San Jacinto como resultado de esta actividad orogénica; solo con el último pulso se conforma el Cinturón Plegado como una barrera para la sedimentación de la Formación Corpa (UTE 6). El levantamiento es más intenso hacia el norte, causando la erosión de la mayor parte de la UTE 6, la cual es mejor preservada al sur en la Subcuenca de San Jorge.

Los procesos diapíricos que se registran en esta época sobre el flanco oeste del fallamiento del Sinú, así como la depositación turbidítica a lo largo del talud externo de la cuenca (Duque - Caro, 1991), son el resultado de la gran cantidad de material aportado durante la reciente orogenia hacia la Cuenca Caribe Colombiana, durante un periodo relativamente muy corto.

Como se ha expuesto hasta este punto, la constante y variada interrelación de las placas tectónicas a travez del tiempo en la margen continental del Caribe Colombiano, ha hecho posible la formación de diversas zonas con comportamientos estructurales y estratigráficos

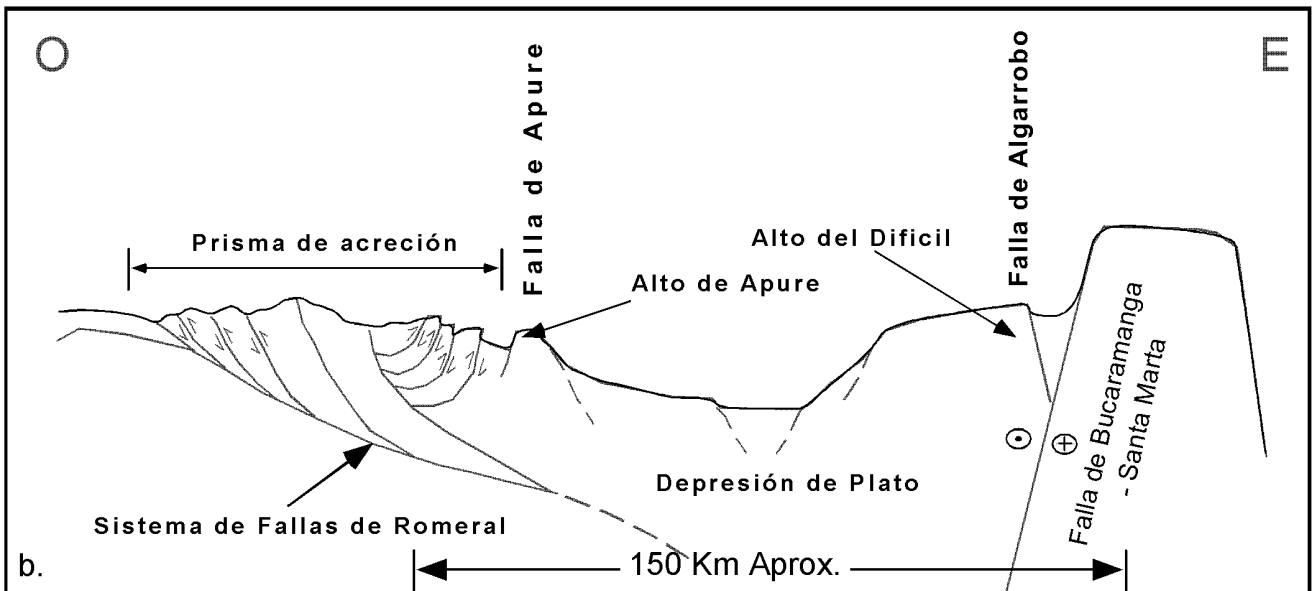
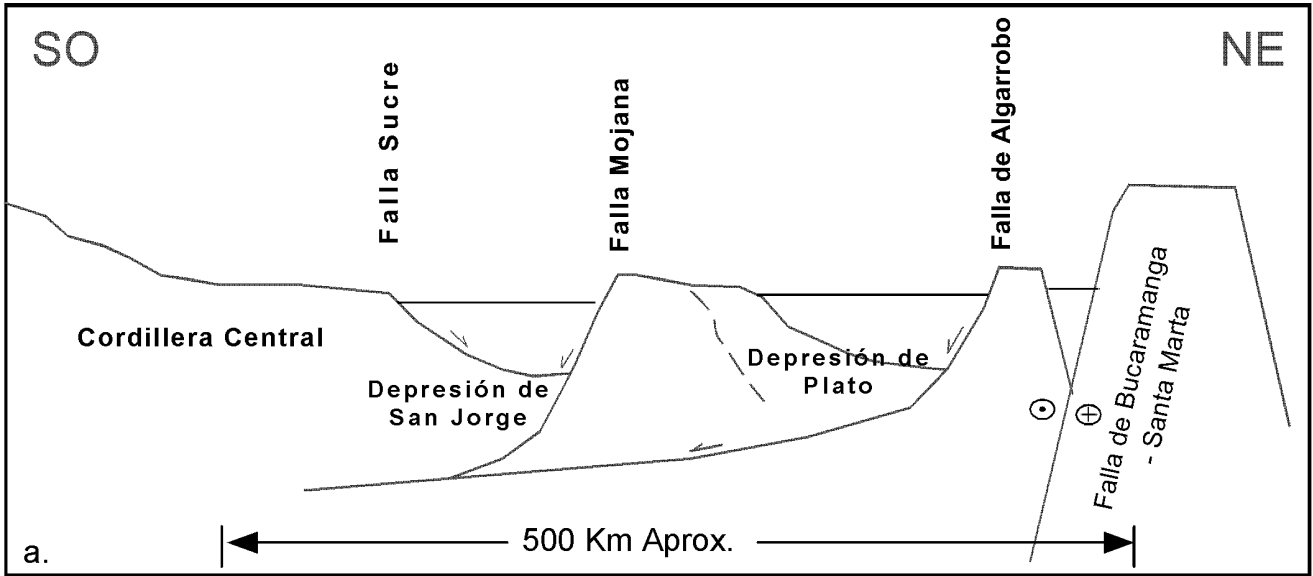


