

# Conozcamos y entendamos la naturaleza para disfrutar de ella poniéndola al servicio de la humanidad

\* Julio Alberto Triviño Torres

## Una alternativa de recuperación del Río Magdalena Sector Barrancabermeja - La Gloria

### INTRODUCCIÓN

El río Magdalena ha sido considerado históricamente como el principal drenaje en el contexto hidrológico de Colombia. Su posición geográfica, el estado de desarrollo del país en épocas pasadas y las condiciones hidrológicas y ambientales de su cuenca hicieron de este río un medio vital de máxima importancia en el ámbito nacional. Todas estas condiciones han cambiado con el paso del tiempo, más lo que no ha cambiado, es el insuficiente conocimiento que se tiene de la evolución de la cuenca, de la llanura de inundación y del cauce. El comportamiento dinámico del río ha deteriorado su navegabilidad.

En este informe se pretende analizar el comportamiento dinámico del río en el sector comprendido entre las localidades de Barrancabermeja y la Gloria, Magda-

lena Medio, a partir del desarrollo genético de la cuenca, de la interpretación del tipo y distribución de material en las orillas del río en su zona de inundación y en los bordes de la cuenca.

A partir del conocimiento del comportamiento dinámico del río se establece un procedimiento para la recuperación de su navegabilidad.

El proceso analítico morfogenético de la cuenca del río Magdalena ha sido ejecutado con apoyo de imágenes de Sensores Remotos, fotografías, áreas, cartografías temática, información geológica de toda la cuenca y trabajo de campo en el sector ya mencionado.

Se revisó y evaluó la información existente. Se interpretaron imágenes Landsat T.M. a escala 1 :250.000 e imágenes Radar del sector Barrancabermeja- La Gloria a escala 1 :100.000 y fotografías aéreas con diferente resolución temporal y espacial en el sector Barrancabermeja-San Pablo. Se comprobó la interpretación con trabajo de campo desarrollado en lancha y en helicóptero.

El conocimiento del río Magdalena, expuesto en este informe se ha logrado intermitentemente a partir de 1981 por medio de estudios realizados por el

\* Geólogo. Jefe del Area de Geotecnia de la Facultad.

Centro Interamericano de Fotointerpretación CIAF y las compañías de consulta Hidroconsulta Ltda. y Silva Carreño.

## **EVOLUCIÓN GEOTÉCNICA DE LA CUENCA**

La cuenca de los valles Medio y Alto Magdalena corresponden a una depresión tectónica formada como resultado del levantamiento de las cordilleras Central y Oriental. La cordillera Central, primera zona emergida de los Andes Colombianos empieza su formación a finales de la Era Paleozoica (250-560 millones de años) originando el desarrollo del drenaje en dirección oeste-este, por consiguiente el drenaje de la vertiente oriental de esa geoforma hacia la cuenca de los Llanos Orientales.

El levantamiento de la Cordillera Oriental ocurrió durante el terciario (65 millones - 2 millones de años), cuando ya la margen occidental de la actual depresión del Magdalena se encontraba regionalmente definida, luego la cuenca del río Magdalena se genera en esta época, orientando el drenaje en dirección sur-norte.

Posterior a su formación la cuenca progresivamente sufre cambios morfo-métricos como resultado de la sedimentación de las unidades terciarias.

La depresión del valle del bajo Magdalena, corresponde parcialmente a una depresión tectónica. En la región de Sucre las fallas Loba y Sucre determinan

una fosa tectónica o graben. La actual depresión del Magdalena en el área de Plato ha podido ser consecuencia del levantamiento y plegamiento de los sedimentos terciarios que colmaban la geofractura de Plato, formada como resultado del desplazamiento del macizo de Santa Marta desde su posición original, en extremo norte de la Cordillera Central, hasta el lugar que actualmente ocupa.

## **SEDIMENTACIÓN CRETACICA Y TERCIARIA EN EL VALLE DEL MEDIO MAGDALENA**

La Cordillera Central fue constituida predominantemente por rocas ígneas y metamórficas de edad Paleozoica. Esta misma litología puede conformar la cuenca de los Llanos Orientales y en la actualidad puede corresponder al basamento de dicha cuenca.

