

CARACTERIZACIÓN HIDROSEDIMENTOLÓGICA Y PROCESOS EROSIVOS DE LOS RÍOS CESAR Y GUATAPURÍ, PARTE MEDIA

(The Hydro-Sediments Characterization and the Erosive Processes
of the Rivers Cesar and Guatapurí, Medium Course)

Calixto Ortega Montero, Elías Rojas Martínez

Capítulo Cesar-Guajira, SCG, Fundación Universitaria del Área Andina
caliortega@hotmail.com, erojas@areandina.edu.co

(Recibido septiembre 5 de 2007 y aceptado mayo 6 2008)

<p>Resumen: El río Cesar nace en el flanco suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y recorre el departamento del Cesar; el Guatapurí nace en la Sierra Nevada de Santa Marta y desemboca en la margen derecha del río Cesar, aguas abajo de Valledupar; geológicamente, ambos se enmarcan en el complejo ígneo-metamórfico de la Sierra Nevada de Santa Marta. Los ríos Cesar y Guatapurí presentan caracteres hidrosedimentológicos diferentes y contrastantes; el primero muestra alta sinuosidad, presencia de barras de sedimentación, pendientes suaves, una alta relación de carga suspendida/carga de lecho, alta tasa de migración lateral y cambios de curso; el segundo muestra baja sinuosidad, cambios estacionales del cauce por acreción lateral, fenómenos erosivos intensos y deposición sobre barras de sedimentos; este se puede clasificar como trenzado y desde el punto de vista del estado de desarrollo se puede considerar como un sistema juvenil propio de regiones montañosas.</p>	<p>Abstract: The Cesar River originates in the South East edge of the Sierra Nevada of Santa Marta, and crosses the Department of the Cesar; the Guatapurí River is also born in the Sierra Nevada of Santa Marta, it ends in the right bank of the Cesar River, down waters Valledupar City. Geologically both are framed by the Sierra Nevada of Santa Marta's igneous-metamorphic complex. The Cesar and Guatapurí Rivers present different and contrasting hydro-sedimentologic characters. The Cesar River shows a high sinuosity, a presence of sedimentation bars, the gradient are gentle; a high relationship of suspended silts/load channel, high rate of lateral migration, and course changes. The Guatapurí River shows a low sinuosity, frequent bed changes for lateral accretion, and intense erosive phenomena and deposit on bars of silts. We can classify as braided, and from the point of view of the development state, it can be considered as a young system characteristic of mountainous regions.</p>
<p>Palabras clave: Hidrosedimentología, Meandriforme, Barra de sedimentación, Migración lateral, Depósitos acrecionales, Barras de puntas, Talud, Esguerramiento superficial.</p>	<p>Key Words: Hydro-sedimentology, Sedimentation Bar, Lateral Migration, Accretion deposits, Point Bars, Braided, Bank, Superficial Glide.</p>

1. INTRODUCCIÓN

El Plan de Ordenamiento y Desarrollo Minero del Cesar, elaborado en 1966, recomendó adelantar el proyecto de adecuación y explotación de arenas y gravas en los lechos de los ríos Cesar y Guatapurí. En el marco del convenio suscrito entre Minercol y la alcaldía de Valledupar, se desarrolló el proyecto de “Adecuación de materiales de construcción en áreas de pequeña minería en los ríos Guatapurí y Cesar”. En desarrollo de los objetivos propuestos, como “Organizar, adecuar y mejorar técnica y ambientalmente las explotaciones de material de arrastre en las cuencas de los ríos Guatapurí y Cesar”, se adelantó la investigación relacionada con la caracterización hídrica sedimentológica y de fenómenos erosivos más relevantes en el área.

Este documento presenta la caracterización del área en sus aspectos fisiográficos, climáticos, morfológicos, geológicos y, fundamentalmente, en los aspectos hidrosedimentológicos y

procesos erosivos que ocurren en el sector medio de los ríos Guatapurí y Cesar.