FIGURA 12. Cortes Esquemáticos del Área de Estudio. a. Corte SO-NE. Se esquematiza el Basculamiento de bloques hacia el norte, asociados a una falla mayor con despegue en el manto superior. b. Corte O-E. Representa una sección a la altura de los Altos de Apure y El Difícil, mostrando la acreción del prisma correspondiente al Cinturón Plegado de San Jacinto.

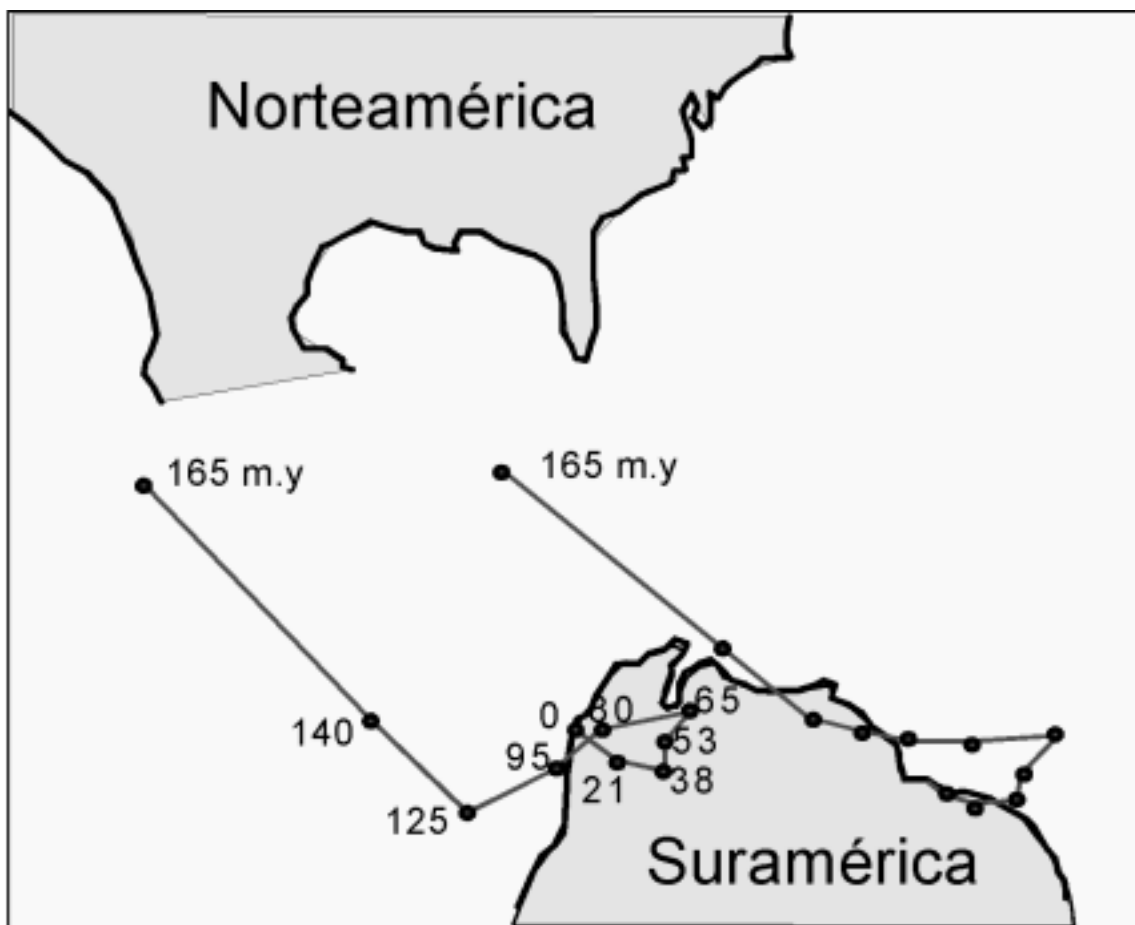


FIGURA 13. Movimiento de Suramérica con respecto a Norteamérica desde el Jurásico. Los números corresponden al tiempo en millones de años y las líneas representan los vectores de desplazamiento. (Tomado de Sclater y otros, 1977).

característicos y diferenciables en diversas áreas de la cuenca del VIM. Estas zonas se han definido como regiones tectono estratigráficas (FIGURA 15), las cuales debido a las características propias presentan cada una un diferente potencial exploratorio.

CONCLUSIONES

Las características evolutivas de esta cuenca indican que a partir del Oligoceno se comporta como un conjunto de cuencas transrotacionales que se forman como resultado de los esfuerzos oblicuos que resultan del choque entre

la esquina noroccidental de la placa suramericana y la placa Caribe, cuya dirección relativa de desplazamiento es variable a través de la historia geológica. Esta actividad genera fracturamiento del basamento en bloques que se comportan de manera particular e independiente según su ubicación.

Desde el punto de vista exploratorio, la historia evolutiva de esta cuenca juega un papel preponderante; se propone estudiar la cuenca según regiones tectonoestratigráficas, cada una de las cuales tiene características particulares y, de la misma forma, las estrategias exploratorias deben ser propias en cada región.