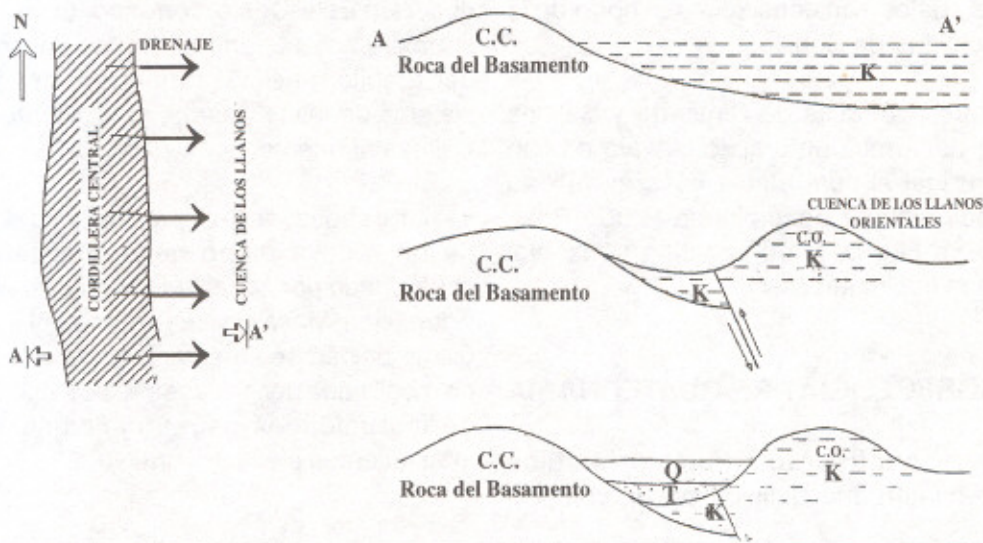
En el Cretáceo, sobre la vertiente oriental de la incipiente Cordillera Central y hacia la cuenca de los Llanos se desarrolla una gran sedimentación de material detrítico y químico, al primer tipo corresponden las formaciones Tambor, La Paja, Simití, Umir, a la sedimentación de origen químico corresponden las formaciones Rosa Blanca, Tablazo, El Salto y la Luna.

La secuencia sedimentaria del Cretáceo aflora actualmente en el flanco occidental y en la parte superior de la Cordillera Oriental, mientras que en la depresión del Valle del Magdalena se encuentra cubierta por unidades sedimentarias Terciarias, figura No. 1.

## Evolución de la Cuenca del Río Magdalena

## Cortes Esquemáticos

Fig. 1



En el Terciario se desarrolla la sedimentación de las formaciones y/o grupos Lisama, La Paz, Esmeraldas, Mugrosa, Colorado, Real y Mesa. Esta sedimentación ocurre de occidente a oriente. La fuente principal del material la constituyó la Cordillera Central. La Cordillera Oriental ya había empezado su proceso de levantamiento originando por consiguiente una barrera a la sedimentación Terciaria hacia el oriente (Julivert, M., 1958-1961).

### COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

La depresión en el Magdalena Medio es de carácter tectónico. Está limitada por fallas regionales de tipo inverso. Al occidente, las Fallas Mulato - Getudo -

Casabe y la Falla de Cimitarra; estas dos fallas guardan entre sí un relativo paralelismo y tiene un rumbo NNE. La primera afecta tanto a rocas ígneas y metamórficas como también a rocas sedimentarias terciarias que ocupan la zona occidental de la Cuenca del Magdalena.

La falla Cimitarra pone en contacto la Formación Mesa con rocas del Triásico (G. Girón), las cuales a su vez están en contacto con rocas ígneas intrusivas hacia el oeste.

En la margen oriental la depresión del Magdalena está limitada por la flexura - Falla del Chucurí, la cual pone en contacto las unidades cretácicas al oriente, con las terciarias al occidente.

Entre la estructura de Chucurí y el río Magdalena se desarrollan las fallas Salinas, arrugas y la Falla de Infantas. Además se desarrollan numerosos lineamientos rectilíneos con rumbo NNE, los cuales son conspicuos al norte de la localidad de Badillo.

Entre las Fallas de Cimitarra y Salinas se desarrolla un amplio pliegue de tipo sinclinal el cual afecta hasta la unidad sedimentaria denominada Grupo Real, sobre la cual y en posición horizontal yace la Unidad Mesa.

### MORFOLOGIA PRE-CUATERNARIA

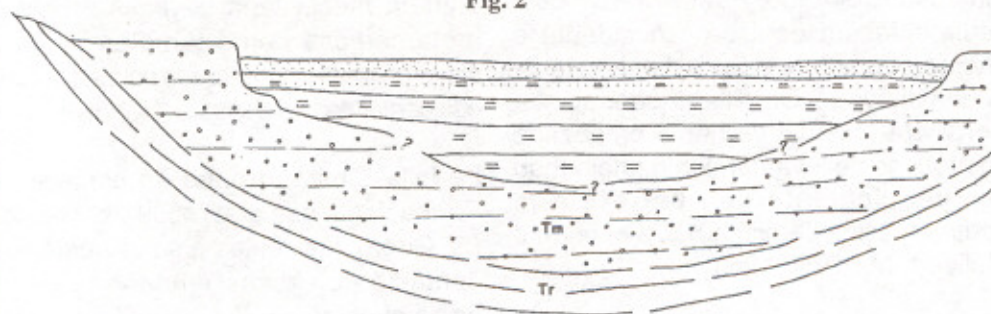
La configuración morfológica precuaternaria definida por el compor-

tamiento litoestructural de la secuencia sedimentaria terciaria consiste a nivel regional en los bordes de la depresión, de un relieve abrupto, alineado en dirección Norte-Sur y escalonado en dirección Este-Oeste, correspondiente a los extremos superiores de los flancos del amplio sinclinal formado entre el sistema de fallas Casabe al occidente y Salinas al oriente.