2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio hace parte del municipio de Valledupar, en el extremo norte del departamento del Cesar, flanco suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta. Configura parcialmente el drenaje de los ríos Cesar y Guatapurí; el primero en su parte media superior y el segundo en su parte baja, próximo a la desembocadura en el río Cesar. La hidrografía general del área está representada básicamente por los cursos del río Cesar y Guatapurí.

El río Cesar nace en la parte suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, recorre el departamento del Cesar en dirección NE-SW y desemboca en el río Magdalena, después de formar la Ciénaga de Zapatos; esta cuenca presenta una extensión aproximada de 23 700 km², con un recorrido de 280 kilómetros.

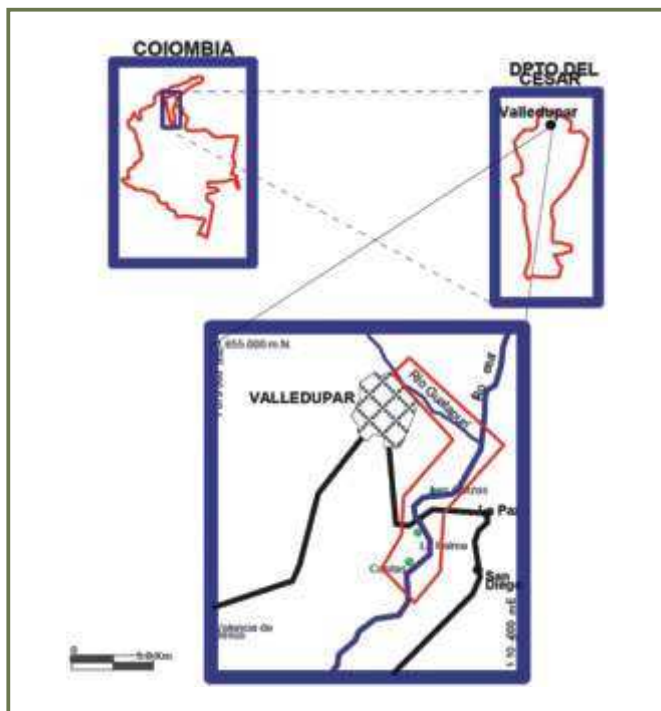


Figura 1. Localización del área de estudio

El río Guatapurí nace en la Sierra Nevada de Santa Marta, cerro Burinchucua a 4400 msnm, al NW de Valledupar. En su recorrido recibe aguas de los ríos Donachui, Curiba y Los Mangos. Hace parte de la vertiente suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y desemboca en la margen derecha del río Cesar, aguas abajo de Valledupar, a 200 msnm. Esta cuenca cubre un área de 850 km² hasta su desembocadura con el río Cesar.

El comportamiento climático de la región está influenciado por dos parámetros de gran significado: en primer lugar, su posición geoestacionaria y el movimiento traslacional de la tierra alrededor del sol, que determina la ubicación de la zona de conversión intertropical y su estacionalidad, y en segundo lugar está el relieve, determinante de la caracterización climática oscilante entre el cálido, en los valles del río Cesar, y el páramo, en la Sierra Nevada de Santa Marta.

El régimen pluviométrico es de tipo bimodal; se pueden establecer dos periodos de lluvias mayores: en los meses de abril a junio y de septiembre a noviembre, intercalados con dos periodos menores de verano. El área de estudio está caracterizada por promedios entre 900 y 1000 mm, demarcada por la Isoyeta <1000 mm. Es importante señalar la gran influencia de la acción secante de los vientos alisos del NE en gran parte del año.

La temperatura promedio mensual es de 28 °C, con valores máximo de 39 °C y mínimo de 22 °C. El brillo solar presenta altos valores, entre 2000 y 3000 horas de insolación anual; los meses que presentan mayor insolación son diciembre, enero, febrero y junio.

Según el Atlas Ambiental Departamental (1996), el área del proyecto correspondería a la zonabiomás Subxerolítico tropical (zs-t), caracterizada como bosques y matorrales del piso bioclimático cálido ecuatorial con predominio de precipitación anual menor a seis meses. En el sistema de zonas de vida corresponden a lo que se conoce como bosque seco tropical (bs-t).