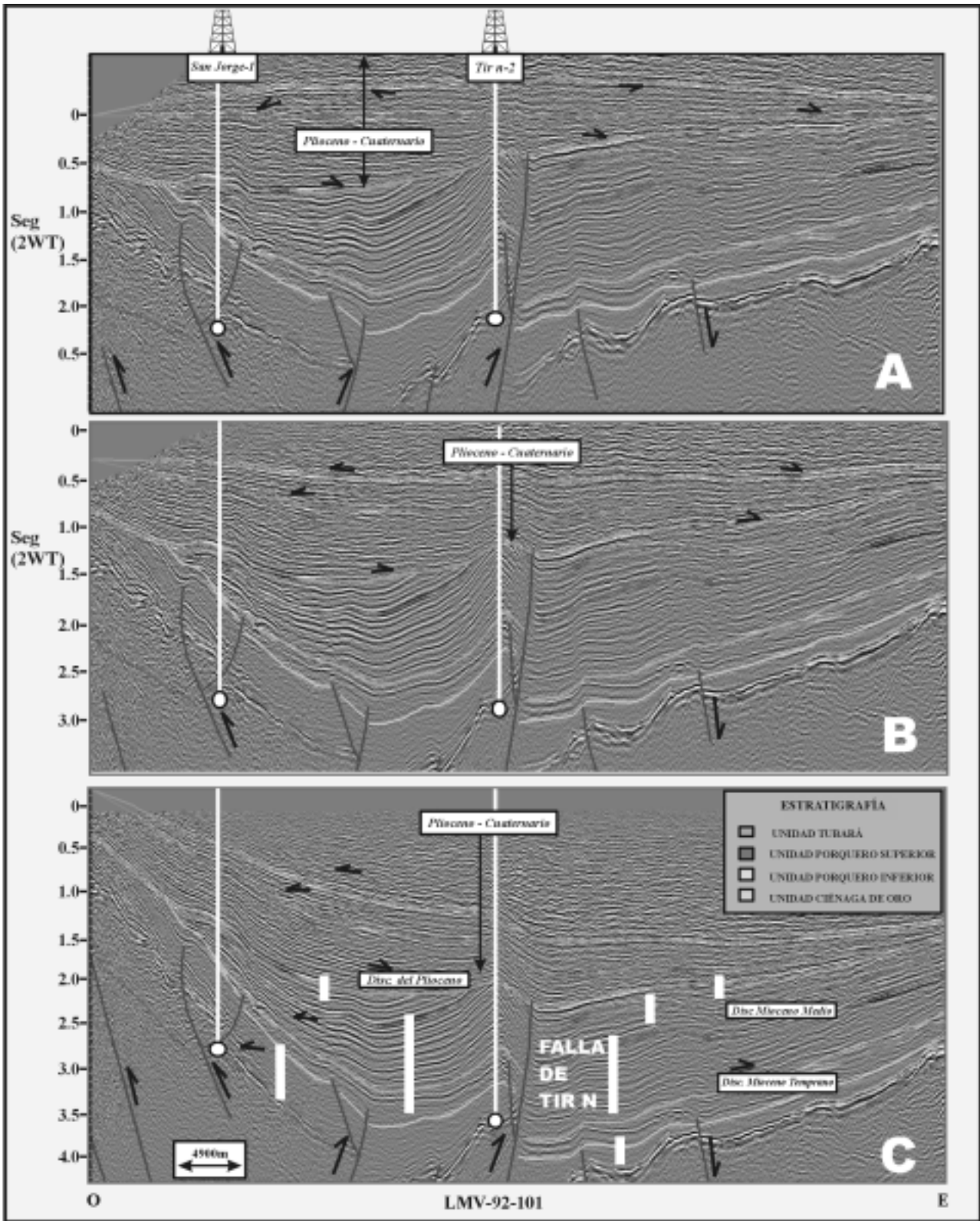


FIGURA 14. Relación Tectónico - Estratigráfica de la UTE 6, Plioceno Cuaternario. A y B corresponden a secciones horizontalizadas a diferentes datum intra-Corpa. En A la Influencia del sistema de Fallas de Romeral al oeste no constituía barrera para la sedimentación; en B la presencia de Onlap hacia el oeste, indica que la zona del sistema de Fallas de Romeral comienza a actuar como barrera. En C se muestra la línea sísmica sin horizontalizar.