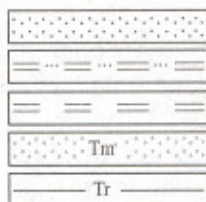
La parte central de la depresión consistía de un relieve plano horizontalizado conformado por capas horizontales de la Formación Mesa, la cual representa la última unidad sedimentaria del terciario, no modificada por el plegamiento sinclinal de las unidades estratigráficamente infrayacentes a ella. Figura No. 2.

### Cuenca del Río Magdalena - Sector Barrancabermeja • San Pablo Comportamiento Litoestructural

Fig. 2



**CUATERNARIO**  
**TERCIARIO**



- Depósito reciente de arena cuarzosa.
- Depósito de arcilla arenosa - arena arcillosa, estratificado.
- Depósito de arcilla Lagunar? estratificado.
- Formación mesa. Conglomerados, arcillosos, areniscas.
- Grupo real. Arcillolitas, areniscas.

El material de la cuenca, especialmente el de la Formación Mesa por su precaria litificación y por su ubicación, fue intensamente erosionado por el río Magdalena el que en ella estableció su cauce.

La erosión a lo largo de la depresión fue diferencial, originándose subcuencas cuyos límites entre sí son estrechamientos morfológicos con bordes pertenecientes principalmente a la formación Mesa y/o Real.

Estos estrechamientos están ubicados en aguas arriba de la localidad de B/B en el sitio denominado El Playón- Las Palmeras, Puerto Wilches-Cantagallo, en San Pablo, en Badillo y en la Gloria. Se definen, así cuatro cuencas de sedimentación en este tramo del río Magdalena, con características litoestructurales y morfológicas similares.

## **SEDIMENTACIÓN CUATERNARIA**

Las cuencas de sedimentación pre-cuaternarias, aunque independientes entre sí, pertenecen a un mismo ambiente de sedimentación. Son cuencas cerradas donde se ha desarrollado un tipo de sedimentación lagunar, representada en el material predominante arcilloso que aflora en los perfiles de los taludes del río. Este material ha adquirido un avanzado estado de litificación y estructura en capas horizontales las cuales yacen discordantemente sobre las unidades terciarias Mesa y/o Real. Figura No. 2.

Sobre las unidades arcillosas de la base de la secuencia cuaternaria tiene lugar una sedimentación transicional entre

lagunar y aluvial representada por capas arcillosas con alguna fracción limo-arenosa. Esta unidad está en contacto concordante sobre la unidad infrayacente.

El nivel superior de la secuencia cuaternaria corresponde a un ambiente predominante aluvial representado por material arenoso, el cual se encuentra en un estado suelto o débilmente compactado.

## **MATERIAL DEL LECHO DEL RÍO**

El lecho del río está excavado en los niveles superiores de la secuencia sedimentaria cuaternaria y localmente en las unidades terciarias está cubierto por material de arrastre donde predomina la arena, la cual forma barras laterales y de fondo.

El material limo-arcilloso de carácter orgánico cubre parcialmente las barras de arena.

## **MORFOLOGÍA DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN**

La llanura de inundación está restringida al área cubierta por los depósitos cuaternarios los cuales configuran relieve plano y horizontalizado, localmente escalonado y/o suavemente ondulado como resultado de los procesos erosivos.

La extensión lateral es variable y está controlada por la forma perimetral de la cuenca precuaternaria, longitudinalmente, su longitud, a lo largo del río está controlada por los estrechamientos originados en las unidades terciarias, los cuales determinan una serie de geoformas genética y litológicamente similares entre sí.

En las subcuencas el drenaje es de tipo meandrítico y/o entrelazado originando cauces antiguos colmatados con sedimentación reciente.

A lo largo de una llanura de inundación se presentan estrechamientos morfológicos en el cauce del río, los cuales pueden o no coincidir con aquellos estrechamientos originados en las unidades precuaternarias. El estrecho de Galán, aguas abajo de la ciudad de Barrancabermeja y el estrecho "La Curva" aguas arriba de la desembocadura del río Sogamoso se han desarrollado en material cuaternario.

Los taludes del cauce del río desarrollados en unidades precuaternarias presentan pendientes uniformes y fuertemente inclinadas o verticales (San Pablo - La Coquera - Barrancabermeja). Los taludes desarrollados sobre las unidades cuaternarias presentan escalonamiento como resultado de un proceso de erosión diferencial sobre los contratantes niveles de material que los conforman.

Las barras laterales de arena conforman taludes suavemente inclinados, mientras que las de fondo conforman montículos suavemente redondeados y elongados en dirección de la corriente. Estos montículos una vez emergidos pueden constituir islas cuya erodabilidad está en función del desarrollo de cobertura vegetal.

## **GEOLOGÍA Y MORFOLOGÍA DE SUBCUENCAS (Imágenes Radar y Landsat T.M.)**

### **SUBCUENCA DE BARRANCABERMEJA**

Esta subcuenca está comprendida entre los estrechos el Playón- Las Palmeras y

Puerto Wilches-Cantagallo al sur y norte de la localidad de Barrancabermeja respectivamente, sus bordes precuaternarios están conformados por la unidad Mesa, la cual origina un relieve muy bajo y ligeramente abrupto. En la zona del estrecho El-Playón- Las Palmeras el perfil de los taludes del río es escalonado, aflorando estratos en posición horizontal.