El mismo estudio determina esta área como un “ecosistema de alta fragilidad que requiere de tratamientos cuidadosos para evitar su degradación total al estado de sabana”.

En el área se distinguen morfológicamente dos zonas principales. La primera es la zona de *laderas y colinas*, que corresponde a las partes bajas de las laderas de los cerros y sectores de colinas, representada por los cerros del Puente Hurtado y sus alrededores y el cerro de Cicolac, fundamentalmente, localizados en el extremo NW del sector del río Guatapurí y en los suburbios de la ciudad de Valledupar. La segunda es la *planicie aluvional y zona abanico*; también es conocida como llanura aluvional o piedemonte; corresponde al valle del río Cesar y presenta un relieve plano a ligeramente ondulado, donde se acumula gran cantidad de sedimentos y suelos, desarrollados en vegas y llanuras aluviales.

3. GEOLOGÍA REGIONAL

En el contexto regional esta área hace parte del complejo ígneo-metamórfico de la Sierra Nevada de Santa Marta, caracterizado por la ocurrencia de rocas metamórficas de diferentes grados de edad precambiana principalmente; plutonitas félsicas e intermedias de edad triásica jurásica; vulcanitas ácidas de edad jurásica y rocas sedimentarias más jóvenes (cretáceas y terciarias).

El área de estudio hace parte de la cuenca Cesar-Ranchería, potente secuencia de sedimentos clásticos, de orientación general N 40°E determinado por un marcado alineamiento que define la falla del río Cesar y Cesarito.

Se destacan las siguientes estructuras que definen y caracterizan la actual configuración morfológica del área: por el Norte está delimitado por la falla de Oca; al Oeste y Sureste, delimitado por la gran falla Santa Marta-Bucaramanga, y por el Este, por el destacado alineamiento que define la falla de los ríos Cesar y Cesarito.

Litológicamente se presenta la unidad ignimbrítica de los Clavos (Jic), como una brecha ignimbrítica de color negro a gris oscuro, constituida por fragmentos de rocas volcánicas y fragmentos de cristales (usualmente de plagioclasas); sus afloramientos están ampliamente distribuidos en la región SE de la Sierra Nevada de Santa Marta; en el área de estudio se destaca en el horizonte, ocupando los sectores topográficos más altos, cerro de Cicolac y Pozo de los Caballos, en el perímetro urbano de Valledupar. La segunda unidad litológica es la *Cuarzomanzonita (Jmc)*; está representada por rocas de color rosado, grano medio y generalmente porfirítica; sus afloramientos se destacan claramente, puesto que forman promontorios de baja altura que sobresalen sobre la planicie

aluvional. Son de poca extensión y se pueden observar claramente en los alrededores del Pozo Hurtado, Pueblito Vallenato y otros sectores situados NE de la ciudad de Valledupar; los análisis micropetrográficos (Ingeominas) permiten clasificarla como pórfido cuarzo-monzonita y cuarzo latítico.

Los Abanicos Aluviales de Valledupar (AQV) son conocidos como conos de deyección. Es el tipo de material producto de avalanchas torrenciales que se originan en partes altas de las vertientes y depositados en las partes bajas y planas esencialmente. En el área de estudio se presenta como un cuerpo tabular que se va ensanchando hacia el SW. En la parte sur y SW del área del proyecto afloran en forma de colinas alargadas de poca altura que se destacan claramente en el horizonte.

A lo largo de las orillas del río Guatapurí afloran terrazas que forman superficies planas, con una leve inclinación, pendientes menores de 4°. Están compuesta por bloques subangulares o subredondeadas de hasta 200 m de diámetro; guijarros y gravas de rocas de composición heterogéneas, principalmente rocas ígneas ácidas, dentro de una matriz areno-limosa.