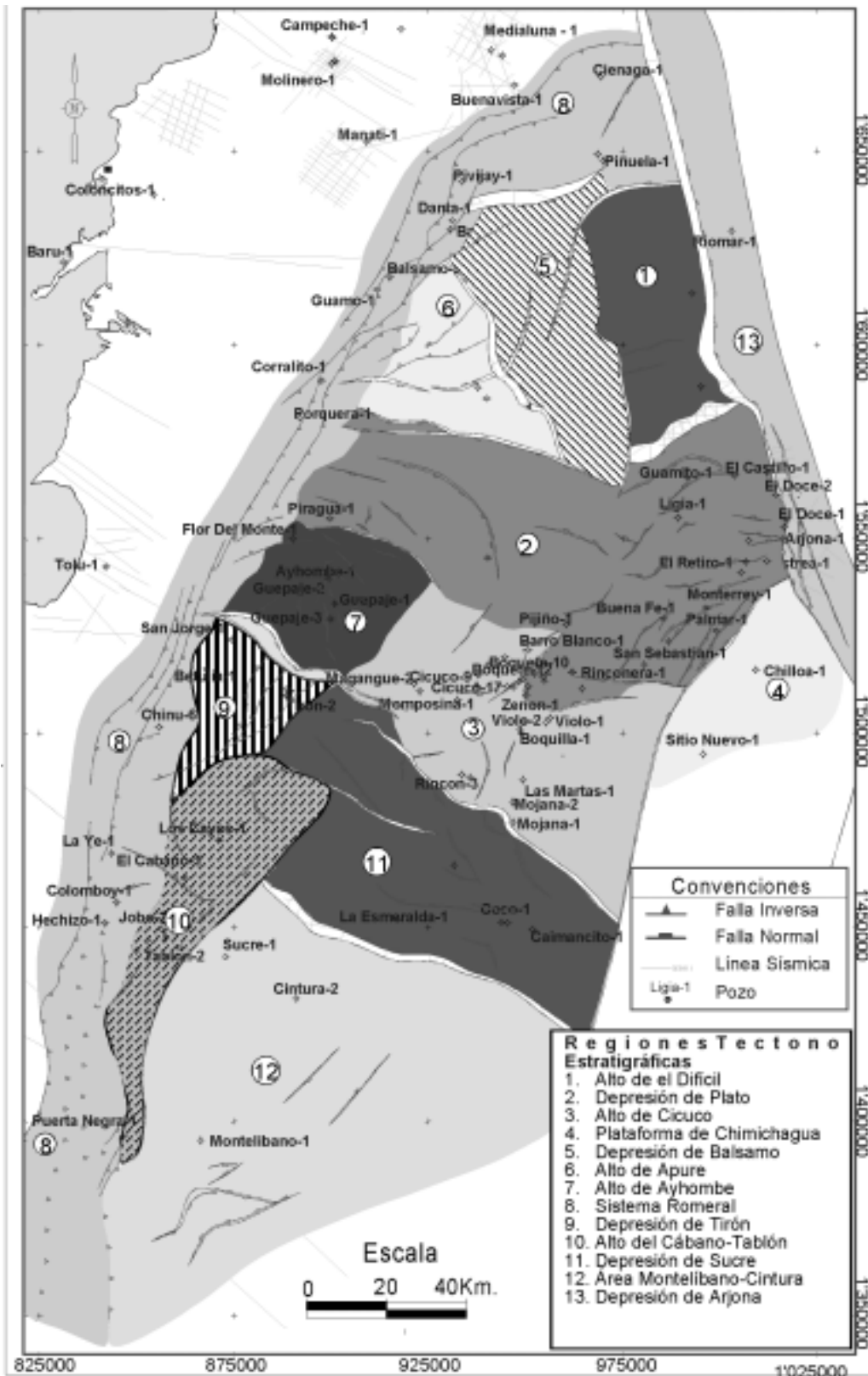


FIGURA 15. Regiones tectonoestratigráficas definidas en la cuenca del Valle Inferior del Magdalena.

REFERENCIAS

- Allen P. A., Allen J.R., (1990). Basin Analysis, Principles and Applications. Blackwell Scientific Publications. London, p 451.
- Case J. E, Holcombe T. L, and Martin R. G. (1984). Map of Geological provinces in the Caribbean Region, in "The Caribbean - South American Plate Boundary and Regional Tectonics", pp 1 - 30.
- Duque - Caro H. (1991). Contributions to the Geology of the Pacific and the Caribbean Coastal Areas of NW Colombia and South America. UMI Dissertation Services. Michigan. 116 p.
- ECOPETROL (2000). Página Web Ecopetrol Ronda 2000, Valle Inferior del Magdalena.
- Kellogg J. N., (1984). Cenozoic Tectonic History of the Sierra del Perijá, Venezuela – Colombia, and Adjacent Basins. Geological Society of America, Memoir 162. Boulder, Colorado, USA. pp. 239 – 261.
- Kronenberg H. (1982). Litología, Metamorfismo y Origen de las Granulitas del Macizo de Garzón, Cordillera Oriental, Colombia. Geología Norandina. No. 6. Bogotá. pp. 26 - 43.
