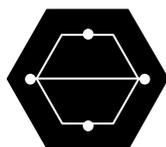


## obras de rehabilitación del río Magdalena, sector Puerto Berrío–Barrancabermeja declaratoria de efecto ambiental



Ministerio de  
Obras Públicas y Transporte

Consorcio Carinsa-Incoplán Ltda.



fonade

Fondo Financiero de  
Proyectos de Desarrollo

Santafé de Bogotá, Colombia. Agosto de 1993

# obras de rehabilitación del río Magdalena, sector Puerto Berrío–Barrancabermeja declaratoria de efecto ambiental

elaborada para el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo y el  
Ministerio de Obras Públicas y Transporte,  
por el Consorcio Carinsa–Incoplán Ltda.

## Interventoría, MOPT:

Ingeniero Luis Eduardo Saavedra Salazar  
Ingeniero Augusto Escorcía Vargas

## Comité de Supervisión:

Ingeniero Ricardo Salamanca Correa	FONADE
Ingeniero Oscar Escobar Viatela	FONADE
Ingeniero Juan Alvarez Martínez	MOPT
Ingeniero Alejandro García Cadena	MOPT
Ingeniero Carlos Alba Agudelo	INDERENA

Ingeniero, José Henrique Rizo Pombo, M. Sc.  
*director*  
Ingeniero, Fabio Ernesto Villamil Páez, Especialista  
*co-director*  
Ingeniero, Santiago Rizo Delgado, M. Sc.  
*gerente*  
Biólogo, Otto Reyes García  
*director técnico y editor*  
Ecólogo, Luis Carlos García Lozano, M. Sc.  
*gerente de control de calidad y asesor ambiental*  
Ingeniero, David Puerta Zuluaga, Dipl.  
*hidráulica y dragados*  
Geólogo, Rodolfo Franco Latorre, M. Sc.  
*geomorfología*  
Socióloga, Yolanda Zuluaga Torres, Ph. D.  
*aspectos sociales y económicos*

Biólogo, Jairo Infante Cely, M. Sc. *aspectos bióticos*  
Ingeniero, Guillermo Albarracín, *aspectos forestales*  
Biólogo, Miguel Angel Diaz Rubiano, *aspectos pesqueros*  
Administrador agropecuario, Guillermo Borda Leyva, *asistente*

El consorcio agradece los valiosos aportes de

Ingeniero, Juan David Quintero Sagre	BANCO MUNDIAL
Blóloga, Maria Teresa Szauer	INDERENA

Diagramación e ilustración:  
EL DISEÑO: Arq. Hernán Lozano Castañeda

Santafé de Bogotá, agosto de 1993



- identificar, con base en análisis cualitativos, las actividades de más alto riesgo y los elementos ambientales más susceptibles.
- definir las necesidades de información y las pautas para la realización de la Evaluación de Impacto Ambiental, con base en los vacíos aquí detectados y la precisión esperada de los estudios de ingeniería del proyecto.

El informe esta estructurado así:

- el capítulo segundo presenta la importancia del proyecto dentro del contexto nacional y regional, como parte integrante del Plan Maestro Nacional del Transporte;
- en el tercer capítulo se presentan los antecedentes y el status actual del proyecto de ingeniería.
- en el capítulo cuarto, mediante el

análisis de información secundaria ampliada con la obtenida durante visitas de campo, se elabora un diagnóstico de la base natural del área –características estructurales y funcionales de los componentes físico y biótico– y se identifican las características sobresalientes y funcionamiento de la estructura socioeconómica como agente transformador de la base natural.

- la determinación de los posibles efectos de las obras sobre el medio ambiente es el tema del capítulo quinto.
- finalmente, en el capítulo sexto, con base en la experiencia del estudio de EIA del sector Barrancabermeja–La Gloria, se proponen pautas y lineamientos para el futuro estudio de impacto ambiental.



El Magdalena es el río colombiano más importante desde el punto de vista social, económico y cultural: alberga en su cuenca el 90% de la población y es el corredor natural de comunicación entre el mar Caribe y el interior del país. A través de él llegaron los primeros pobladores y los colonizadores europeos; fué hasta hace poco la ruta por la cual se transportaban todas las mercancías exportadas e importadas. Su importancia para la navegación decayó como consecuencia del desarrollo de vías alternas (ferrocarril y carreteras); así, su utilización actual, como la del resto de los ríos colombianos, es muy baja en relación con su capacidad.

El transporte fluvial sólo moviliza el 2% de la carga nacional, pese a ser el medio más económico para el transporte de grandes volúmenes a largas distancias, en términos de rendimiento. Mientras una tractomula requiere un motor de 350 HP para transportar 40 Ton de carga (0,11 Ton/HP), en el río se transportan 5.200 Ton con un remolcador de 1.440 HP ( 3,6 Ton/HP ). La economía nacional y el comercio internacional presentan radicales cambios que exigen menores costos, seguridad, rapidez y cumplimiento en la entrega de las mercancías.

Por ello el Plan Maestro Nacional del Transporte se ha propuesto la modernización e integración nacional de los diversos modos: aéreo, marítimo, fluvial, carretero, férreo (ver figura 3.)

Dentro de ese gran marco general, ha incluido el proyecto específico de rehabilitación del río Magdalena para racionalizar el uso de ésta importante vía, articularlo con los demás sistemas y adecuarlo para

## el proyecto en el contexto nacional

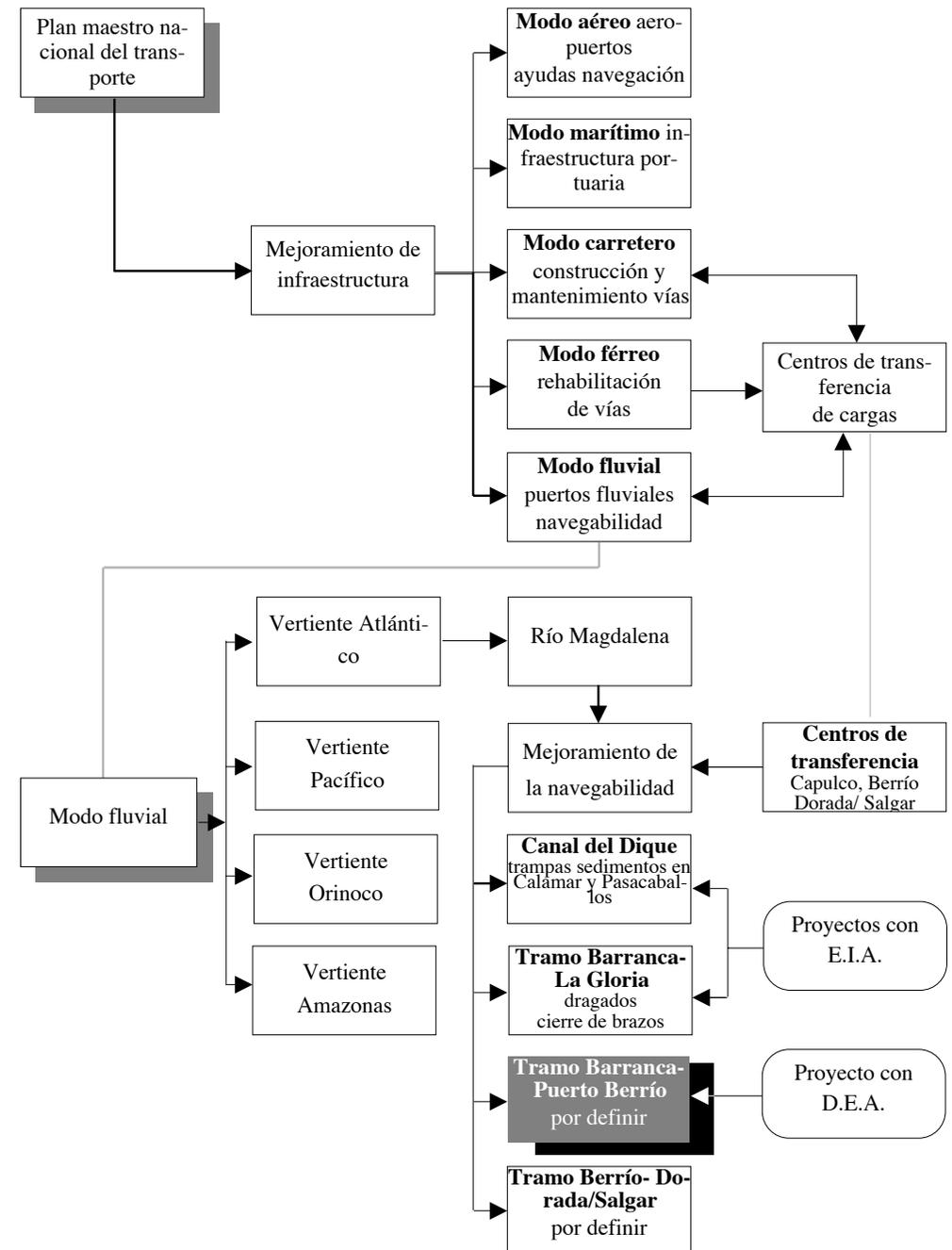


Figura 3. El mejoramiento de la navegación en el río Magdalena en el contexto nacional

que se constituya en el eje principal de la apertura económica.

### Condiciones actuales de la navegación.

El transporte de carga por el río Magdalena alcanzó su punto máximo en el año de 1976, con un movimiento de 2.944.000 toneladas. El nivel actual ca. 2.000.000 de toneladas resulta semejante al que se realizaba hace 38 años. Esta pérdida de importancia se debe principalmente a la falta de confiabilidad en el sistema generada en las dificultades de navegación por deterioro del cauce, en la inoperancia de los puertos fluviales y puntos de transferencia intermodal (Castro, 1986) y en la inseguridad por la situación de orden público y la piratería común. El principal producto transportado por este medio, en el trayecto Puerto Berrío-Barrancabermeja, es el cemento con el 60% de la carga, le siguen los hidrocarburos con un 30% y el yeso, 6%. Otros productos son el ganado vacuno y las bebidas. El volumen de carga movilizada en Puerto Berrío ha descendido radicalmente en los últimos años; a principios del decenio 1980, era del orden de 356.000 Tm y para 1992 sólo fué de 71.601 Tm. (ver figura 4.)

### Flota y puertos.

En general, los puertos fluviales se hallan en estado de abandono o sus instalaciones utilizadas en otro tipo de oficio. Puerto Berrío, que se erigirá como centro de transferencia, cuenta con un muelle de atraque de 632 m, un área de bodegas de 1.400 m<sup>2</sup>, un área de patios de 6.000 m<sup>2</sup> y algunas grúas y cargadores todos en mal estado. Puerto Berrío se conecta por vía férrea con Bucaramanga, Medellín y Bogotá y por vía terrestre con Medellín y Bogotá, a

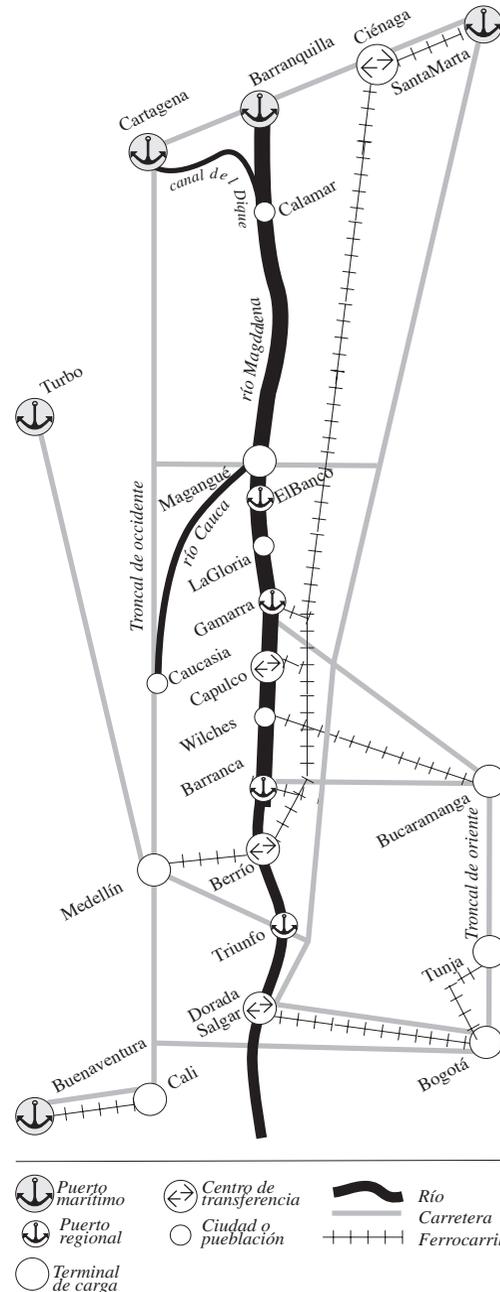


Figura 4. Red de transporte en el corredor del Magdalena

través de vías sin pavimentar en malas condiciones.

El puerto público regional de Barrancabermeja, diferente del de ECOPETROL, tiene un muelle de 375 m; el área de bodegas es de 1.250 m<sup>2</sup> y el patio es de 2.000 m<sup>2</sup>. El acceso fluvial al muelle se encuentra obstruido por una gran barra de sedimentos de muy difícil remoción. Barrancabermeja se comunica con Bucaramanga por una carretera pavimentada y tiene acceso directo a la troncal del Magdalena Medio. Por vía férrea se comunica con Bucaramanga a través de Puerto Wilches, con la costa atlántica y con y con Puerto Berrío (ver figura 5.).

### Proyecciones de carga futura.

Según las proyecciones del MOPT, de no realizarse el proyecto de rehabilitación del río, en el año 2010 la movilización de carga habrá disminuido el 14,3% con relación del total registrado en 1991. Con las inversiones para el mejoramiento del canal navegable y construcción de los centros de transferencia, la movilización de carga por el río aumentará a 4,9 millones de toneladas, es decir, crecerá al 280% sobre el total de 1991.