Existen llanuras de Inundación (Qlli) en zonas que eventualmente son inundadas por las crecidas de los ríos Guatapurí y Cesar. Se localizan a ambos lados de los cauces principales de estos ríos. Normalmente se manifiestan como parte de meandros antiguos, cauces abandonados y humedales. Constituidas por gravas, arenas, arcillas y limos, presentan un relieve plano a ligeramente inclinado, alcanzando una extensión lateral que va desde unos pocos metros hasta 1 km.

3.1 Aluviones Recientes (Qa.I.)

Esta unidad corresponde a los materiales de arrastre que se encuentran a lo largo de los ríos Guatapurí y Cesar; constituye la unidad de más baja topografía del área de estudio. Generalmente está conformada por bloques, gravas, arenas y limos poco consolidados.

3.2 Análisis tectónico

El área hace parte del extremo suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta; sistema montañoso de forma piramidal y base triangular que se destaca claramente en la planicie litoral y aluvial que la circunda. Así mismo, está claramente determinada por tres rasgos tectónicos de gran importancia; al norte, la falla de rumbo conocida como Falla de Oca, con dirección E-W; por el suroeste, con la falla de rumbo Santa Marta-Bucaramanga. El extremo oriental del proyecto está limitado por la serranía de Perijá, integrada por rocas metamórficas y sedimentarias, afectadas por dos fallas de importancia, las fallas del Perijá y las fallas del Tigre.

El área de estudio hace parte de la cuenca Cesar-Ranchería, potente secuencia de sedimentos clásticos afectada por el sistema de fallas Cesar-Cesarito. El alineamiento a lo largo del río Cesar, propuesto por muchos investigadores, es evidente; nótese la diferencia de litología existente en ambas riberas, lo

que hace suponer una falla a lo largo de su curso con dirección N-NW; sin embargo, es necesario aclarar que su movimiento relativo aún no está bien definido.

Se ha reportado la existencia de una falla de cierta magnitud a lo largo del río Guatapurí, con dirección N-NW; las observaciones de campo determinaron direcciones preferenciales de diaclasamiento en los cuerpos ígneos N-NW. Sin embargo, hasta el momento no ha sido posible evidenciar su existencia.

4. CARACTERIZACIÓN HIDROSEDIMENTOLÓGICA

Por presentar los dos caudales principales del área de estudio caracteres hidrosedimentológicos tan diferentes y, a veces, contrastantes, se relacionan en forma separada.

4.1 Río Cesar

Aspectos hidrosedimentológicos

Basados principalmente en la morfología de su canal y sus aspectos deposicionales es posible caracterizar su cauce de la siguiente manera: Alta sinuosidad; presencia de barras de sedimentación, principalmente barras de punta; pendientes suaves; una alta relación de carga suspendida/carga de lecho; una alta tasa de migración lateral, y cambios de curso.

Schumm (1977) sugiere el término “anastomosado” para aquellos canales de llanuras aluviales que se ramifiquen y vuelvan a encontrarse, refiriéndose a aquellos que transportan mucha carga suspendida y poca carga de fondo. Por otro lado, parece existir cierta relación entre el ancho del canal y la longitud del meandro. Como se puede observar, las características de canales meandriformes son comunes en este sector del río Cesar.

Por otro lado, según Leopold y Wolman (1957), un canal meandriforme es aquel que presenta alta sinuosidad, >1.5; unos pozos bien definidos (Pools), y barras de sedimentos separadas por zonas menos profundas. Las barras de sedimentos o barras de punta constituyen el carácter deposicional característicos de este tipo de canal. Las corrientes meandriformes normalmente están favorecidas por suaves pendientes, alta relación de carga suspendida/carga de lecho, el material de su banco generalmente está bien cohesionado y sus descargas son estables. Las barras de punta presentan los depósitos de mayor tamaño de fondo del cauce, gradando desde gravas hasta arenas y limos en su parte superior. En general las unidades de barras de punta son discontinuas y lenticulares.

Partiendo del modelo propuesto por Shumm y Leopold, se puede afirmar que las características de canales meandriformes son comunes en estos sectores del río Cesar; desde el punto de vista de su desarrollo, se puede considerar este tramo del río Cesar como maduro o Zona II, Zona de transferencia (según Shumm, 1977), caracterizado por la formación de llanuras de inundación y depósitos acrecionales laterales de barras de sedimentación (Barras de Punta).