- McDonald, W. D, Hurley, P. M. (1969). Precambrian gneisses from northern Colombia, South America. Geological Society of America Bulletin, v. 80, pp. 1867 - 1872.
- Mattson P. H., (1984). Caribbean Structural Breaks and Plate Movements, Geological Society of America, Memoir 162, pp. 131 – 152.
- Molina J. et al. (1978). Análisis Depositional y Geohistórico del Noroccidente Colombiano. Ecopetrol. Santafé de Bogotá. 49 p.
- Nilsen H., Sylverster A, G, (1998). Strike – Slip Basins, in Tectonics of Sedimentary Basins, edit. Blackwell Science, pp. 425 – 457.
- Pindell, J. (1998). The Colombian Hydrocarbon Habitat: Integrated Sedimentology, Geochemistry, Paleogeographic Evolution, Geodynamics, Petroleum Geology, And Basin Analysis. Tectonic Analysis, Inc., Ecopetrol, Santafé de Bogotá.
- Sclater, J. B., Hellinger S., and Tapscott, C. (1977). The paleobathymetry of the Atlantic Ocean from the Jurassic to the present: Journal of Geology, v. 85, pp 509 - 552.

Trabajo recibido: febrero 19 de 2003
Trabajo aceptado: noviembre 25 de 2003