Para ese mismo horizonte a través de los centros de transferencia se movilizarán 2,3 millones de toneladas (aproximadamente el 50% de la carga total). De este valor, un 45% irá a Puerto Berrío donde será transferida hacia Medellín.

### Beneficios.

El proyecto de mejoramiento de la navegabilidad en el sector Puerto

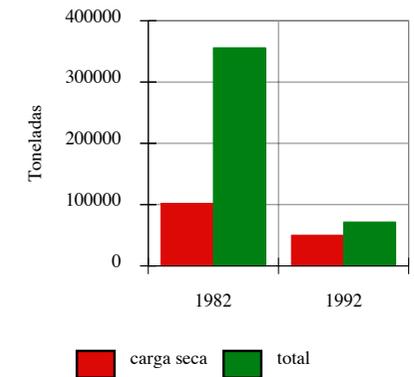


Figura 5. Reducción de volúmenes de carga en Puerto Berrío

Berrío-Barrancabermeja se inscribe dentro del plan general de rehabilitación del río Magdalena por lo cual se considera los beneficios del programa integral así (CIC, 1992):

*Generación de empleo* por el aumento de las áreas cultivadas respondiendo a la facilidad de transporte de los productos agrícolas.

Se prevé el aumento de las áreas cultivadas hasta en un 32%, incremento de los salarios totales derivados de la producción agrícola de \$7.859.000.000 en 1992 a \$10.577.000.000. A su vez, la producción agrícola pasará de \$157.000.000 a \$2.718.000.000 en el 2010.

*Ahorro en los costos de transporte* frente al caso sin proyecto. Para el año 2010, el ahorro anual será del orden de los \$640.000.000 anuales.



De otra parte, se inducirá un proceso de desarrollo económico y social por el aumento y la mayor facilidad de manejo de productos agrícolas, por la generación de empleo y por las inversiones de tipo social en infraestructura y servicios que se originarán alrededor del proyecto.

*Beneficios sociales* en el área de influencia del proyecto por mejoramiento del acceso del área y por aumento de la participación de la población en la actividad económica regional.

El estudio citado concluye que existen suficientes razones socioeconómicas y financieras para impulsar el proyecto de rehabilitación de la navegación fluvial en el río Magdalena, incluido el tramo Puerto Berrío- Barrancabermeja.

De esta manera se obtiene un apreciable beneficio económico, por los menores costos del transporte fluvial frente a la utilización de otros medios como el carretero.

**Problema por solucionar**

Aguas arriba de Barrancabermeja (km 631) se limita la navegabilidad de convoyes de gran capacidad. Pese a los altos caudales, la exagerada anchura del cauce mayor en las zonas de patrón trenzado hace que la corriente de aguas bajas se reparta entre un canal principal y múltiples brazos secundarios. Al perder capacidad de arrastre, se forman barras de sedimentos que obstaculizan el paso de las embarcaciones de gran calado y se torna inestable la localización del canal principal que alterna su posición entre los diversos brazos en forma impredecible y estacional (ver oferta ambiental-hidrología).

Este proceso ha originado varios puntos críticos en el trayecto Puerto Berrío-Barrancabermeja; los más recurrentes se citan en la tabla 1.

**Tabla 1. Sitios de difícil navegación**

Sitio	Abscisado (km)
Puerto Olaya	729
Santa Cruz	721
La Ballena	709
Zapatillo	700
El Caballo	687
Chucurí	658
Carmelita	645
Bocas del Opón	637

El convoy típico en el tramo Puerto Berrío-Barrancabermeja está conformado por un remolcador de 400 HP y 2 botes con una capacidad de carga entre 600 y 800 Tm. Debido a las escasas profundidades, los transportadores se ven obligados a adoptar medidas de emergencia que aumentan los tiempos de viaje, reducen la eficiencia del sistema y redundan en pérdidas económicas muy altas; en ocasiones se recurre a

cargar los botes muy por debajo de la capacidad de transporte para que tengan menor calado. Y ello, cuando no hay que suspender totalmente las operaciones durante largos períodos, por la crítica situación del estado de aguas, como sucedió durante cuarenta días en febrero y marzo del año 1992.

**Alternativas estudiadas**

Desde 1921, diferentes estudios han señalado la necesidad de construir obras de regulación, encauzamiento, cierres de brazos secundarios, espolones, dragados, etc. para mejoramiento de la navegabilidad (tabla 2.).

Dichas recomendaciones han sido llevadas a la práctica en forma esporádica y parcial y por consiguiente no se cuenta con criterios técnicos definitivos sobre las respuestas en la dinámica del río frente a los diferentes tipos de obras.

Desde el punto de vista de la ingeniería, las dos alternativas básicas planteadas en todos los estudios realizados consisten en:

- Establecer un canal fijo, bien sea por la construcción de un canal nuevo o por la fijación del canal principal mediante obras de encauzamiento y control o
- por la implantación de un programa de mejoras graduales al canal natural.

La primera alternativa resulta incosteable. El diseño y la construcción de un canal nuevo o de una serie de obras tales como espolones, diques de confinamiento, esclusas, sistemas de desarenadores, etc. no parece posible, no solamente por el altísimo costo inicial, sino por el escaso conocimiento que se tiene del compor-

tamiento hidráulico de dichas estructuras en condiciones reales, lo cual supone un gran factor de inseguridad en cuanto a la efectividad de una solución totalizante.

La segunda alternativa es la solución más viable a corto y mediano plazos. El proceso de inducir el mejoramiento del canal actual mediante obras de aplicación paulatina, permite la optimización de los diseños, estructuras y métodos adoptados, a partir de las respuestas del río y de las tendencias observadas, y minimiza simultáneamente los riesgos de causar daños irreparables al sistema fluvial o al entorno ambiental.

Las obras propuestas consisten fundamentalmente en la combinación de dragados del lecho del río en los sitios de especial dificultad para la navegación, complementados por el cierre de brazos secundarios mediante retardadores de flujo, para buscar la estabilización del canal principal.

El seguimiento de la evolución de los fondos del río y la localización del canal navegable se han realizado mediante campañas de mediciones con periodicidad estacional. En cada campaña se hace el levantamiento batimétrico longitudinal y secciones transversales en los sitios de interés. Con los datos obtenidos se calculan los volúmenes necesarios de dragado para lograr la sección geométrica necesaria en el canal para el convoy típico. Los resultados correspondientes se consignan en planos de planta-perfil que sirven a su vez como base para el diseño y cuantificación de las obras recomendadas. En 1978 el LEH-MOPT preparó un plan de dragados en el sector La Dorada-Gamarra, actualizado en 1980, 1985 y 1993.

Tabla 2. Estudios de navegabilidad en el río Magdalena

Año	Consultor	Tramo estudiado	Recomendaciones del estudio	Observaciones
1921-1924	Julius Berger Konsortium	Neiva-Barranquilla	1. Obras de encauzamiento (fijas, permeables). 2. Dragados en sitios específicos. 3. Obras de regularización. 4. Convoy típico óptimo, mejoras portuarias.	Obras no ejecutadas
1928-1930	Sir Alexander Gibb & Partners	Barranquilla-La Dorada	1. Obras de regularización: muros de encauzamiento en piedra, cierre de brazos secundarios, protección de orillas. 2. Dragados (adquisición de dragas) 3. Mejoras en puertos (accesos a Puerto Wilches y Pto. Berrío, Canal del Dique).	Alternativas 1 y 2 excluyentes. Obras no ejecutadas.
1950-1952	R. J. Tipton Associated Engineers	Bocas del Rosario-La Dorada	1. Dragados de emergencia, de mantenimiento y correctivos. 2. Regularización con obras permeables de retardo del flujo, de defensa y cierre de brazos. 3. Ayudas a la navegación. 4. Adquisición de equipos (dragas, botes de limpia, remolcadores).	Adquisición parcial de equipos. Cumplimiento parcial de dragados.
1965-1967	Apron y Duque Ingenieros Consultores	Río Nuevo-Badillo	1. Obras corto plazo: dragado, cierre de brazos, adecuación de acceso a puertos; regularización canal en tramo Carmelitas-Barrancabermeja. 2. Largo plazo: desarrollo integral de la hoya, reforestación, embalses propósito múltiple, esclusas.	Obras no ejecutadas.
1971-1973	Misión Técnica Colombo Holandesa (MITCH)	La Dorada-Gamarra y Canal del Dique	1. Estudios de hidráulica fluvial 2. Mediciones misceláneas (sondeos, líneas de flujo, etc). 3. Conservación del río: ayudas a la navegación, dragados, obras permanentes en puertos, encauzamiento.	Informe completo sobre caracterización hidráulica y sedimentológica del río. Cumplido en lo referente a estudios (Buque Explorador). Obras parciales.
1975-1976	Gama Ltda. Ingenieros Consultores	Barranca sector Peñas Blancas- río Sogamoso	1. Regulación del cauce con cierre de brazos. 2. Espolones de encauzamiento 3. Dragados	Obras no ejecutadas
1978-1980-1982-1985	Laboratorio de ensayos hidráulicos (LEH-MOPT)	Barranca-La Gloria y Canal del Dique	Informes de actualización de estados del río, con gradual mejoramiento del proyecto de ingeniería e incorporación de condicionantes ambientales. Dragados, cierres de brazos secundarios con estructuras de retardo. Recomendación de revestimientos en orillas afectadas por erosión.	Obras por desarrollar en el proyecto.
1993	Unidad de estudios fluviales-Buque Explorador (UEF-BEX)			

El aspecto fundamental del proyecto es el alto grado de incertidumbre asociado a la dinámica de los procesos fluviales, que hace variar en cada estación climática la ubicación del canal navegable y la posición de los brazos secundarios y las islas dentro del cauce, por lo cual resulta imposible determinar con antelación de meses o años la localización precisa de las obras. Por esta razón, los sitios de dragado, de disposición de los materiales y de las estructuras de cierre de brazos secundarios tendrán que ser definidos dentro de un corto tiempo previo al momento mismo de la iniciación de las obras.

En el programa de rehabilitación del tramo Barrancabermeja-La Gloria (ver capítulo contextos regional y nacional) que comenzará a finales de 1993, el MOPT realizará dragados en los sitios donde históricamente se forman bancos que dificultan la navegación en los meses de estiaje y cierres activos y pasivos de brazos secundarios en las zonas de mayor furcación; con la evaluación de ésta experiencia se precisará mejor la magnitud las obras y se definirán más adecuadamente los criterios para decidir su localización en el tramo Puerto Berrío-Barrancabermeja.

#### Condicionantes ambientales previos (CAPS) del proyecto

Teniendo en consideración la altísima sensibilidad del ecosistema del río y la impredecibilidad del comportamiento final de muchos de los factores y variables que intervienen, así como la experiencia adquirida en los estudios y trabajos realizados en el tramo inmediato aguas abajo (Barrancabermeja-La Gloria) desde hace veinte años, la UEF-BEX incorporó para la elaboración del pro-

yecto los siguientes condicionantes de carácter ambiental:

*Ciénagas y humedales.* No se tocará ni se modificará bajo ningún concepto el ecosistema conformado por el río y las ciénagas y humedales vecinos. Con este criterio, se dispuso que no se dragará ni se dispondrá material dragado dentro de las ciénagas o humedales, ni en los terrenos aledaños a ellos, ni en sus caños de mutua interconexión o de conexión con el río.

*Orillares.* No se utilizarán las orillas para colocación de materiales dragados, salvo expresa petición y acuerdo previo con las comunidades locales y con objeto de cumplir usos benéficos de dicho material, tales como rellenos sanitarios, adecuación de terrenos deportivos, uso como material de construcción o para diques de defensa contra inundaciones, realces de vías, jarillones, etc.

*Cierre de brazos.* Sólo se cerrarán brazos secundarios que funcionen como tales dentro del cauce del río durante épocas de aguas bajas; es decir, no se colocarán estructuras dentro del canal principal, ni se cerrarán brazos que conecten el río con ciénagas o centros poblados, o por donde circule el flujo principal de aguas altas, o que sirvan de comunicación entre comunidades ribereñas, o que de alguna manera se identifiquen como de importancia económica o social para los pobladores vecinos.

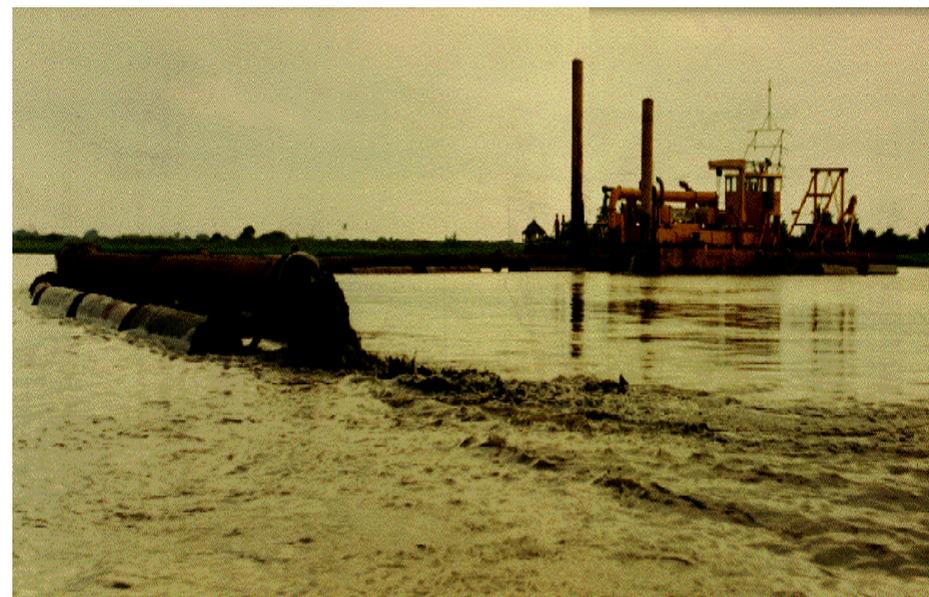
*Planicie inundable.* No se construirán diques a lo largo de las orillas en forma tal que obstruyan el proceso normal de inundaciones estacionales, para no interferir con las interacciones ecológicas de fertilización del valle.