Aspectos sedimentológicos

Los cálculos de análisis sedimentológico efectuados por Concept Ltda. (1966) aguas arriba del Puente Salguero permiten establecer los siguientes valores:

	Mínimo	Máximo
Caudal promedio	2 m ³ /s 10 m ³ /s	50 m ³ /s
Aporte de sedimentos	80 t/día 430 t/día	1293 t/día
Aporte de Arenas	80 t/día 283 t/día	

Las curvas granulométricas levantadas en este mismo sector por esta misma empresa señalan estos sedimentos como arenas que van desde arenas finas (0,2 mm) hasta arenas gruesas (0,6 mm); el diámetro promedio (0,4 mm) corresponden a arenas medias que representan la fracción más importante de este sector (figura 2).

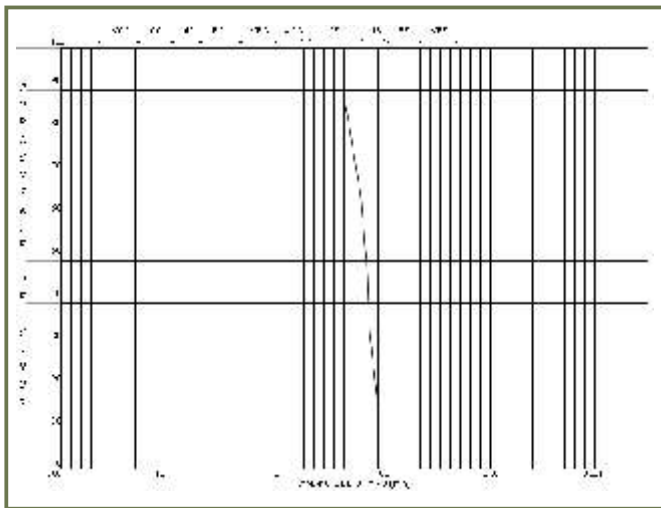


Figura 2. Río Cesar. Curva Granulométrica. 86-01-11

4.2 Río Guatapuri

Aspectos hidrosedimentológicos

El análisis geomorfológico de las fotografías aéreas y mapas de diferentes épocas permite identificar su canal de la manera siguiente: baja sinuosidad, alternancias de partes profundas en su talud, cambios estacionales del cauce por acreción lateral, fenómenos erosivos intensos en las partes profundas y depositación sobre barras de sedimentos. Estas barras de canal están conformadas por sedimentos tamaño grava y arena subordinada; normalmente presentan un enrejado de divisiones sucesivas y reencuentros de flujos alrededor de islas aluviales.

El canal es amplio y normalmente está afectado por cambios súbitos de curso y sedimentación. Tomando como referencia el modelo propuesto por Leopold (1964) y, posteriormente, por Shumm (1977), se clasifica el canal patrón como trezado (Braided Channels) con gradaciones a canales rectos (Straight Channels).

Desde el punto de vista del estado de desarrolló de su curso en su concepción clásica, se considerar como un sistema Juvenil o Zona I (Shumm, 1977), propio de regiones montañosas o de piedemonte; este sistema corresponde a un estado inicial de predominio de fenómenos erosivos acompañados de sedimentación importante en su cauce o laderas; el material está representado por gravas y arenas, pero puede ser acompañado por bloques de mayor tamaño.

Es preciso determinar que en la parte final de su curso, fundamentalmente en los dos últimos kilómetros de su recorrido, antes de desembocar en el río Cesar, cambia radicalmente el comportamiento de su cauce, y presenta los siguientes caracteres: Pendiente suave, alta sinuosidad representada por formas meandriformes con intensa erosión en el lado cóncavo del canal (que a su vez origina el desprendimiento y debilitamiento del talud) y depósito en forma de barras de sedimentos (Point Bars) en el lado convexo.