El borde occidental a escala regional, mantiene un lineamiento rectilíneo con dirección EN desde el estrecho hasta Barrancabermeja (Campo Casabe) conformando la orilla del río. A partir de este punto, toma un rumbo NNW, alejándose de la orilla actual del río hasta la localidad de Cantagallo, donde nuevamente conforma la orilla del río.

En el área comprendida entre el borde precuaternario y la actual orilla izquierda a partir de Barrancabermeja (Campo Casabe) y Cantagallo se ha desarrollado una amplia llanura de inundación, de morfología plana, horizontalizada, conformada por material de depósito, antiguo y reciente de baja y alta aerodabilidad, respectivamente.

El borde oriental de la subcuenca a partir del estrecho El Playón-Las Palmeras y hasta la ciudad de Barrancabermeja, describe un área semicircular con la convexidad hacia el oriente. Entre este borde y la orilla derecha del río se ha desarrollado una amplia zona de inundación donde aparecen brazos menores del río y lechos antiguos abandonados o madre viejas.

A partir de Barrancabermeja el borde sigue un lineamiento aproximadamente rectilíneo con rumbo Norte-Sur, corta al

río Sogamoso cerca a su desembocadura y continúa hasta Puerto Wilches. En el sector Barrancabermeja -Río Sogamoso entre el borde de cuenca y la orilla derecha actual del río se ha desarrollado una planicie amplia, horizontalizada conformada por dos tipos de material cuaternario, uno estratificado y dispuesto en una faja comprendida entre el borde de cuenca y aproximadamente el caño Berlín y otro material de depósito reciente, conformando una barra de arena ubicada entre el caño Berlín y la orilla actual del río. El material cuaternario estratificado conforma la actual orilla derecha del río entre la ciudad de Barrancabermeja y nacimiento del Caño - Brazo Berlín.

En la subcuenca de Barrancabermeja el material cuaternario origina dos estrechamientos morfológicos: uno es el estrechamiento de Galán aguas abajo de la ciudad de Barrancabermeja, cuya orilla derecha está conformada por material estratificado y la izquierda por material reciente, el cual, después de formar una amplia zona plana de inundación se pone en contacto lateral con el material del borde de la cuenca precuaternaria.

El otro estrechamiento es el de "La curva" localizada entre la desembocadura del Caño - Brazo Berlín y el nacimiento del Caño - Brazo la Rinconada en las orillas derecha e izquierda del río respectivamente, aguas arriba de la desembocadura del río Sogamoso. El material de la orilla derecha es estratificado y el de la orilla izquierda es material de depósito reciente sobre el cual se han desarrollado cauces de corrientes intermitentes en épocas de desborde del cauce principal del río.

## SUBCUENCA PUERTO WILCHES - SAN PABLO

Esta subcuenca se encuentra localizada entre las localidades que definen su nombre.

El estrecho de Puerto Wilches - Cantagallo está conformado por material de la unidad Mesa, mientras que en el estrecho de San Pablo solamente en su orilla izquierda afloran las unidades Real y Mesa. Los taludes del río en su orilla derecha están conformados por depósitos recientes, los cuales determinan una morfología plana, horizontalizada y muy baja. Contiene cauces antiguos colmatados abandonados.

Los bordes occidental y oriental de esta subcuenca a nivel regional son ligeramente cóncavos originando un ensanchamiento en su parte central.

A ambos lados del río y hasta el borde de la cuenca se han desarrollado superficies planas horizontalizadas, conformadas, la de la margen derecha por material cuaternario estratificado y localmente de material reciente, mientras que la de la margen está conformada solamente por material reciente sobre el cual se han desarrollado intermitentemente procesos de erosión y sedimentación con la formación y destrucción de cauces o brazos del río, el material es arena suelta o débilmente compactada.

En el tramo inicial desde Puerto Wilches hacia Yariri, la orilla derecha del río presenta un perfil escalonado, donde aflora material cuaternario "estratificado". Los niveles superiores han sido intensamente erosionados, originando en

ellos un notario y rápido retroceso del frente del talud, ocasionando la destrucción de las obras viales existentes en la zona próxima al borde del río.

En la zona de Yariri se presenta una morfología baja y alargada en dirección este-oeste con características de lechos de cauces antiguos ahora colmatados por depósitos recientes. La orientación de esta geoforma concuerda con la orientación de un lineamiento de falla que corta diagonalmente la cuenca y el cual puede corresponder al sistema de la falla de Cantagallo (Mapa geológico).

### **SUBCUENCA SAN PABLO BADILLO**

Esta subcuenca está definida por los estrechamientos morfológicos de San Pablo y Badillo. En el sector San Pablo - Canaletal tiene una orientación noreste y una forma irregular arqueada hacia el norte-oeste. A partir de Canaletal la cuenca adquiere una forma rectangular orientada norte-sur.