*Flujo de aguas altas.* Las estructuras de cierre con retardadores tendrán una dimensión tal que permita obstruir el flujo durante épocas de aguas bajas, pero sin que se constituyan en obstáculo importante para el tránsito de crecientes. De esta manera, durante las épocas de aguas altas no habrá interferencias importantes al flujo del río.

*Confinamiento del material dragado.* Se han desarrollado diseños típicos para el manejo y confinamiento del material dragado que deba ser vertido en tierra. Los diseños incluyen alternativas para diques en tierra o barreras en geotextiles, con detalles completos de vertederos del efluente, protección de canales de desagüe, drenajes internos, etc.

*Protección de orillas.* Se ha incorporado al informe la recomendación de iniciar un proceso de protección de las orillas que conformen el cauce final del canal principal, una vez se defina su localización mediante la ingeniería previa a la iniciación de las obras propuestas. Los detalles de protección serán determinados según las características particulares en cada sitio, a partir de los resultados del proyecto.

*Seguridad.* Se obligará a todas las personas y entidades que intervengan en el proyecto a cumplir y respetar las normas de seguridad fluvial y los reglamentos de señalización y balizaje dictados por el MOPT.



El término oferta ambiental hace referencia a la susceptibilidad particular de una región a ser afectada por acciones antrópicas. (Integral, 1992). Está determinada entonces por las características estructurales y dinámicas del medio natural - cultural.

En este capítulo se describen en detalle, con base en información documental y complementación en el campo los siguientes aspectos:

- clima (precipitación, temperatura, humedad relativa, balance hídrico),
- hidrología (componentes, caudales, carga)
- geomorfología (procesos y paisaje)
- fisiografía y suelos (unidades y características)
- hábitats y organismos (fauna y vegetación terrestre, comunidades acuáticas)
- sistema antrópico (demografía, ocupación, usos de recursos)

Estos diferentes elementos muestran heterogeneidad espacial (a lo largo del valle) y temporal (inter- e intranual), que si bien son tipificables como se detallará en este capítulo, están sujetas a un alto grado de incertidumbre, en parte como consecuencia de la magnitud de las interacciones entre las dinámicas natural y cultural, en parte por la diferencia entre la cantidad y calidad de la información documental previa disponible.

Lo anterior sumado a las características espaciales y temporales propias del proyecto (confinado a las márgenes del río y restringido a las épocas de estiaje), determinan zonas de influencia (ZI) diferenciales según el tipo de interacciones ambiente - proyecto (tabla 3.)

**Tabla 3. Zonas de influencia del proyecto**

Efectos	Zonas de influencia
<i>Negativos de las obras</i>	
• Sistemas abiótico y biótico	Local: cauce del río, islas y orillas
• Sistema antrópico	Regional: poblaciones y asentamientos ribereños y en islas
<i>Beneficios socioeconómicos del proyecto</i>	Local y regional (sin cuantificar), nacional (ver capítulo contexto)

Como se detallará en los apartes de este capítulo, el status actual de los elementos ambientales y el previsible hacia el futuro (sin proyecto) se sintetizan en una oferta ambiental baja, en franco proceso de deterioro.

## clima

El clima y el estado del tiempo del tramo de estudio están determinados por los desplazamientos de la Zona de Confluencia Intertropical (ITC) asociados al enfrentamiento de los vientos alisios del norte y del sur. El paso de la ITC ocasiona un tiempo ciclónico, i.e., nublado, lluvioso y fresco. Antes y después de las depresiones de la ITC el tiempo es anticiclónico, esto es, soleado, seco y con mayores variaciones de las temperaturas diurnas.

A comienzos del año (enero y febrero) la ITC alcanza su posición más meridional, aproximadamente 0°. En el mes de julio alcanza la posición extrema norte, cerca de los 10°. La ITC pasa por el centro de Colombia entre abril y mayo cuando se desplaza hacia el norte, y de nuevo entre septiembre y octubre, cuando regresa a su posición sur. Este desplazamiento ocasiona que en la mayor parte del territorio colombiano se presenta una distribución bimodal de las precipitaciones (Oster, 1979; Mejía, 1982).

Además se presentan factores azoales que modifican el clima; los más importantes son las circulaciones locales, causadas por la transformación diferencial de la radiación solar en los valles y en las vertientes. (Perez, 1986).

La caracterización de los elementos del clima que se presenta a continuación se realizó con base en la información de las estaciones Aeropuerto de Puerto Berrío (13 años de registro entre 1975 y 1988) y aeropuerto Yariguíes de Barrancabermeja (57 años de registro entre 1935 y 1992).

### Precipitación

El valor medio anual es 2.500 mm; el régimen anual es bimodal: dos estaciones lluviosas de abril a junio y de agosto a noviembre y una estación seca -diciembre a marzo. Durante el mes de julio, intercalado entre las estaciones lluviosas, se presenta un corto período de menores lluvias no muy seco, que corresponde a la localización de ITC en la posición extrema norte (figura 6). El número de días con precipitación es proporcional al valor medio mensual de la precipitación, presentando un régimen de variación, durante el año, similar al de la precipitación media mensual. Los valores medios oscilan desde 4 días con lluvia para los meses menos lluviosos, hasta 19 más lluviosos.

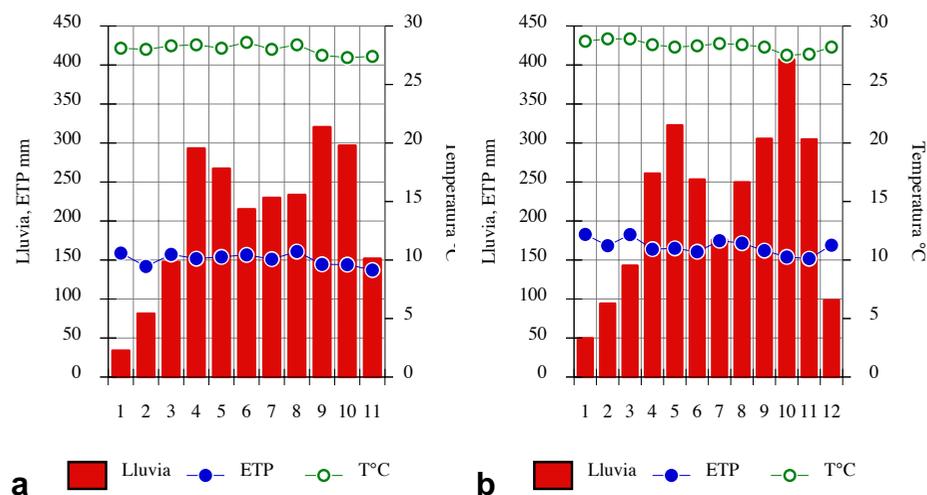


Figura 6. Climadiagramas del tramo de estudio. a. puerto Berrío; b. Barrancabermeja

### Temperatura

La temperatura media anual es de 28° C; los valores medios mensuales permanecen muy cerca de la media anual, con oscilaciones que en ningún caso superan el valor de 1,5 °C. No obstante, la temperatura media mensual presenta un régimen inverso al de la precipitación, los meses lluviosos muestran las temperaturas medias más bajas y los meses secos las más altas (figura 6). Las diferencias día-noche son mayores que las mensuales.

### Insolación

La insolación (número de horas/día en las cuales ha brillado el sol) presenta una relación inversa con la precipitación. Los valores más bajos se presentan en octubre en Puerto Berrío (138,3 horas) y en abril (146,1 horas) en Barrancabermeja, meses con alta pluviosidad; los valores más altos se registran en julio (228,2 horas) y en enero (224,9 horas) para las dos localidades respectivamente.

### Humedad Relativa

La humedad relativa media es muy constante, la diferencia entre el mes más húmedo y el más seco no excede 7,5% en Barrancabermeja y el 4,8% en Puerto Berrío. La humedad relativa es un poco más alta en Puerto Berrío (media anual 81.9%) que en Barrancabermeja (media anual 76.0%); el régimen anual es bimodal y guarda una relación inversa con la temperatura.

### Evapotranspiración y balance hídrico

La ETP calculada según la fórmula de García y López (1970) muestra un comportamiento bastante constante a lo largo del año (esto porque se calcula a partir de la temperatura y la humedad relativa), la diferencia entre el mes de máxima ETP y el de mínima no excede los 31,1 mm en Barrancabermeja y los 23.6 mm en Puerto Berrío.

Sólo se presenta déficit hídrico en los tres primeros meses del año.

## geomorfología

El valle del río Magdalena se ha desarrollado en lo que en la geología regional de Colombia se denomina fosa tectónica del Magdalena, limitada por fallas paralelas a las cordilleras. Corresponde a los zeugogeosinclinales de la clasificación de Dewey & Bird (1970) –valles limitados por fallas dentro de un orógeno ortotectónico, con materiales clásticos derivados de los pilares tectónicos adyacentes– en este caso las cordilleras central y occidental.

Sedimentológicamente el valle está constituido por rocas del Terciario: areniscas, conglomerados y tobas, con un recubrimiento de depósitos cuaternarios donde el río ha formado su canal.

A partir de Puerto Berrío hacia el norte, el río presenta variaciones geomorfológicas consecuencia del desarrollo del canal por aportes de las dos cordilleras; aunque en las imágenes SLAR (radar) se observa una influencia de la tectónica reciente.

Las imágenes SLAR muestran además al sur de la serranía de San Lucas lineamientos paralelos a falla del Cimitarra (Irwing 1971) que pasa sepultada cerca de San Pablo. El tramo Puerto Berrío–Barrancabermeja también es subparalelo a ellos; el mismo autor coloca en el mapa regional un lineamiento bajo el cuaternario, sugiriendo la presencia de una falla. Robertson (1985) sugiere que "factores neotectónicos también pueden haber incidido en el patrón fluvial regional en épocas recientes".

El lineamiento principal del sector Puerto Berrío–Barrancabermeja sigue el rumbo general de los lineamientos de falla que afectan la serra-

nía de San Lucas y los sitios de estrechamiento del cauce se presentan en aquellas zonas de intersección con fallas de rumbo perpendicular a las primeras.

### Sectorización

No es posible diferenciar los tipos de materiales litológicos a nivel del cauce. En este análisis se da una sectorización basada en el patrón y en el control tectónico (figura 7). Los desplazamientos efectivos de cada bloque no se conocen, su estudio requiere un análisis detallado de las orillas y de la pendiente del río.

#### Zona 1. Puerto Berrío – río San Bartolomé (o río Regla)

El río forma una llanura aluvial amplia sobre rocas sedimentarias del Terciario; el patrón es trezado. Este tramo parece ser un segmento de los lineamientos paralelos a la falla de Cimitarra.

#### Zona 2.

Aguas abajo de la desembocadura del río San Bartolomé se presenta un control marcado por un estrechamiento del río (km 706, Río Nuevo). Las imágenes insinúan un patrón anular que se refleja en un brazo del río (caño Vuelta de Acuña) y en el mismo cauce; por el costado N se aparecía la continuación del lineamiento de fallas regionales. Este tramo presenta un patrón trezado menos intenso que el anterior, el número de barras es menor. El patrón anular puede estar relacionado con algún evento de disminución de la velocidad del río aguas arriba y un proceso de erosión concentrado en los contornos.

#### Zona 3.

Frente a la ciénaga Barbacoas, km 687 (El Caballo); el río cambia nuevamente de rumbo y de patrón. Pre-