Aspectos sedimentológicos

Los cálculos efectuados por Concept, en 1966, de su análisis sedimentológico permitieron determinar los siguientes valores de un sistemático muestreo efectuado en esa época.

	Mínimo	Máximo
Caudal promedio	7,5 m ³ /s	22 m ³ /s
Aporte de sedimentos	64 t/día	110 t/día
Aporte de arenas	64 t/día	110 t/día

Las curvas granulométricas efectuadas con los datos aportados del mismo muestreo ubican estos sedimentos desde arenas muy gruesas (1 mm de diámetro) hasta gravas finas (7 mm), con un diámetro promedio de 3 mm en la categoría de gravas muy finas, que representan el mayor porcentaje de sedimentos del sector (figura 3).

5. PROCESOS EROSIVOS

5.1 Río Cesar

En el contexto regional, el grado erosivo del sector es considerado de ligero a moderado. Dentro del drenaje de su curso y sus riberas es posible reconocer los siguientes efectos:

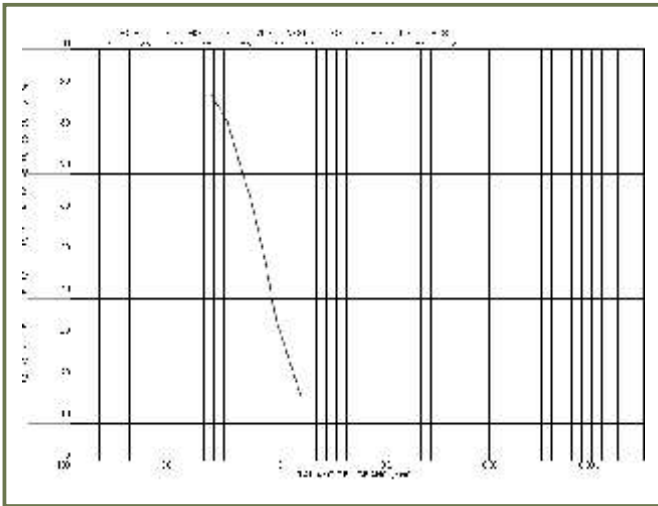


Figura 3. Río Guatapurí. Curva Granulométrica. 85-11-22

Erosión por escurrimiento de aguas superficiales

Este proceso se presenta con mayor frecuencia en sus afluentes secundarios, manifestándose por el transporte, vertiente abajo, de materiales superficiales. Se presenta en forma de surcos o cárcavas, sobre todo en áreas desprovistas de vegetación afectadas por extensos procesos de meteorización. Se puede observar este fenómeno con zanjas adicionales en la margen oriental del río Cesar a 400 m al sur de la confluencia con el río Guatapurí, en una extensión de 800 m, precisamente donde afloran los niveles arcillosos inferiores de la terraza oriental del mismo río. De todas maneras, su grado de afectación no sobrepasa el nivel de moderado. Este fenómeno se pudo observar claramente en el nivel de arcillas, localizado a pocos metros de la desembocadura del río Guatapurí en el río Cesar, manifestado por formación de cárcavas y erosión regresiva, que afecta áreas de 20 m² de superficie con profundidades de hasta 4 m.

Acción de aguas corrientes

Manifestada por acción de aguas corrientes encauzadas que arrastran material desprendido, afectado por procesos de intemperismo procedentes de sus riberas y del fondo del cauce. Estos efectos se evidencian claramente socavamiento de las laderas y profundización del cauce natural (eliminando de esta manera el soporte natural de sus laderas y taludes); también se observan en el margen oriental del río Cesar, al sur de su confluencia con el río Guatapurí, en un sector de por lo menos 2000 m, pero que su grado de afectación se puede catalogar de moderada a severa.