En el primer sector, entre el borde izquierdo de la cuenca y la orilla izquierda del río se ha desarrollado una geoforma plana, horizontalizada, de material cuaternario "estratificado", el borde derecho de la cuenca no tiene expresión morfológica, la zona adyacente a la orilla del río es plana y de gran extensión transversal y conformada por material cuaternario reciente.

El borde derecho de la cuenca a partir de Canaletal coincide, en su mayor trayecto, con la orilla del río. La zona adyacente a esta orilla presenta una morfología parcialmente ondulada.

Entre el borde izquierdo de la cuenca y orilla izquierda del río, que entre sí guardan paralelismo, se ha desarrollado una zona plana, horizontalizada conformada por material cuaternario "estratificado".

Hacia Badillo los bordes de la cuenca tratan de converger, originando así el estrecho de Badillo. En ambos lados el material es predominantemente rocoso, precuaternario.

### **SUBCUENCA BADILLO - LA GLORIA**

Esta cuenca está limitada, al occidente, por unidades sedimentarias estratificadas las cuales siguen un rumbo norte-sur y están inclinadas hacia el oriente.

El borde oriental lo constituyen unidades sedimentarias peniplanizadas cubiertas parcialmente con depósitos antiguos y/o recientes.

Los extremos norte y sur están conformados por estrechamientos morfológicos desarrollados en material estratificado y/o de depósito con avanzado grado de consistencia (su magnitud y posición han permanecido invariables a lo largo de varias décadas).

En la mitad occidental de la subcuenca existe una cadena rectilínea de colinas bajas integradas por unidades sedimentarias estratificadas siguiendo un rumbo norte-sur. Este lineamiento montañoso constituye el límite oriental de una geoforma plana y horizontalizada, por donde drena la Quebrada Simiti ya en unión con un brazo del río Magdalena que se ha separado de éste en la localidad de Badillo (Brazo Morales),



atravesando la cadena montañosa a lo largo de una discontinuidad de ésta.

Entre el cordón montañoso y el borde oriental de la cuenca se ha desarrollado una superficie de plana a suavemente rugosa parcialmente pantanosa y con coberturas de depósitos recientes. El flujo principal del río Magdalena tiene la tendencia a bordear la orilla derecha donde están ubicadas las localidades de Gamarra y la Gloria.

Aguas abajo de la localidad de Badillo se aparta un brazo del río el cual sigue bordeando la margen oriental del cordón montañoso y finalmente se une al brazo Simiti-Morales, este brazo posteriormente se integra al cauce principal del río en la localidad de la Gloria.

## RESISTENCIA DE ORILLAS

El valle de las subcuencas del río Magdalena entre Barrancabermeja al sur y la Gloria al norte, presentan una geoforma común, plana horizontalizada e integrada por depósitos. Los desplazamientos de las orillas también pueden ocurrir por la variación de los caudales, que en aguas máximas pueden ocasionar desbordamientos.

La estabilidad de las orillas del río está en función de las características litoestructurales del material en contacto con el río. Por consiguiente para la caracterización de estabilidad de los taludes de orillas el material se clasifica en dos grupos, así:

Material de colinas que bordean el valle, constituido por unidades de roca estratificada correspondiente a las formaciones Mesa y/o Real.

Material de depósito, el cual puede ser: a) Antiguo o "estratificado"; b) Reciente o de barras de arenas o material arcillolimoso orgánico.

La formación mesa está constituida por areniscas y conglomerados con interestratificaciones de argilitas de color crema rojizo, en niveles gruesos. Las areniscas son friables, parcialmente ferroginosas. Los conglomerados son polimícticos integrados por gravas, cantos y bloques redondeados a esféricos, de rocas ígneas de diferente composición, rocas sedimentarias y ocasionalmente rocas metamórficas.

Los conglomerados localmente se encuentran en un intenso grado de meteorización. Los fragmentos redondeados y/o esféricos de rocas ígneas predominantemente de origen volcánico han perdido su consistencia original, adquiriendo un comportamiento arcilloarenoso, como ocurre en los taludes en la localidad de San Pablo. Estos taludes presentan una alta susceptibilidad a la socavación, proceso erosivo que ha actuado con mucha intensidad generando desprendimientos por colapso de la parte superior del talud, desplazando la orilla del río rápidamente hacia la población.

Donde los conglomerados presentan bajo o ningún grado de meteorización constituyen taludes resistentes a los procesos erosivos, como sucede localmente en la ciudad de Barrancabermeja y en la orilla derecha del río entre el río Sogamoso y Puerto Wilches (zona de la Coquera).