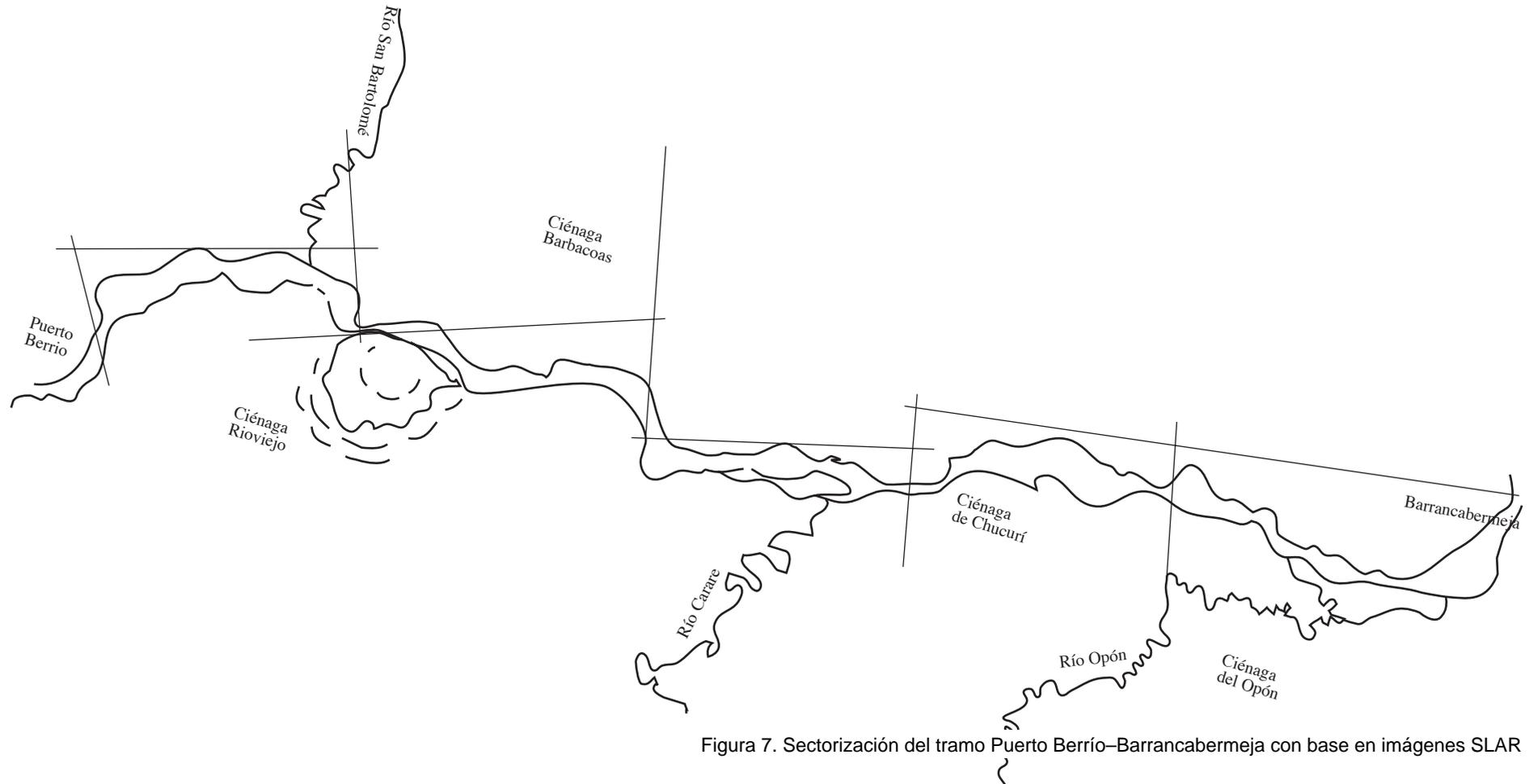


Figura 7. Sectorización del tramo Puerto Berrío-Barrancabermeja con base en imágenes SLAR

senta un canal más definido, posiblemente un lineamiento de fractura, reflejado en una mayor erosión a ambos lados del cauce. Al N empieza de nuevo el patrón trenzado hasta aguas abajo de la desembocadura del río Carare (km 672, Barriga), donde no hay lineamientos tan marcados; se presenta una ligera desviación del cruce y un canal sin brazos conspicuos al frente de una cubeta de desborde, la ciénaga de Chucurí.

#### **Zona 4.**

Desde la ciénaga de Chucurí (km 672) hasta San Luis (km 652) se desarrolla un patrón trenzado, debido a la formación del estrechamiento en San Luis, por un evento tectónico.

#### **Zona 5.**

Entre San Luis y Barrancabermeja, se caracteriza por un canal semirecto bien definido; con algunas islas y brazos aguas arriba de Barrancabermeja. Por la margen derecha corre la

traza de falla sepultada que cruza el cauce del río aguas abajo del puerto.

En general el patrón de drenaje del río Magdalena es deposicional, con cauce trenzado, y en las márgenes con cubetas de desborde que corresponden a las ciénagas.

La carga es una mezcla gravas, arenas y limos. Las gravas y arenas se depositan en el cauce y los limos en las cubetas de desborde. El río Magdalena es un nivel de base local en el cual se acumulan los sedimentos

provenientes de las dos vertientes con el consecuente aumento gradual de niveles.

El sistema hídrico de la cuenca en el tramo de estudio está conformado por: el río Magdalena, los afluentes mayores (ríos Carare, Opón y San Bartolomé), varias quebradas y afluentes menores (Malena, Santa Cruz, San Juan y caño Guamal, tributarios de la margen izquierda, entre otros) y por las ciénagas y madre viejas del sistema léntico aledaño.

## hidrología y calidad del agua

### El río Magdalena

Por sus características limnológicas: aguas turbias, pH neutro y conductividad alta por la concentración de iones disueltos, (tabla 4.) el Magdalena está clasificado como un río de aguas blancas (Sioli, 1975). La zona estudiada pertenece a la región *potamon* del río (Botasenau & Illies, 1963), caracterizada por poseer un curso más lento y pausado, altos caudales y por predominancia de los procesos de depósito; las comunidades biológicas (bentónicas y del perifiton) tienen diversidades y poblaciones reducidas por la baja transparencia del agua, el efecto abrasivo de los sedimentos y la inestabilidad del fondo; la diversidad y biomasa de la ictiofauna y por consiguiente la productividad pesquera, son altas.

El caudal medio del río Magdalena en

Puerto Berrío es 2.450 m<sup>3</sup>/s (figura 8.). El comportamiento anual de caudales está ligado al régimen de precipitaciones de su cuenca y dadas la variabilidad espacial y asincronía de éstas a lo largo del valle es un evento relativamente impredecible; tanto la magnitud absoluta de los caudales máximos o mínimos como el mes de ocurrencia varían de año a año (García y Dister, 1990).

Los períodos de creciente ocurren aproximadamente un mes después del inicio del período de lluvias (abril a junio con máximo en mayo y octubre a diciembre, con máximo en noviembre). En esta época, los planos de inundación se convierten en un espejo de agua y se establece una red de comunicación entre el río y los sistemas

Tabla 4. Valores característicos de las variables físico-químicas<sup>1</sup>

localidad	pH	T °C	OD mg/l	K μS/cm	Dureza mg/l	Σsólidos mg/l	DQO <sub>5</sub> mg/l
Puerto Berrío	6,0-7,7	26,5-29,6	5,8-6,8	124-172	32,4-74,6	330-2256	28,5-48,6
Peñas Blancas	7,0-8,0	27,0-30,6	5,3-6,4	115-176	50,5-74,2	314-1272	47,8-63,4

<sup>1</sup> Fuente Ruiz, 1992. Rangos de 7 mediciones entre diciembre 1986 y septiembre 1989

de ciénagas.

El estiaje se presenta entre uno y dos meses después del inicio del período de sequía –enero a marzo, mínimo en agosto. En este período algunos de los caños, ciénagas y pantanos quedan aislados hasta la nueva creciente, cuando se repite el ciclo de aporte de sedimentos y renovación del agua (Pombo, 1990). La carga de sedimentos transportados por el río, en Puerto Berrío, alcanza las 62.397 kilotoneladas anuales (figura 9). En períodos de aguas bajas la carga de sedimentos es mucho menor que en los períodos de creciente (HIMAT, reportes técnicos).

### Afluentes mayores.

Los principales afluentes del río en el sector estudiado son los ríos Cararé, Opón y San Bartolomé (tabla 5.) To-

dos presentan un régimen anual de caudales semejante al del río Magdalena, pues también responden al régimen de precipitaciones de su cuenca. (figura 8.).

### Ciénagas

Son lagos someros polimícticos cálidos; sus formas y tamaños son función del nivel del agua en el sistema. Tienen gran importancia ecológica como zonas de amortiguación de niveles de agua durante los procesos de inundación, trampa de nutrientes y purificación de aguas, proveen refugio y habitat para muchos organismos, son sitio de reproducción y crecimiento de muchas poblaciones de peces y demás fauna acuática. La importancia socioeconómica de las ciénagas radica en el aprovechamiento de las pesquerías y fauna silvestre que proporciona proteína animal ba-

rata e ingresos para la población (Arias, 1985). Los sistemas cenagosos más importantes del trayecto son (ver figura 10.):

**Chucurí.** Conformado por las ciénagas de Chucurí, Aguas Negras, Aguas Blancas, El Barro y Las Montoyas. La superficie media de aguas permanentes es 11,37 km<sup>2</sup>; se comunica directamente con el río a través del caño Chucurí, canal meándrico de 4,2 km de longitud. La limnología del complejo presenta una amplia variación temporal asociada a las fluctuaciones de niveles del río y de la ciénaga. La tabla 6. (tomada de García & Dister, 1990) caracteriza el funcionamiento del sistema, considerado representativo de la planicie aluvial del Magdalena medio.

**Opón.** Localizado en la margen derecha del río, al sur de Barrancabermeja, se comunica con el río Opón a través del caño Mal A-brigo. Recoge las aguas de la Quebrada Vizcaína y del río Oponcito. Su área de aguas permanentes es 19,22 km<sup>2</sup>.

**Barbacoas.** Conformado por Barbacoas, Grande y Maquencal. Se comunica con el río a través del caño Barbacoas y tiene un área de aguas permanentes de 7,42 km<sup>2</sup>.

En la planicie aluvial del Magdalena medio, la dinámica hidrológica (comportamiento cíclico e impredecibilidad relativa de caudales, niveles, transporte de sedimentos y nutrientes, etc.) determina el funcionamiento e interrelaciones de los hábitats acuáticos –lóticos y lénticos del río, ciénagas y caños de conexión– y de los hábitats te-rrestres –playones, islas y orillares–. (Dister & García, 1984).

Prácticamente todos los eventos ecológicos en la planicie aluvial –transporte, depósito y exposición de sedimentos; colonización, desa-rollo

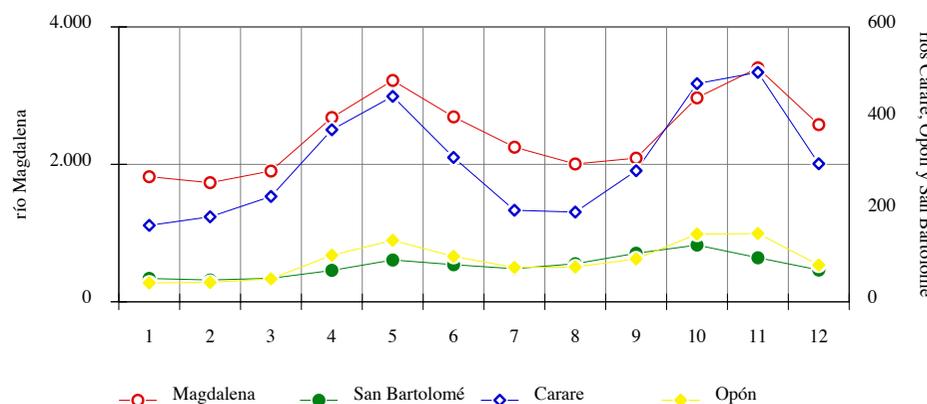


Figura 8. Caudales medios mensuales, m<sup>3</sup>/s

y descomposición de vegetación herbácea anual; consumo y mineralización de materia orgánica; actividad de herbívoros; migraciones de organismos (v. gr. subienda y bajanza de peces), etc.— están relacionados positiva o negativamente con la amplitud y regularidad del ciclo. Aún la pesca, (Arias, 1977 y Kapetsky, et al. 1976) y otras actividades de subsistencia (siembras, cosechas, pastoreo, cacería) están afinadas a los pulsos del río, (García & Dister, 1990).

Tabla 5. Principales afluentes en el tramo de estudio

Afluente	Nacimiento	Abscisa (km) desembocadura	Longitud km	Caudal medio m <sup>3</sup> /s	Carga kTm/año
Carare	páramo Rabón, cordillera Oriental	674	274	306,9	
Opón	Peña de Vélez, cordillera oriental	638	153	91	3.407,2
San Bartolomé	cordillera central	711	115	79	

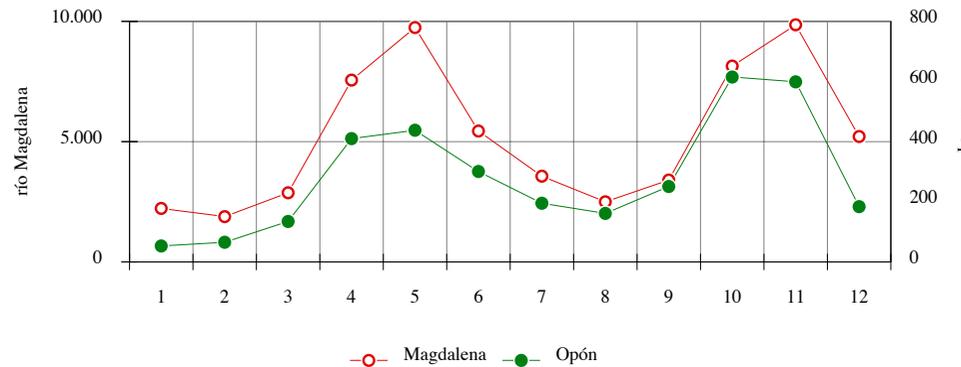


Figura 9. Carga media mensual, kilotoneladas

Tabla 6. Limnología de las ciénagas <sup>1</sup>

Parámetro	Estadio 1	Estadio 2	Estadio 3
Conductividad $\mu$ S/cm	10-60	8-40	S 10-60 F 140-200
Temperatura °C	30-36	26-30	S 30-36 F 25-28
pH	4-7	3,5-9+	S 4,1-6,9 F $\approx$ 7
OD % saturación	30-165	$\approx$ 100	$\approx$ 100
Transparencia secchi, cm	65-120	75-160	10-35
Alcalinidad ppm	21,4-47,9	5,23-17,9	25,2-61,2
Dureza ppm	24,6-63,7	6,4-22,5	56,9-83,5
Nitratos ppm	0,41-0,94	0,19-0,66	0,52-0,87
Sulfatos ppm	19,3-34,1	2,42-7,68	9,29-23,61
Fosfatos ppm	0,09-0,21	0,09-0,11	0,17-0,28

<sup>1</sup> Estadio 1 nivel ciénaga bajo, caño fluye hacia río  
 Estadio 2 nivel ciénaga alto, caño fluye hacia río  
 Estadio 3 niveles ascendentes en ciénaga, caño fluye hacia ciénaga  
 S = superficie; F = fondo

## fisiografía y suelos

En el presente aparte se caracterizan de manera general las unidades fisiográficas próximas al cauce del río Magdalena, en el sector Puerto Berrío-Barrancabermeja, los suelos que sobre ellos se desarrollan y su capacidad de uso (ver figura 10.).