5.1.3 Erosión eólica

Las márgenes de este río se ven afectadas por este fenómeno que propicia el arrastre de partículas del suelo por efecto del viento. En este caso la acción de los vientos Alisios, que

anualmente afectan el área durante los meses de verano, es, sin duda, un incidente importante en el modelado geomorfológico de las márgenes de este río y zonas aledañas. Las áreas más susceptibles son generalmente aquellas de topografía suave con escasa cobertura vegetal, en materiales de poca cohesión (suelos y terrazas aluvionales). Se pueden considerar estos fenómenos con un grado de intensidad moderado a severo, afectando las márgenes del curso de este río, sobre todo en los meses de verano.

5.2 Río Guatapurí

La caracterización primaria regional reconoce esta área como afectada por una erosión ligera a moderada. Dentro del área de estudio es posible reconocer los siguientes efectos:

Erosión por escurrimiento de aguas superficiales

Este proceso está presente con mayor frecuencia en los afluentes secundarios de este curso y se manifiesta mediante el mecanismo de acarreo de materiales superficiales vertiente abajo. Se establece este fenómeno en forma de surcos y cárcavas, sobre todo en aquellas áreas desprovistas de meteorización; su intensidad, de cualquier manera, no sobrepasa aquellos niveles de ligera a moderada.

Erosión por acción de aguas corrientes

Este fenómeno se manifestó por la acción de aguas corrientes encauzadas que arrastran material desprendido o meteorizado de sus riberas y fondo del cauce. Los procesos evidenciados en este sector del río Guatapurí, comprendido entre el Puente de Hurtado hasta su desembocadura con el río Cesar, se establecen principalmente mediante socavamiento de las laderas y profundización de su cauce natural, eliminando de esta manera el soporte natural de sus laderas y taludes, identificándose con mayor intensidad en el extremo final de su curso próximo a su desembocadura. Este fenómeno se considera de intensidad menor y ejerce cierta incidencia en el modelamiento del relieve actual con poca afectación de las unidades morfológicas presentes.

Erosión por factores antrópicos

Se relaciona directamente con la deforestación de las riberas del río y con el inadecuado manejo de sus aguas (la construcción de acequias, drenajes para riego, construcciones de alguna magnitud en sus laderas), que contribuyen con mayor intensidad en el debilitamiento de sus taludes. Se debe mencionar, además, la erosión ocasionada por las explotaciones actuales de material de arrastre, que indudablemente afecta el curso del río con cierta intensidad.

6. CONCLUSIONES

Los registros históricos muestran una marcada disminución del aporte de sedimentos en los últimos años en las cuencas de los ríos Cesar y Guatapurí, sobre todo en los periodos afectados por el fenómeno del niño.

La extracción en alto volumen de material de arrastre en los cauces de estos ríos está afectando severamente sus regímenes hídricos y sedimentológicos.

Existen recursos detectados en las terrazas y llanuras de inundación susceptibles de ser explotados adecuadamente, sin afectar significativamente el cauce y los depósitos de los ríos.

La migración lateral del cauce y el cambio de curso propiciado por su carácter meandriforme de gran parte del área causan fenómenos erosivos de consideración.

Los cambios de curso, en la parte baja del río Guatapurí, podrían afectar significativamente la estabilidad de las lagunas de oxidación existentes, sector del Taruyal.

7. REFERENCIAS

- Concept Ltda. (1966): Impacto ambiental de la explotación de material de arrastre de los ríos Cesar y Guatapurí.
- Corpocesar-Ingeominas (1994): Estudio de zonas críticas en el departamento del Cesar. Municipio de Valledupar, río Guatapurí, tramo Puente Hurtado-Río Cesar.
- Corpocesar-Ingeominas (1995): Estudio geotécnico e hidráulico del río Cesar y sus áreas cenagosas. Santa Fe de Bogotá.
- Corpocesar-Ingeominas (1995a): Convenio interadministrativo. Evaluación de aguas subterráneas en el departamento del Cesar.
- Ecocarbon-Corpocesar (1996): Atlas ambiental del departamento del Cesar.
- Leopold, L. B. & M. G. Wolman (1957): River Channel Patterns-Braided, Meandering and Straight. US Geological Survey Professional Paper 282(B): 39-85.
- Schumm (1977). The Fluvial System. John Wiley & Sons, New York. 338 pp.