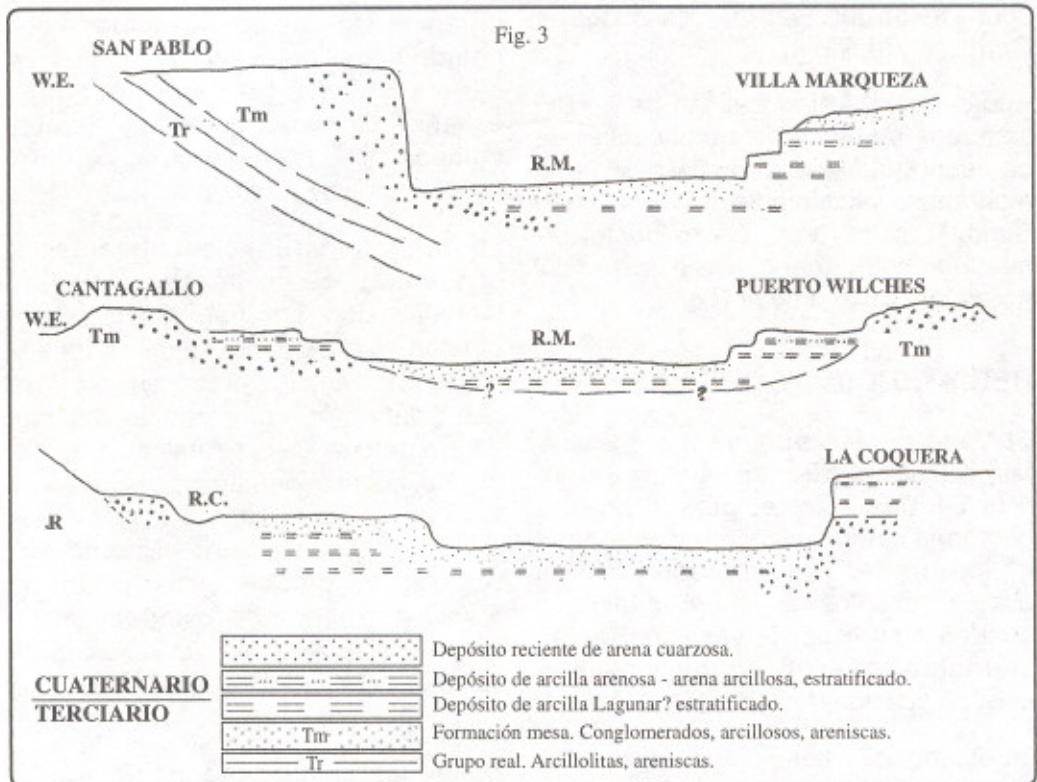
La formación-grupo Real está integrada por areniscas de grano medio fino, de

color crema amarillo, se presentan en estratos delgados de 0,1 a 0,3 m de espesor. Areniscas conglomeráticas y/o conglomerados finos. Arcillolitas de color crema, parcialmente oxidadas.

Estas unidades se encuentran fuertemente confinadas y presentan alta resistencia a los procesos erosivos.

Conforman taludes altos, verticalizados y muy estables.

En la desembocadura del río Cimitarra la unidad real presenta una inclinación de 20-30 grados profundizándose por el río Magdalena. En este sector se pone en evidencia la discordancia angular entre las unidades Real y Mesa. Figura No. 3.



Las argilitas tanto de Real como de Mesa en estado húmedo presentan alto grado de cohesión, lo cual hace que sean resistentes a la desintegración, especialmente por socavación.

El material de depósito antiguo que presenta "estratificación" está integrado por tres niveles: hacia la base y

suprayacente a las unidades Real y/o Mesa aflora un nivel de arcillas de color gris, con alto grado de compactación, desarrollando superficies bien definidas de estratificación.

Este nivel arcilloso se encuentra en posición horizontal con pseudoestratos de 0,8 - ,12 m de espesor. Presenta alta

resistencia a los procesos de erosión, especialmente a la socavación. Forma taludes verticalizados los cuales presentan mínimo desplazamiento lateral de la orilla del río. Constituye orillas estables.

Sobre el nivel anteriormente descrito yacen arcillas arenosas, las cuales también han adquirido alto grado de compactación. Se presentan en pseudoestratos de 0,8 a 1,0 m de espesor, conforman taludes verticalizados, son de color gris-crema parcialmente oxidadas, presentan remanentes de raíces y elementos vegetales.

Este nivel, intermedio en el talud, es más susceptible a la erosión que el nivel infrayacente pero mucho menos que el suprayacente. Por cambios de humedad adquiere discontinuidades, las cuales delimitan bloques que por acción de la corriente se inestabilizan y caen. La orilla del río sobre este nivel sufre desplazamientos laterales.

Finalmente hacia la parte superior del perfil del depósito "estratificado" aflora un nivel constituido por arenas cuarzosas, limpias, sueltas o débilmente compactadas, de máxima susceptibilidad a la erosión por socavación y aún por erosión eólica. Cuando el agua del río se pone en contacto con el nivel arenoso produce una intensa erosión y el talud retrocede rápidamente.

Como resultado de las diferentes resistencias a la erosión en los niveles del depósito "estratificado" se genera un talud escalonado, siendo cada vez más anchos los escalones sobre los niveles arcillosos.

El material de depósito no estratificado corresponde a aquel sedimentado recientemente dentro del propio cauce del río, como es el caso de las barras de arena las cuales ocupan cualquier lugar del cauce; algunas de estas acumulaciones se han cubierto de vegetación adquiriendo un grado de consistencia y resistencia a los eventos erosivos de la corriente, conformando islas perdurables.