### Orillares e islas

Son unidades formadas por acumulación de materiales transportados por el río; los factores principales de modelado de esta unidad son el aporte continuo del río y el cambio frecuente del cauce de las aguas. Los orillares e islas son áreas de acumulación, susceptibles a las inundaciones y encharcamientos frecuentes. La tabla 7 resume el inventario de islas en el tramo Puerto Berrío - Barrancabermeja.

Los suelos de esta unidad son jóvenes e incipientes, superficiales, están limitados por el nivel freático alto. El perfil se caracteriza por tener capas de texturas contrastantes; químicamente presentan reacción ligeramente ácida, son pobres en fósforo y pobres a normales en carbono orgánico y potasio, la fertilidad es moderada (IGAC,1980).

Estos suelos se hallan dedicados a agricultura de subsistencia o cubiertos por vegetación natural en diferentes estados sucesionales.

### Diques

Son áreas angostas, alargadas, plano-convexas, paralelas al río ocupan una posición alta en la planicie aluvial. Los diques se forman por acumulaciones producidas en períodos de aguas altas y pueden ser deteriorados por erosión o rejuvenecidos por acumulación durante las épocas de grandes crecientes.

Tabla 7. Inventario de islas del tramo Puerto Berrío Barrancabermeja

Abcisado → Parámetro ↓	631- 641	641- 651	651- 661	661- 671	671- 681	681- 691	691- 701	701- 711	711- 721	721- 731
número	10	9	12	11	20	14	11	18	14	12
<b>área (km<sup>2</sup>)</b>										
total	11,6	3,91	13,76	7,26	10,39	6,19	4,84	1,58	6,06	5,88
media	1,16	0,43	1,15	0,66	0,52	0,44	0,44	0,09	0,43	0,49
máxima	4,91	1,38	4,55	1,92	3,08	1,22	1,34	0,34	1,52	3,87
mínima	0,06	0,04	0,07	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02
<b>Clasificación</b>										
> 4 km <sup>2</sup>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2 - 4 km <sup>2</sup>	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1
1 - 2 km <sup>2</sup>	2	1	2	3	1	1	2	0	3	0
0,5 - 1 km <sup>2</sup>	1	2	3	1	2	4	2	0	0	1
0,25 - 0,5 km <sup>2</sup>	3	2	2	1	2	3	3	1	4	1
0,1 - 0,25 km <sup>2</sup>	1	1	2	3	5	4	0	4	2	6
< 0,1 km <sup>2</sup>	1	3	1	3	8	2	4	13	5	3
<b>Perímetro (km)</b>										
total	48,05	23	58,15	38,6	54,75	42,35	37,05	27	41,1	33,4
medio	4,37	2,56	4,85	3,51	2,88	3,53	3,37	1,5	2,94	3,04
máximo	9,4	6	12	7,5	8,7	7,5	7,5	3,8	8,45	10,5
mínimo	1,6	0,8	1,1	0,4	0,75	1,75	1	0,65	0,6	0,7
<b>Distancia (m)</b>	274	687	360	267	244	322	281	360	220	213

La granulometría del material aluvial de los diques cambia en dirección perpendicular al eje: es más grueso a lo largo de éste y se vuelve más fino al alejarse.

Los suelos de los diques son bien evolucionados, superficiales a moderadamente profundos, están limitados por el nivel freático y por drenaje imperfecto. Además son de fertilidad baja a moderada, reacción ligeramente ácida a alcalina, pobres en carbono orgánico, fósforo, potasio y con sales de sodio en los horizontes más profundos. Están dedicados a ganadería y cultivos de subsistencia (IGAC, 1980).

### Bajos o cubetas de decantación

Estas áreas se localizan al pie del dique marginal y ocupan la posición

más baja en la planicie aluvial, cuya parte más baja está ocupada por las ciénagas.

Los bajos son formas plano-cóncavas, producto de la sedimentación de materiales finos (arcillas y limos), transportados por el río durante las épocas de desbordamiento. Son áreas mal drenadas y muy afectadas por las inundaciones. Los suelos de los bajos son muy superficiales a superficiales, están limitados por un nivel freático alto, inundaciones y salinidad. Cuando se secan en algunos sectores, forman grietas.

El perfil de estos suelos es poco evolucionado y químicamente son de fertilidad baja, reacción alcalina a ácida, muy pobres a altos en carbo-

no orgánico y muy pobres en potasio y fósforo. Su uso se halla limitado a la ganadería en época seca (IGAC,1980).

### Terrazas

Las terrazas son planicies aluviales antiguas originadas por la sucesión de períodos fríos-secos y cálidos-húmedos, durante el pleistoceno, que influyeron en el comportamiento del río, originando acumulaciones de material o incisión de la planicie aluvial, respectivamente. Las terrazas más altas y más disectadas son las más antiguas.

Los suelos de las terrazas son superficiales a moderadamente profundos, presentan pobre desarrollo de estructura y escasa consistencia. El drenaje natural es bueno en terrazas altas y moderado a imperfecto en terrazas bajas. En cuanto a condiciones químicas son ácidos o fuertemente ácidos y el aluminio libre es alto; tienen baja saturación de bases y fertilidad muy baja en terrazas altas. La fertilidad de los suelos de terrazas bajas es baja a moderada. La mayor extensión de estos suelos se usa en ganadería (IGAC,1980)

### Capacidad de uso de los suelos

La ganadería es el uso más extendido en los suelos de las terrazas, pues a pesar de poseer un buen drenaje, sus características químicas. (alta acidez, baja fertilidad y altos contenidos de aluminio) sugieren una vocación más pecuaria que agrícola.

El desmonte de la vegetación boscosa natural para ser reemplazada por praderas de pastos naturales o artificiales a originado el aumento de la erosión en los suelos de terrazas con mayor pendiente, además el pisoteo del ganado a producido la compactación del suelo en algunos sectores.

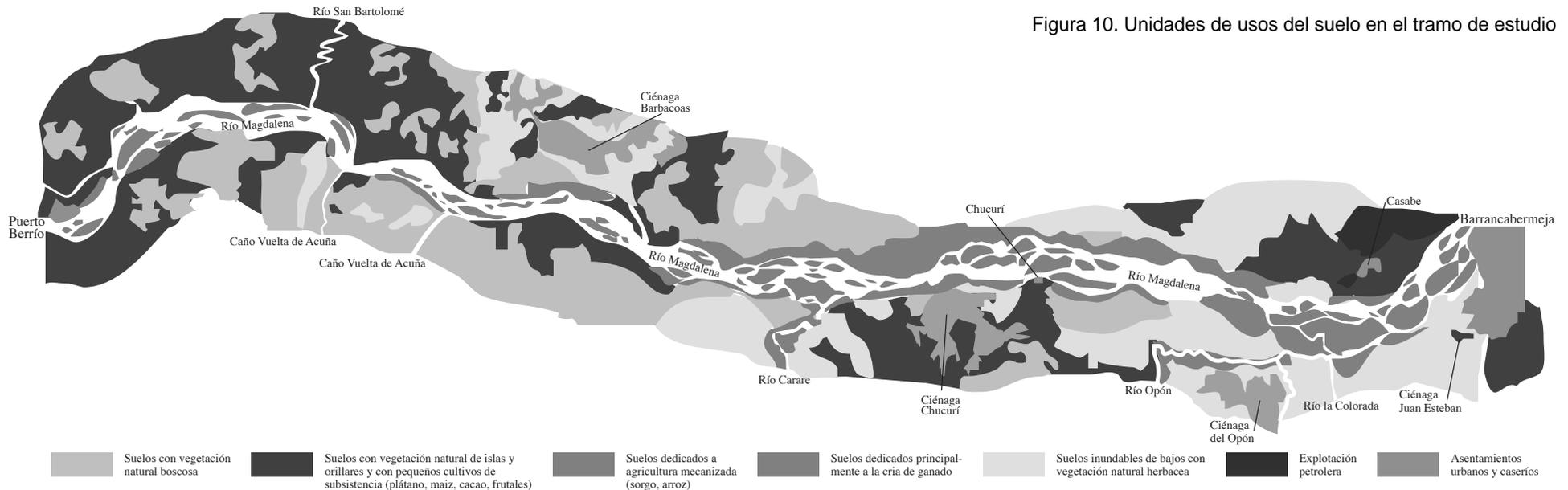


Figura 10. Unidades de usos del suelo en el tramo de estudio

La deficiencia del drenaje de los suelos en las planicies bajas (orillares, diques y bajos) es más limitante para la explotación que en las terrazas, a pesar de la bondad de sus características químicas (acidez ligera, mayores contenidos de Ca, Mg y K y mayor contenido de materia orgánica). Así el uso del suelo se halla limitado a una agricultura de subsistencia en las partes menos inundables y a pastoreo de ganados durante las épocas secas en las partes bajas (IGAC, 1980).

## hábitats y organismos

### Vegetación zonal

Los patrones macroclimáticos determinan la presencia de una gran unidad ecológica llamada *Zonobioma Húmedo Ecuatorial* o *selva basal*. Esta formación se desarrolla en los suelos libres de la influencia directa de las inundaciones producidas por las crecientes del río (terrazas, ver fisiografía y suelos) y se caracteriza por la uniformidad fisionómica de el clímax vegetal y por una composición biótica determinada. Corresponde al Bosque tropical ombrófilo de baja altitud de la clasificación de la UNESCO (Ellenberg y Mueller-Dombois, 1974) y al bosque tropical muy húmedo de Holdridge (Espinal, 1977).

La selva basal es exuberante, en la mayoría de las especies leñosas el fol-

laje es perenne, de consistencia cartácea o coriácea. Predominan las especies de follaje simple, aun cuando aquellas con follaje compuesto, como la mayor parte de las leguminosas, tienen elevada presentación en esta selva (Hernández, 1990).

Presenta dos estratos, con alturas hasta 20 m y árboles emergentes que alcanzan los 30 m. La composición florística es muy heterogénea, con predominio de anón (*Guatteria* sp.), almendrillo (*Caryocar* sp.), escobillo (*Xylopia amazónica*), lecheperra (*Helicostilis tomentosa* y *Pseudolmedia rigida*), mortiño (*Miconia* spp). El sotobosque no es muy denso y los epifitos son moderadamente abundantes (De las Salas, 1978). Las formas secundarias de esta selva, presentan un sólo estrato arbóreo hasta de 12 m de altura dominado por guayaba de pava (*Bellucia grossularioides*), guarumo (*Cecropia* sp), guayaba (*Psidium guajaba*), orejero (*Entherolobium* sp) y teñidor (*Miconia minutiflora*).

Actualmente esta selva se halla casi completamente destruida, sólo quedan algunas manchas en la Reserva Forestal del Carare-Opón y pequeños relictos dispersos.

### Vegetación azonal

Las unidades ecológicas azonales o pedobiotomas están determinadas por las condiciones edáficas y presentan fisonomías de mosaico donde se intercalan bosques, matorrales y otros tipos de vegetación (Hernández, 1990). En el tramo de estudio los factores pedológicos determinantes son la profundidad del nivel freático y el drenaje, por tanto los pedobiotomas están relacionados con las unidades fisiográficas descritas anteriormente.

### Vegetación de orillas

Se desarrolla en las islas y orillares. Debido a su inestabilidad se presenta como un mosaico formado por diferentes estados sucesionales. La sucesión vegetal se inicia con una pra-

dera graminoide de 1-1,5 m de altura y cobertura superior al 80 por ciento; dominada por el gramalote (*Panicum* sp) y el pasto alemán (*Echinochloa cruz-pavonis*). En sitios con sedimento fino y mayor humedad la pradera está dominada por forbias, con altura hasta de 2 m y cobertura superior al 90 por ciento; las especies dominantes son *Ludwigia erecta* (hierba de chavarria), *Aeschynomene sensitiva*, *Mariscus ligularis* y *Sphenoclea zeylanica*.

El siguiente estado sucesional es un matorral claro con estrato graminoide. El estrato arbustivo esta formado por el sauce de río (*Tessaria integrifolia*), con altura de 3-5 m y cobertura del 40 por ciento. El estrato graminoide tiene altura hasta de 1,5 m. y cobertura del 95 por ciento; las especies más frecuentes son gramalote, pasto alemán, cortadera (*Scleria mitis*) y zarza (*Mimosa pigra*).

Un estado sucesional más avanzado es el bosque claro de mimbres, con un estrato arbóreo hasta de 10 m. de alto y cobertura del 65% dominado por mimbres (*Salix humboldtiana*) y chichatón (*Muntingia calabura*); y un estrato graminoide que cubre más del 95% del suelo, donde domina el gramalote y el pasto alemán.

El estado natural más avanzado de la vegetación de orillas es la guarumera. El elemento característico de este tipo de vegetación boscosa es el guarumo (*Cecropia* sp), que puede alcanzar alturas superiores a los 15 m.; con frecuencia presenta un estado arbóreo más bajo (altura de 8 m.) dominado por el guamo (*Inga* sp). En el sotobosque crece un estrato herbáceo alto, que alcanza alturas hasta de 2,5 m. y cobertura superior al 60%, formado principal-

mente por rodales de platanillos (*Heliconia* spp.), bijao (*Calathea lutea*) y cañabrava (*Gynerium sagittatum*).

#### **Bosque ripario de ciénagas**

El sustrato es fino, con drenaje defectuoso y está sometido a períodos más prolongados de inundación. El bosque inundable de las orillas de ciénagas presenta un estrato arbóreo de 12 m. de altura con cobertura del 80%, las especies más frecuentes son *Xylopiá discreta*, *X. aromática*, *Galphimia* sp, *Licania apetala*, *Paliourea punicea* y *Ficus dendrocida*. El estrato arbustivo es rico en palmas tales como uva lata (*Bactris guineensis*) y lata castilla (*B. maraja*). El estrato herbáceo es ralo y presenta especies como la zarza (*Mimosa pigra*), altamisa (*Ambrosia cumanensis*) y rabo de alacrán (*Heliotropium* sp).

#### **Sabana palustre**

Esta vegetación incluye las comunidades de macrófitas acuáticas que crecen flotando en las aguas o enraizadas en los suelos inundados o completamente saturados de las orillas de las ciénagas. Esta vegetación se organiza en una zonación que típicamente comprenden un primer cinturón de plantas emergentes que crecen sobre los suelos saturados o inundados de las orillas e incluye especies tales como *Sphenoclea zeylanica*, *Ludwigia* spp, *Ambrosia cumanensis*, *Heliotropium* sp; *Cyperus* spp, *Echinochloa cruz-pavonis*, *Nepentia* sp, *Aeschynomene* sp y otras gramíneas y ciperáceas.

La segunda zona esta formada por plantas enraizadas en el sedimento y con hojas flotantes, incluye especies

como *Ludwigia sedoides* y *Sagittaria guyanensis*.

A continuación se presentan las comunidades de macrófitos flotantes; en este grupo se destacan: *Pistia stratiotes*, *Eichhornia* spp, *Salvina* sp, *Lemna* sp y *Azolla* sp. Por último se localizan los macrófitos sumergidos libres, siendo la especie más frecuente *Najas arguta*.

Los playones de estiaje, áreas cenagosas secas durante la época de bajas lluvias, se hallan cubiertos por una vegetación formada por macrófitos acuáticos emergentes dominada por gramíneas y zarza.

#### **Fauna**

La fauna de vertebrados superiores que se halla estrechamente ligada a los sistemas acuáticos del río Magdalena comprende varios grupos de ranas y sapos; lagartos, cocodrilos y tortugas; garzas, patos, tinguas y gaviotas; nutrias, manatíes y chigüiros. La lista es extensa e incluye especies en peligro de extinción como: caimán aguja o caimán del Magdalena (*Crocodylus acutus*), tortuga de río (*Podocnemis lewyana*), icotea (*Trachemis scripta callrostris*), chavarria (*Chauna chavaria*), gallito de ciénaga (*Jacana jacana*), nutria (*Lutra longicaudis*) y manatí (*Trichechus manatus*).

En la actualidad, las poblaciones de numerosas especies dependientes del río han sido desplazados localmente o han visto reducida su densidad a niveles casi irrecuperables, debido a la acción antrópica que se manifiesta principalmente de tres maneras:

- Destrucción del medio natural (deforestación de áreas boscosas, dese-

cación de ciénagas) que constituye el habitat de estas especies

- Exterminio de gran parte de las poblaciones por la cacería (pieles de cocodrilo, babilla y chigüiro; carne de manatí, chigüiro y patos; huevos de iguana y tortugas)

- Contaminación del medio producida por el vertimiento de desechos de procesos industriales (principalmente hidrocarburos pesados)

#### **Comunidades limnológicas**

La estructura y dinámica de las comunidades bióticas de río responden al funcionamiento de sistemas de escalas espaciotemporales mayores, tales como los cambios hidrodinámicos del río dentro de su cuenca, el macroclima regional, las condiciones geológicas y geomorfológicas de la cuenca, las unidades vegetales presentes y las características del componente edáfico, entre otros.

La comunidad biótica del río está conformada por productores (fitoplancton, algas perifíticas, macrófitas), consumidores (zooplancton, bentos, fauna asociada a macrófitas, peces y vertebrados superiores) y descomponedores (bacterias y hongos).

#### **Fitoplancton**

Las condiciones físicas del río (corriente y gran turbidez, principalmente) limitan el desarrollo del fitoplancton, con lo cual las comunidades ribereñas de macrófitas y las algas del perifiton litoral adquieren mayor importancia como productores.

En las ciénagas la comunidad esta mejor desarrollada, pero su productividad primaria neta es baja y es

consumida, principalmente, en la vía de los detritos. Así por ejemplo, la productividad fitoplanctónica en la ciénaga de Chucurí es inferior a 0,25 mg O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h, siendo mayor cuando la ciénaga presenta bajos niveles de agua (García y Dister, 1990).

En general, la comunidad fitoplanctónica de las ciénagas presenta baja densidad; esta comunidad está dominada por los Bacillariophyceae (diatomeas) Chlorophyceae y Cyanophyceae, grupos característicos de ambientes eutróficos, con carencia temporal de nitrógeno, altas temperaturas e iluminación intensa.

#### **Comunidades de macrófitos acuáticos.**

Los macrófitos son plantas de ciclo de vida corto que crecen cubriendo gran parte de las márgenes del río y ciénagas y los playones de estiaje. También pueden cubrir parte del espejo de agua de las ciénagas (macrófitas flotantes) o crecer bajo la superficie del agua (macrófitos sumergidos). Estas plantas utilizan los nutrientes y sedimentos transportados por el río, que de otra manera serían difícilmente asimilables, incorporándolos en las cadenas alimenticias de los organismos acuáticos contribuyendo así, a mantener la productividad de las ciénagas y ríos (García y Dister, 1990).

Además constituyen el hábitat y refugio para muchos animales, incluidas varias especies de peces. La

composición de las comunidades de macrófitos de las ciénagas ya ha sido referida al hablar de la vegetación natural. En los márgenes del río estas comunidades se hallan dominadas sobre todo por gramíneas: pasto canutillo (*Hymenachne amplexicaulis*) y gramalote (*Panicum* sp.).

#### **Algas del perifiton litoral.**

La comunidad perifítica se desarrolla sobre partes vegetales, rocas, troncos y otros materiales sumergidos en el litoral donde, a pesar de las condiciones de alta turbidez, llega algo de luz permitiendo el desarrollo de algas.

En el sector Barrancabermeja-La Gloria se ha observado que esta comunidad se halla dominada por los Bacillariophyceae, que parecen relacionarse con ambientes mesoeutróficos. (Carinsa - Incoplan 1993)

#### **Zooplankton.**

La comunidad zooplanctónica, eslabón obligado en la cadena trófica de muchos hábitats acuáticos, reúne organismos de diverso régimen alimenticio. La abundancia y composición de la comunidad responde de manera muy característica al estado trófico de las aguas.

A igual que el fitoplancton, el zooplankton de los ríos tiene un desarrollo muy limitado debido a las condiciones físicas adversas; pero en los sistemas lóticos su desarrollo es mayor y está formada por protozoarios, ratíferos, cladoceros y copepodos.

#### **Bentos Litoral**

La fauna béntica litoral juega un papel muy importante en el flujo de energía y en el ciclo de nutrientes; estos animales participan en los procesos de descomposición de la materia orgánica, reduciendo el tamaño de las partículas, y también son parte de la cadena alimenticia de varios organismos acuáticos, principalmente peces (Esteves, 1988). No obstante, en el Magdalena, la dinámica fluvial (formación de brazos e islas, invasión de paleocauces), la alta carga de sedimentos, entre otros factores impiden el desarrollo de comunidades estables.

Los estudios en el sector Barrancabermeja-La Gloria (Carinsa-Incoplan, 1993) mostraron una comunidad bentónica con densidad y diversidad bajas, dominada por dípteros de las familias Chironomidae, Museidae y Tipulidae; los dos primeros grupos son propios de aguas con mediana a alta contaminación. En las ciénagas, la diversidad fue algo mayor, se presentan algunos Ephemeroptera, grupo propio de aguas limpias. Cabe anotar que el status trófico de muchas de estas especies no es conocido para el trópico y se hacen con base en analogías con sistemas mejor conocidos de la zona templada.

#### **Invertebrados nectónicos asociados a macrófitos**

Los invertebrados nectónicos asociados a los macrófitos toman parte en el ciclo energético de las comuni-

dades limnológicas; ellos consumen partes vegetales y a su vez son consumidos por otros organismos acuáticos.

La fauna asociada a macrófitos es diversa y abundante respondiendo a la mayor diversidad y abundancia de los macrófitos acuáticos. Son frecuentes los copépodos y los ciclopodidos.

#### **El Necton**

Es la parte de la comunidad constituida por las especies animales capaces de nadar libremente, comprende todas las especies de peces y unos pocos especies de antrópodos (camarones, insectos, etc.).

Se han reportado 166 especies de peces para la cuenca del Magdalena, entre los cuales denominan los carácidos y los silúridos, cada uno con cerca del 39% (Dahl, 1971) de las especies. Las principales especies icticas comerciales son: nicuro (*Pimelodus clarias*), arenca (*Triportheus magdalenae*), pacora (*Plagioscion surinamensis*), doncella (*Ageneiosus caucanus*), vizcaína (*Curimata mivartii*), blanquillo (*Sorubim lima*), comelón (*Leporinus muyscorum*), bocachico (*Prochilodus reticulatus*), bagre pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) capaz (*Pimelodus grosskopfii*), dorada (*Brycon moorei*) y mojarra amarilla (*Petenia kraussii*).

Gran parte de las especies de peces del plano inundable tienen su ciclo biológico ligado a la estacionalidad del río. Las hembras ovadas remon-



tan el río en el final de la época de sequía (subienda) y desovan en las partes altas y medias de la cuenca. Al empezar la creciente, las crías viajan río abajo arrastradas por el gran caudal que colma todo el plano de inundación; en la ciénagas encuentran pro-



tección y alimento hasta llegar a la edad adulta, cuando remontan a su vez la corriente. Detrás de las hembras ovadas y de las crías, remontan el río poblaciones de depredadores como los bagres.



Las poblaciones de peces tienen regímenes alimenticios diferentes pero predominan las especies detritófagas. Por ejemplo de 23 especies de peces grandes reportados para la Ciénaga de Chucurí, diez se alimentan de perifiton y detritos y solamente uno de estos lo

hace exclusivamente de perifiton, las especies carnívoras (piscívoros, insectívoros) fueron numéricamente tan importantes como los planctívoros (García y Dister, 1990).

El área de influencia del proyecto ejemplifica bien la diversidad de formas de producción de una región caracterizada por ser frontera interior y enclave. Allí conviven la industria del complejo de refinación petroquímica, los desarrollos industriales colaterales, la producción agropecuaria heterogénea que va desde la agroindustrial de arroz y sorgo y las explotaciones latifundistas ganaderas hasta diferentes niveles de economía campesina: productores estables y colonos precarios.

Los campesinos de las orillas e islas del río Magdalena, afrontan el grave problema de la falta de tierra. Su economía es de autoconsumo sin asistencia técnica, sin apoyo crediticio ni infraestructura para el mercado.

Esta situación es propicia para los conflictos; la región, considerada zona roja por la presencia de grupos armados al margen de la ley, es escenario de enfrentamientos entre la guerrilla, los paramilitares, los narcoterroristas y la fuerza pública. Allí son frecuentes las desapariciones, el secuestro, el boleteo y las violaciones de los derechos humanos.

#### **Ubicación geográfica y administrativa**

El proyecto está ubicado en el Magdalena medio entre Puerto Berrío y Barrancabermeja sobre 98 Kms. de cauce y un área de influencia que se extiende a lado y lado sobre los departamentos de Santander (Barrancabermeja, Cimitarra y Puerto Parra) y Antioquia (Puerto Berrío y Yondó).

#### **Principales asentamientos humanos**

*Barrancabermeja.* A la fecha del último censo la cabecera municipal de

alojaba 137.406 habitantes que ocupaban 28.827 viviendas (DANE, 1988a). La población cuenta con todos los servicios básicos en una amplia cobertura; posee 4 centros hospitalarios, biblioteca, estadio deportivo, plaza de mercado y de ferias, telefonía urbana e intermunicipal. La economía gira en torno a la explotación petrolera. Barrancabermeja es la sede de gran parte de la industria petrolera nacional.

*Puerto Berrío.* Según el censo de 1985, la cabecera municipal de Puerto Berrío tenía 21.414 habitantes que ocupaban 5.577 viviendas (DANE, 1988). Los servicios básicos (acueducto, energía, alcantarillado) tienen una cobertura superior al 90%. También cuenta con telefonía urbana e intermunicipal, 2 centros hospitalarios, plaza de mercado y de ferias y varios establecimientos educativos para primaria y secundaria. Las principales actividades económicas son la ganadería y el comercio.

*San Rafael de Chucurí* (inspección de policía de Barrancabermeja) Posee una población aproximada de 1.200 habitantes y cerca de 270 viviendas. La población tiene electricidad pero carece de acueducto y alcantarillado. Cuenta con escuela, puesto de salud, iglesia y sus calles están sin pavimentar. La economía es de subsistencia: cultivos de pancoger (plátano, yuca, maíz, cacao), cría de especies ganaderas menores y pesca artesanal.

*Murillo* (inspección de policía de Puerto Berrío). Población ca. 300 habitantes (67 viviendas). Posee escuela, acueducto, electricidad, puesto de salud. Economía de subsistencia, principalmente pesca artesanal comercializada en el lugar. Murillo está ubicado en un pequeño brazo

del río, protegido de la erosión e inundaciones.

*Puerto Olaya* (inspección de policía de Cimitarra). Tiene una población ca. 500 habitantes (120 viviendas), tiene servicios de acueducto y energía eléctrica y escuela primaria. El poblado es afectado por la erosión de orillas, en la actualidad se construyen unas barreras de protección.

*San Luis Beltrán* (inspección de Yondó). Se originó en el decenio del 60 en la finca La Paulina. Tiene 280 habitantes (65 casas). Posee escuela, acueducto, energía, una calle pavimentada y un parque central. Los habitantes sostienen una agricultura para el autoconsumo. El cultivo tradicional es la yuca. En 1989 con el apoyo de la Secretaría de Agricultura, el SENA, el PNR, se realizó un proyecto de secado y picadura de yuca. A través de su cooperativa Asociación de Productores Agropecuarios de Yondó: ASO-GREPAYO vende toda la producción de la planta a SOYA a un precio bajo. El poblado está ubicado a orillas del río pero, según su gente, allí no pueden sacar pescado por la contaminación del río. Consideran la posibilidad de construir estanques piscícolas.