La mayoría de las acumulaciones de arena son transitorias, siendo su desplazamiento una función de la energía de la corriente.

La fuente de este material arenoso es el nivel de los depósitos "estratificados" y parcialmente de las vertientes del río.

Las barras de arena en general constituyen orillas del río muy inestables.

Los depósitos recientes de limos arcillosos orgánicos conforman taludes muy inestables. En las orillas del río este material se desprende y origina un continuo y rápido retroceso del talud.

## DINÁMICA FLUVIAL

Los procesos de erosión-sedimentación del río Magdalena son función de la energía de la corriente y de la resistencia del material sobre el cual escurre el flujo.

El comportamiento litoestructural de la cuenca del río Magdalena en el sector Barrancabermeja-San Pablo, ilustrada en la figura 2, corresponde a un pliegue sinclinal en la unidad Real, sobre la cual

discordantemente y en posición horizontal yace la formación Mesa, la cual inicialmente conforma el valle del río. Sobre este material el río comenzó a entallar su cauce, parcialmente por procesos erosivos y parcialmente por procesos tectónicos, originándose la cuenca de sedimentación que progresivamente fue colmatándose, inicialmente por material de origen lagunar, pasando luego a material lagunar-aluvial y finalmente aluvial.

Los procesos erosivos del río, ahora hacen que éste entalle su cauce sobre los depósitos "estratificados". La capacidad erosiva, en sentido vertical del río disminuye a medida que profundiza su cauce al encontrar progresivamente material más resistente, lo cual hace que su energía se concentre sobre los niveles superiores o más erodables en donde amplía su cauce con facilidad, la profun-

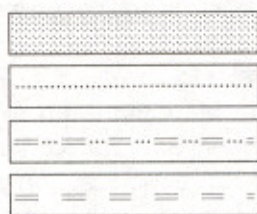
dididad o entallamiento vertical queda restringida por la presencia de unidades arcillosas masivas estratificadas de alta resistencia a la desintegración y erosión.

El proceso erosivo del río sobre los tres niveles de los depósitos "estratificados" de diferente resistencia a la erosión, origina taludes escalonados, los cuales en un principio conforman las orillas del río.

El río progresivamente arrastra sedimentos finos y los distribuye y reacomoda sobre su lecho y orillas iniciales de acuerdo a la variación de la energía de la corriente. Forma así, depósitos de barras de arenas laterales y de fondo las cuales ocasional y temporalmente pueden conformar las orillas del río. Estas orillas son continuamente modificadas con los cambios energéticos de la corriente, figura No. 5.

**Cuenca del Río Magdalena - Sector Barrancabermeja • San Pablo**  
**Relación entre la variación de niveles del río su navegabilidad y los fenómenos de erosión de orillas desborde e inundación**

Fig. 5



Material arenoso del lecho del río. Movable.

Material arenoso; arena - limoso suelto de alta gradabilidad.

Unidad de depósito. Material arcillo - arenoso estratificado. Débilmente compactado. Baja resistencia a los procesos erosivos.

Unidad de depósito. Material arcilloso compactado y estratificado. Alta cohesión y resistencia a la socavación y desintegración.

En épocas de aguas mínimas y medias la corriente se distribuye irregularmente sobre los depósitos del lecho conformando láminas de agua de espesores muy reducidos.

En épocas en donde el agua sube hasta la base del nivel arenoso de los depósitos "estratificados" produce una fuerte y concentrada erosión por socavación, originando un retroceso de la orilla en este nivel, ampliando ilimitadamente el ancho superior del cauce.

En épocas de máximas avenidas el agua sobrepasa la altura de las orillas y ocurre, por consiguiente, el desbordamiento.

Las figuras adjuntas muestran el proceso del comportamiento litoestructural, morfológico y de dinámica fluvial en diferentes secciones transversales al río entre Barrancabermeja y San Pablo, como también la alternativa de construcción de un canal de navegación permanente.

## CONCLUSIONES

- El flujo del río Magdalena a nivel regional, está determinado por el comportamiento geológico, evolutivo de la cuenca, mediante los procesos de sedimentación y tectonismo.
- A nivel sectorial y local, el flujo está condicionado a la resistencia de las litologías que conforman la llanura de inundación del río.

- El material infrayacente a los depósitos que conforman la llanura de inundación, corresponde a unidades sedimentarias estratificadas, las cuales en general presentan alta resistencia a los procesos de erosión. Localmente conforman taludes del cauce del río.
- Los depósitos de la llanura de inundación son litológicamente homogéneos y continuos en sentido lateral y heterogéneos en sentido vertical del perfil de los taludes del cauce, siendo más cohesivos en profundidad y más granulares en superficie.
- El río tiene mayor capacidad erosiva sobre los niveles superiores de los taludes del cauce (material granular) que sobre los inferiores (material cohesivo), siendo esta la razón de la gran divagación lateral del flujo, como también de la apertura y abandono de los brazos, lo cual está en función de la energía de la corriente.
- El material del lecho del cauce es reacomodado continuamente de acuerdo con la variación y concentración de energía de la corriente, lo cual está en función del comportamiento hidrológico e hidráulico de los afluentes.
- Del comportamiento geodinámico del río se obtiene la siguiente alternativa de recuperación definitiva de su navegabilidad y estabilidad de orillas

A lo largo del lecho natural del río puede desarrollarse un canal principal excavado sobre el material cohesivo que constituye el fondo estable del cauce. Su diseño geométrico estará en función de los requerimientos hidráulicos, encaminados a mantener una escorrentía concentrada que garantice la navegabilidad permanente del río, independiente de los cambios cíclicos de sus caudales.