*Santa Cruz* (Puerto Berrío) Población aproximada 100 personas (20 viviendas). Respecto a infraestructura y servicios solo tiene la red eléctrica y una escuela. Agricultura de pancoger y pesca artesanal.

*San Pedro de la Vega* (antes *Barbacoas*, Puerto Parra). 160 habitantes, 30 viviendas de madera y techo de palma. Economía de subsistencia principalmente pesca y cultivo de maíz.

### Viviendas

El campesino ribereño responde con una dinámica propia, versátil, móvil que les permite acomodarse al ritmo cambiante del río. Las viviendas campesinas tipo rancho poseen una estructura ágil de fácil construcción que permite traslados rápidos. Estas tienen sus paredes de caña brava o madera y techo de palma de iraca o bijao. No tienen servicios sanitarios. El fogón se basa en tres piedras y leña o en una estufa de petróleo. Para dormir extienden un chinchorro o hamaca o utilizan una tabla sobre dos caballetes.

### Vías de movilización

La principal vía es la transversal que une a Santander con Antioquia y el occidente del país y que cruza el Magdalena en Puerto Berrío. Algunos carretables sin pavimentar unen las poblaciones ribereñas con la transversal y con la vía Barrancabermeja-Bucaramanga.

La línea férrea paralela al río Magdalena a lo largo del tramo fue recientemente rehabilitada. Barrancabermeja se halla unida por ferrocarril a la costa atlántica y a Bucaramanga a través de Puerto Wilches; a su vez Puerto Berrío se comunica con Medellín y el centro del país.

Puerto Berrío tiene una pista para aviones pequeños en regular estado. El aeropuerto de Barrancabermeja, con capacidad para aviones medianos, ofrece buenas condiciones.

El sistema fluvial (Magdalena, afluentes y sistemas caños-ciénagas) es utilizado para el transporte de carga y pasajeros en un porcentaje cada vez más reducido, por su alto costo.

### Recursos económicos

En la región existen fundamentalmente dos tipos de economía: una familiar de subsistencia con baja producción y sin capacidad de inversión y una economía pecuaria latifundista con considerable desarrollo tecnológico, que expulsa a los campesinos de la tierra convirtiéndolos en jornaleros.

La economía de subsistencia, típica de las comunidades campesinas de las riveras e islas del río, está basada en la producción agropecuaria a escala muy reducida y en la extracción pesquera artesanal. Se caracteriza por el uso intensivo de mano de obra familiar y tecnologías tradicionales, escasa organización comercial y baja generación de exedentes. La población que vive bajo este tipo de economía posee muy pocos recursos, sus actividades económicas difícilmente les permite subsistir, por ello deben recurrir a trabajos extras como el jornaleo en las haciendas, con salarios por debajo del mínimo legal, o contratos temporales esporádicos en empresas de servicios de la actividad petrolera.

### Actividades económicas

**Ganadería.** La producción ganadera está constituida de forma predominante por ganado vacuno; es la principal actividad económica, sobre todo en el área de influencia de Puerto Berrío.

El sistema pecuario es de tipo extensivo, con grandes predios que se dedican a la producción de carne, generalmente con bajos rendimientos. Atendiendo a la disponibilidad de agua y pastos, los ganados se llevan

de las partes altas (piedemonte y terrazas) a las partes bajas en época seca. El paisaje cultural de las zonas ganaderas es producto de la transformación, por deforestación de la selva basal natural. La eliminación de la cobertura boscosa aumenta la propensión a la erosión y causa pérdida de la fertilidad.

La producción ganadera en el área de Puerto Berrío sobrepasa las 200.000 cabezas al año y la densidad se cuenta entre 1.1 y 1.2 cabezas por hectárea (IGAC, 1.990).

**Agricultura.** En las islas, orillares y diques del sector de estudio predomina una agricultura de tipo "intermitente" dependiente del pulso hídrico. Los cultivos se limitan a las épocas de estiaje del río, pues durante las crecientes las mayorías de estas tierras son inundadas. Durante este proceso el río puede elevar el nivel del suelo depositando nuevo sedimento, así mismo los nutrientes necesarios para mantener la productividad o puede arrasarse completamente la tierra o sólo la capa superficial del suelo, impidiendo así su posterior utilización en agricultura.

El sistema de cultivo comprende la tala, roza y quema de vegetación natural en estados sucesionales avanzados; condición que asegura unas características edáficas aceptables (tierra negra).

Generalmente la producción en tierras nuevas se inicia con cultivos transitorios como maíz y yuca; posteriormente, en las tierras menos afectadas por las inundaciones, se siembra plátano o cacao, cultivos perennes. Estos cultivos principales se combinan con frutales (cítricos, guanábanas, etc.).

Las labores son realizadas por el grupo familiar, con eventual ayuda de otros campesinos bajo el sistema de intercambio de trabajo. Se combinan las actividades de producción agrícola con la extracción pesquera y la cría de cerdos y aves. Los cultivos son de tipo "pancoger", sin ningún manejo técnico, sobre parcelas pequeñas y con producción más o menos diversificada, determinada por las necesidades y gusto del agricultor.

Este tipo de agricultura imprime al paisaje un aspecto caracterizado por la permanencia de gran parte del área cubierta con vegetación natural en diferentes estados sucesionales.

La agricultura mecanizada está fuera del alcance de la mayoría de los campesinos por las altas inversiones de capital requeridas. En el sector este tipo de agricultura sólo se presenta en una pequeña área (ca. 1400 Ha) sobre un dique de la margen derecha del río al norte de Chucurí. La plantación cuenta con un sistema de riego y se cultivan arroz y sorgo. Este tipo de agricultura produce cambios en la estructura y fertilidad del suelo y en el sistema de drenaje. Además genera elementos tóxicos que pasan al agua y al aire.

**Extracción pesquera.** La explotación pesquera en la región es artesanal de subsistencia y se lleva a cabo en las ciénagas, en el río y sus afluentes. Se caracteriza por ser estacional, con gran intensidad en la época de subienda y menor en el resto del año.

En la actualidad el recurso pesquero muestra una notable disminución (tabla 8.) asociada a diversos factores tales como:

- el mal manejo de la cuenca
- la desecación de las ciénagas
- la contaminación acuática
- y la sobreexplotación del recurso.

**Tabla 8. Producción pesquera en Barrancabermeja (toneladas)**

Año	Producción
1979	8.659
1980	5.828
1981	4.427
1982	2.568
1983	2.503
1984	2.112
1985	3.225
1986	2.280
1987	2.249
1988	2.485
1989	1.627
1990	1.421

La pesca se dirige fundamentalmente al bocachico, el cual se captura básicamente con la atarraya, y al bagre cuya captura se realiza con la chinchorra. Otras especies capturadas son: blanquillo, capaz, comelón, doncella, dorada, vizcaina y otras menos comercializadas pero de consumo local.

Las artes de pesca más frecuentemente empleadas en la zona son la chinchorra menuda, la chinchorra ojona y la atarraya.

Las labores de pesca se realizan en horario nocturno y diurno; durante la jornada diurna el rendimiento es de 4,1 kg/h y durante la jornada nocturna alcanza los 4,8 kg/h (Beltrán, 1988). Aunque el rendimiento nocturno es mayor, la labor en este horario se halla restringida por los problemas de orden público.

También se realizan jornadas de pesca de varios días, efectuando lances tanto de día como de noche. Du-

rante dichas jornadas los pescadores se establecen en rancherías, desplazándose a distancias considerables de su lugar de habitación.

La evaluación de la producción pesquera registrada por Beltrán (1988) para parte de 1986 y para los años de 1987 y 1988 permite observar que en el sector de Puerto Berrío, el bocachico es, en alto porcentaje, la especie de mayor movilización, especialmente desde que se inició la veda del bagre en 1987. Este último presenta descenso en su captura por efectos de la veda. En consecuencia, se ejerce una mayor presión de pesca sobre el bocachico en los meses de veda, con efectos hasta ahora desconocidos sobre la producción de esta especie. Beltrán (1988) registró un descenso del bocachico a tallas ligeramente inferiores a las permitidas.

En Puerto Berrío y Barrancabermeja funcionan varios centros de acopio en los que se concentra la producción pesquera de las zonas aledañas y se distribuye a otras regiones del país, transportada en camiones. El pescado de Puerto Berrío se vende en Medellín y el que procede de Barrancabermeja en Bogotá y Cali, principalmente.

En el sector de Puerto Berrío-Barrancabermeja más de 3.000 personas se dedican las labores de la pesca. La estacionalidad y la disminución del recurso han obligado a muchos pescadores a cambiar de actividad o a combinarla con otras, principalmente con la agricultura. Aún así, los pescadores solo alcanzan niveles económicos de subsistencia y bajas condiciones de vida.

*Explotación maderera.* En la actualidad la producción de madera en

distintas piezas comerciales ha llegado a su más bajo nivel, porque las maderas tanto valiosas como ordinarias al alcance del aserrador se han agotado y las que quedan en pie son inaccesibles o su costo de producción y transporte no compensa su valor comercial en los sitios de consumo.

Las principales especies forestales del Magdalena Medio se muestran en la tabla 9.

La explotación maderera es realizada por los colonos, de modo artesanal. La producción comercializada en Puerto Berrío solo alcanza los 200 metros cúbicos mensuales, aserrada en distintas piezas comerciales (durmiente, cerco, planchón, tabla burra y bloque). Estas maderas proceden de Cimitarra, Puerto Parra y Campo Capote.

El mercado de maderas en Barrancabermeja es más activo, durante el primer trimestre de 1993 llegaron al puerto 4725 metros cúbicos, procedentes de Yondó, San Vicente, Opón, San Pablo y La Colorada.

*Explotación petrolera.* La explotación petrolera y la industria de ella derivada son la actividad económica característica de la zona de influencia de Barrancabermeja.

El principal campo de explotación es El Centro, allí la producción alcanza los 44.300 barriles diarios y se estima en reservas de 200 millones de barriles (DANE, 1988b). La refinería de Barrancabermeja tiene una capacidad de 50.000 barriles diarios.

La explotación e industria petrolera producen deforestación de los campos y contaminación del aire, agua y suelos.

*Explotaciones aluviales.* En el sitio La Ballena se lleva a cabo la extracción del oro mezclado con los depósitos aluviales antiguos de terrazas. Se trata de una pequeña explotación semimecanizada, que incluye el uso de una motobomba (monitor) para conducir el agua del río a presión hasta la cima de la terraza; donde el material sedimentario se disgrega y luego se conduce hasta la tabla de decantación. El proceso continúa con el mazamorreo del material decantado para separar el oro.

El procedimiento es altamente destructivo pues implica la remoción de estratos antiguos ya consolidados y la pérdida de los suelos sobre ellos

**Tabla 9. Principales especies forestales**

Nombre	Especie	Familia
Albarco	<i>Cariania pyriformis</i>	Lecythidaceae
Aceituno	<i>Vitex cymosa</i>	Verbenaceae
Cedro	<i>Cedrela sp.</i>	Meliaceae
Anime	<i>Dacryodes canalis</i>	Burseraceae
Pantano	<i>Hieronyma sp.</i>	Euphorbiaceae
Caracolí	<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae
Cococristal	<i>Lecythis sp.</i>	Lecythidaceae
Sapán	<i>Clathropsis brachypetala</i>	Papilionaceae
Guayacán	<i>Tabebuia guayacan</i>	Bignoniaceae
Amarillo	<i>Nectandra sp.</i>	Lauraceae
Soto	<i>Virola sp.</i>	Myristicaceae
Canelo	<i>Ocotea sp.</i>	Lauraceae
Arenillo	<i>Aniba sp.</i>	Lauraceae
Carañó	<i>Protium sp.</i>	Burseraceae
Rayo	<i>Abarena jupumba</i>	Mimosaceae

desarrollados. Además los sedimentos disgregados pasan a la corriente del río, contaminándolo y aumentando la turbidez y los procesos de sedimentación. Por otro lado el mercurio empleado para el aislamiento del oro produce contaminación del agua y del aire

La explotación es realizada por cinco familias, que laboran a destajo con el propietario de los terrenos, a quien corresponde el 25% de la producción. Esta alcanza en total a los 70-90 castellanos/mes, que en el mercado de intermediarios en Puerto Berrío se paga a razón de \$25.000 el castellano. A lo largo del caño Vuelta de Acuña existen varias explotaciones pequeñas de oro aluvial que se comercializa en Puerto Berrío. La producción global anual de la región se calcula entre cinco y diez mil onzas troy (IGAC, 1990).

En la zona de Barrancabermeja se la explota material de arrastre del cauce del río Magdalena, arena, grava para construcción. La producción se reduce a recoger, de manera manual, el material superficial suelto del cauce del río cargándolo en canoas grandes y posteriormente en volquetas. Esta actividad es desarrollada por cerca de 400 hombres, que trabajan por parejas, cada una en una canoa de 3 o 4 metros cúbicos de capacidad. Diariamente, una pareja extrae 3 o 4 viajes de arena, que en el puerto se pagan entre 7 y 9 mil pesos cada uno.

### Mercadeo

El mercadeo de productos agrícolas y pecuarios campesinos presenta en la región una problemática que se caracteriza por dificultades en el transporte de productos, costos altos del mismo por cualquier vía que se utilice, falta de asistencia técnica estatal, infraestructura deficiente en áreas de comercialización, problemática social e inseguridad. Cuando el campesino logra superar éstos obstáculos, entrega sus productos a los intermediarios de los puertos cercanos.