Además estará en función del nivel de aguas máximas, el cual debe mantenerse por debajo del material erodable en el perfil de los taludes del río.

El canal principal, en épocas de aguas bajas, será alimentado por canales secundarios oblicuos a éste, con lo cual se obtiene la concentración del caudal mínimo requerido para su navegabilidad.

Esta alternativa de recuperación del Magdalena presenta las siguientes ventajas:

1. El proyecto puede desarrollarse a corto, mediano y largo plazo acorde a la disponibilidad presupuestal y según una planeación preestablecida.
2. Los canales principal y secundarios constituyen obras permanentemente estables, aún en estado de construcción inconclusa.
3. El control del caudal del canal principal es independiente del comportamiento hidrológico de las subcuencas de los afluentes.

4. Los caudales máximos pueden ser controlados dentro del propio cauce natural del río.
5. Los taludes u orillas del cauce del río pueden adquirir una estabilización natural.
6. Se mitigará la amenaza al desbordamiento y por consiguiente a las inundaciones.
7. Se logrará una recuperación definitiva de miles de hectáreas de tierras adyacentes al río, que en las condiciones actuales son objeto de grandes inundaciones cíclicas.
8. Se logrará un ordenamiento socioeconómico y ecológico regional.
9. Se obtendrá la navegabilidad permanente del río.
10. El proceso de dragado a nivel sectorial y regional en los canales excavados será efectuado por el mismo río.
11. Las obras de defensa de las orillas que pueden ser contempladas dentro de una alternativa tradicional de recuperación del río podrían en casos idealizados estabilizar los taludes e impedir el desborde y por consiguiente la inundación de las zonas adyacentes al río, mas no definirán la escorrentía concentrada mínima requerida para la navegabilidad permanente del río, como tampoco la define el dragado artificial convencional.

## BIBLIOGRAFÍA

BURGL, Hans, Sedimentación cíclica en el geosinclinal cretáceo de la cordillera Oriental de Colombia. Boletín geológico V-7 ; I-1959, Nos. 1-3

TRIVIÑO, Julio Alberto. Evolución de la depresión del río Magdalena. Compilación geológica bibliográfica. Estudio geomafológico del río Magdalena. CIAF, 1982

Interpretación estructural del extremo Sur del Valle del río Magdalena a partir de imágenes de sensores remotos, mayo 1986, Julio A. Triviño Torres

DE PORTA J. La geología del extremo sur del Valle Medio del Magdalena. Boletín de geología, U.I.S., 1966.

DUQUE C.H., 1978, Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana. Informe No. 1750

DUQUE C.H., 1972, Ciclos tectónicos y sedimentarios en el norte de Colombia y sus relaciones con la paleoecología. Boletín geológico, Vol. XIX No. 3

DUQUE C.H. Relaciones entre la bioestratigrafía y la cronoestratigrafía en el llamado geosinclinal de Bolívar. Boletín geol. Vol. XIX No. 3

DWINGHT E. Ward, y otros. Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona. Departamento de Santander. Bol. Geol. Vol. XIX No. 1-3 (1973).

Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas, sub zona II B, Bol. Geol. Vol. XX, 1972.

HIMAT, 1977, Subsistencia. Proyecto Cuenca Magdalena - Cauca. Convenio Colombo-holandés. Vol. XI, anexo 4A.

IRVIN, E.M. La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia. Boletín geológico Vol. XIX No. 2, 1971.

JULIVERT, M., 1961. Las estructuras del Valle Medio del Magdalena y su significación Boletín geológico No. 6, U.I.S.

JULIVERT, M. La morfoestructura de la zona de Mesas al sur de Bucaramanga. Boletín geológico No. 1, 1958, U.I.S

Mapas Geológicos de Cambao - Armero - Honda escala 1 :25.000. Geología del extremo sur del Valle Medio del Magdalena. J. De porta. Boletín geológico U.I.S., 1966

Mapa geológico del sureste antioqueño escala 1 :100.000. Instituto Nacional de Investigaciones Geológicas Mineras

Mapa geológico tectónico de los Andes más septentrionales de Colombia

Esquema geológico del Valle Medio del Magdalena. Las estructuras del Valle Medio su significación. Por M. Julivert, boletín geológico No. 1. U.I.S.

Mapa geológico del cuadrángulo H-11 Barrancabermeja. Instituto Nacional de Investigaciones Geológicas Mineras

Van Houten, F.B. Late cenozoic volcanisclastic deposits, Andean Foredeep, Colombia. Geological Society of América. Bulletin V 87, IV- 1976.