El Instituto de Mercadeo Agropecuario (IDEMA) tiene presencia en

la región con puestos de compras y bodegas de almacenamiento. Interviene en las compras de arroz paddy (en cáscara), de maíz blanco y amarillo entre los principales cultivos de la zona, por medio de las resoluciones que expide sobre normas y precios de sustentación con pautas de castigo o premio sobre los porcentajes de humedad, de impurezas, de daño de grano entre otros.

### Distribución de la propiedad

Se da un alto índice de propiedad combinado con tenencia en colono, y bajos índices de aparcería y arriendo que expresan la dinámica colonizadora en la región, Tabla 10.

Existe una estrecha relación entre la localización del predio y su tamaño; por lo general los predios grandes y medianos se sitúan en las terrazas, alejados de las inundaciones mientras que los de menor tamaño se encuentran en los diques, islas y orillas, sometidos a inundaciones periódicas.

En los orillares e islas del río, los habitantes toman posesión de las tierras, en su gran mayoría sin títulos de propiedad. La posesión está determinada por los cultivos y las viviendas.

### Colonización

La colonización del Magdalena medio se inició con la construcción del ferrocarril y aún en la actualidad el colonato es una forma predominante de tenencia de la tierra. Los colonos son campesinos refugiados de la violencia, que se ven obligados a ampliar la frontera agrícola sobre suelos que sólo les suministra para vivir en condiciones precarias.

El proceso de colonización se realiza mediante la tala, roza y quema de bosques. Durante los siguientes uno a tres años, tiempo en el que las tie-

rras ofrecen alguna productividad, se siembran cultivos de pancoger. La parcela luego es vendida e incorporada a grandes latifundios dedicados a la ganadería extensiva. Los suelos recién colonizados ofrecen un bajo redimiento máximo inicial, debido a los nutrientes residuos de la quema de la masa vegetal. Luego el rendimiento muestra un decrecimiento rápido, acelerado por la alta precipitación que lava los suelos, obligando al colono a clarear zonas adyacentes.

La colonización de las islas y orillas del río presenta características diferentes, pues durante cada inundación provocada por la crecientes del río, se depositan nutrientes que pueden mantener la productividad de los suelos.

En general, la colonización en el Magdalena medio ha significado la deforestación de suelos pobres aptos únicamente para bosques, convirtiéndolos en pastizales y rastrojos muy poco productivos (Pombo, 1990).

### Relación con el río

Los pobladores de las orillas e islas del río Magdalena disfrutaban del recurso del río y al mismo tiempo enfrentan las consecuencias de este ser dinámico e impredecible que erosiona las orillas, inunda los cultivos y las calles de los poblados.

Los ribereños utilizan el río para comunicarse con los poblados aledaños, para transportar productos que compran o venden, para sacar pes-

cado y otras especies acuáticas. Usan el agua para consumo doméstico y para botar la basura.

Para contener la fuerza destructora del río los habitantes recurren a diferentes medios como murallas o diques. Arman barreras o estructuras de concreto o simplemente construyen una barrera natural con troncos. Estas protecciones no siempre son eficaces y por lo general protegen sólo una parte de lo necesario.

### Situación de conflicto.

Los municipios de Yondó, Puerto Berrio, Puerto Parra, Cimitarra y Barrancabermeja forman parte de la región denominada Magdalena medio, envuelta en conflictos y violencia. Desde los tiempos de la conquista hasta mediados de éste siglo, la vida del Magdalena Medio se identifica con el destino del río Magdalena que unía entre sí y con el mar a numerosos centros urbanos del interior del país. A mediados de éste siglo "se produce una transformación en el modelo económico del Magdalena Medio, el cual genera una alta tasa de desempleo e incrementa la ya dura lucha por la subsistencia, cuando una situación inicial de conflicto latente y generalizado que no cesará de incrementarse en los años siguientes (Quiñones, 1990).

### Actores en conflicto.

Desde comienzos de los años 80 la región del Magdalena medio vive una complejización de los procesos de violencia; pasa de la bipolaridad de los enfrentamientos entre los diversos actores de la población y el Estado, a una multipolaridad de los mismos. La población civil se ve cruzada por diferentes protagonistas de violencia: guerrillas ( FARC y ELN), paramilitares y ejército.

Tabla 10. Distribución de la propiedad en %

Municipio	propiedad	arriendo	aparcería	colonato
Puerto Berrío	74	1	5	20
Puerto Parra	88	0	3	9
Cimitarra	70	0	0	30
Barrancabermeja	79,8	3,6	2,5	13,9

Los enfrentamientos se dan entre "a) Fuerzas armadas-guerrilla en el plano institucional; b) grupos paramilitares, cercanos a los traficantes de narcóticos y algunas instituciones del Estado; c) grupos de autodefensa y paramilitares contra la población civil percibida como base de apoyo a la guerrilla; d) grupos guerrilleros contra la población civil vista como colaboradora del enemigo" (Vargas, 1992.).

El costo social para la población civil es muy alto al verse situada en el centro del conflicto "De los 330 asesinatos políticos que se presentan de mayo a agosto de 1992, 31 tuvieron lugar en Barrancabermeja. En ésta ciudad donde confluyen organismos de seguridad del Estado, grupos paramilitares, escuadrones de la muerte y grupos paramilitares, escuadrones de la muerte y grupos insurgentes la situación de derechos humanos es particularmente delicada" (Bastidas, 1992).

La región entre Puerto Berrío-Barranca es de alta conflictualidad y desplazamientos forzados de sus pobladores. El Magdalena Medio es una de las regiones que genera ma-

yor número de desplazados en Colombia (Pérez, 1993 ).

### Cotidianidad y cultura

#### *Restos arqueológicos*

A lo largo del río Magdalena se han encontrado vestigios de asentamientos humanos de diferentes épocas y culturas. En los montículos, lomas y terrazas de las inmediaciones del Magdalena Medio se evidencian los restos arqueológicos sin defensa y conservación como patrimonios culturales.

"En el área del Magdalena Medio se han encontrado asentamientos que corresponden a grupos paleoindios del formativo, a los creadores del Horizonte de Urnas Funerarias y a la época del contacto, siglo XVI, pero estos no forman una secuencia continua ni unilineal". (López, 1991)

#### *Cultura actual*

Los pobladores de la zona de influencia del proyecto, especialmente los de las islas y veredas, parecen abandonados a su suerte, prácticamente marginados de los procesos sociales y políticos del país y desar-

ticulados de la economía nacional.

Proviene de los departamentos de la región, principalmente de la denominada costa sabanera, reproducen en escala las contradicciones sociales y políticas de las zonas origen de la migración. Se encuentran en pequeños grupos poblacionales, con manifestaciones culturales e historias diferentes que van a conjugarse en una nueva cultura sincrética no siempre sin conflicto.

Gente sin tierra ni empleo lanzada desesperadamente a abrir fronteras agrícolas a costa del equilibrio ecológico, toma posesión de tierras baldías o compra mejoras ya hechas y se dedica a la siembra y a la pesca en pequeña escala.

Estos nuevos pobladores tienen que luchar contra las adversidades, las inundaciones y erosiones del río, la difícil situación económica, las plagas y el clima tropical.

El colono ribereño va conformando una débil organización social regulada por ciertas normas o convenciones no escritas que les permite convivir y tomar posesión de terrenos donde ellos mismos marcan los límites sin

que los legitime como propietarios ante la ley pero sí ante ellos mismos.

Su situación precaria económica y socialmente se desenvuelve en un espacio de reducidas condiciones de infraestructura. Aunque provienen de otros sitios van conformando la cultura del habitante ribereño aún no estudiada pero que contiene características comunes. El hecho de compartir las mismas dificultades a lo largo y ancho del río conformando una actitud pragmática y una cierta disposición a recibir de la vida lo mejor que pueda brindarles.

Este gesto utilitario los lleva a hacer alianzas por corto tiempo con uno u otro bando enfrentado o simplemente son utilizados sin que tengan nada que ver con el conflicto.

Su mundo simbólico religioso expresa de diferentes maneras la influencia y diversidad de los ritos católicos, evangélicos y mágicos.



*Demanda ambiental* se define (Integral, 1992) como el conjunto de acciones, actividades, procesos y demás requerimientos de un proyecto, factibles de alterar en forma negativa la organización estructural y el funcionamiento de los elementos ambientales (naturales o culturales).

Para la determinación de la demanda ambiental asociada al proyecto de mejoramiento de la navegabilidad del tramo Puerto Berrío-Barrancabermeja se utiliza el procedimiento esquematizado en la figura 11. Las etapas sombreadas corresponden a la

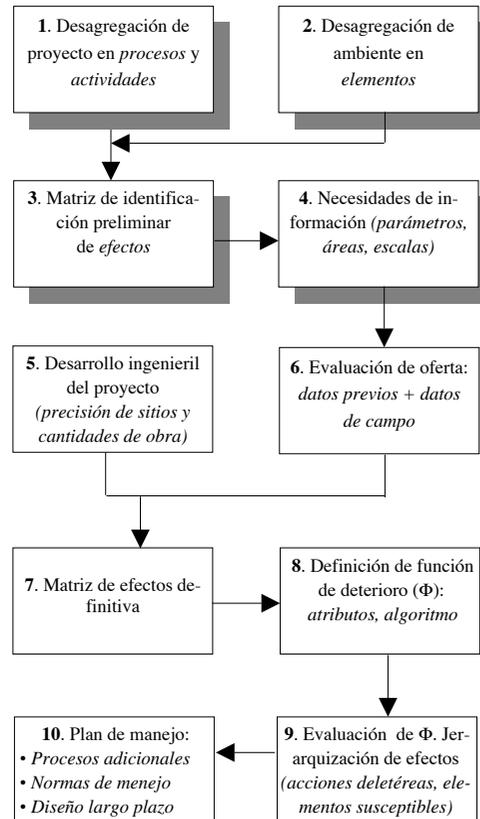


Figura 11. Procedimiento de evaluación ambiental

Tabla 11. Actividades y procesos del proyecto

Actividades	Procesos	Descripción
Actividades previas	Ingeniería para definición de sitios de obra	Topografía, batimetría para definición de sitios y cantidades de dragado, sitios de vertimiento y de cierre de brazos secundarios
Instalación	Movilización y alistamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte de equipos, materiales y personal</li> <li>• Contratación de personal adicional</li> <li>• Ajuste de motores.</li> <li>• Preparación de draga, tuberías y equipos; adecuación de componentes en tierra o flotantes; reparaciones soldaduras, empalmes; instalación depósitos/surtidores de combustible.</li> </ul>
	Localización y referenciación	Adecuación de terrenos para topografía y batimetría para localización, control, ubicación y medida
	Señalización y balizaje	Colocación de señales terrestres y flotantes de tipo informativo, preventivo y normativo.
Dragado	Colocación de tuberías	Posicionamiento de tuberías flotantes y terrestres desde el sitio de dragado hasta el sitio de vertido.
	Succión	Remoción o resuspensión del material del fondo y bombeo hasta el sitio de vertido.
	Adecuación del sitio de vertido en tierra	Construcción de diques, movimiento de tierras, vertederos, drenajes, control de erosión, confinamiento de materiales especiales.
	Descarga	Acción de vertido de mezcla de agua/sedimento en agua o tierra.
Cierre de brazos	Armada de retardadores	Acopio, armada y transporte al sitio de materiales y recursos para cierre de brazos
	Colocación retardadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puesta en sitio y amarre de retardadores</li> <li>• Construcción de bolsacretos o macizos de anclaje</li> </ul>
	Llenado activo	Disposición de material dragado en un brazo para acelerar cierre y llenado. Escala de horas o días.
	Llenado pasivo	Cierre y llenado lentos de un brazo secundario por acción natural del río. Escala de meses o años.
Terminación	Desmovilización	Desmonte de tuberías y preparación del transporte final de equipos, materiales y personal; retiro general.

fase de DEA, realizada en este estudio, las demás se deben llevar a cabo en el estudio de impacto ambiental (EIA), cuyas características se definen en el capítulo siguiente.

1. En primer lugar, se desagregó el proyecto en actividades y procesos para definir aquellos potencialmente causantes de deterioro ambiental. En total se consideraron 13 actividades descritas en la tabla 11.

2. Luego se efectuó la desagregación de los sistemas ambientales (abiótico, biótico y antrópico) en componentes y elementos susceptibles de ser alterados por las acciones del proyecto.

Para esta desagregación se tomó como base la desarrollada por Integral (op. cit.), Se adicionaron los elementos propios del componente fluvial del proyecto y de la utilización de los recursos asociados. Se

consideraron 26 elementos. La tabla 12. presenta la lista de elementos y define su susceptibilidad.

3. La identificación de efectos se desarrolló en forma matricial, se relacionaron cada una de las actividades o procesos del proyecto con cada uno de los elementos del ambiente (ver tabla 13.). Se identificaron un total de 106 interacciones de 338 posibles.

Se tomó como modelo la matriz preparada para el proyecto de mejoramiento de la navegabilidad del Magdalena en el tramo Barrancabermeja–La Gloria (Carinsa–Incoplán, 1993) en atención a la similitud de las obras a ejecutar y a las afinidades ecológicas de los dos tramos de río:

- Se presenta un gradiente de disminución de la pluviosidad y de aumento de la estacionalidad desde Puerto Berrío a La Gloria. Pero los regímenes de temperatura, ETP, brillo solar, pluviosidad, etc. son bimodales a lo largo del tramo.

- La dinámica fluvial es semejante, en cuanto a régimen de caudales y carga de sedimentos.

- Entre Puerto Berrío y La Gloria alternan tramos de furcación, con islas y brazos secundarios, con sectores rectos, entallados.

- Los hábitats terrestres y semiterrestres asociados a las actividades del proyecto son azonales y se encuentran en el mismo estado de deterioro, por cuanto el aprovechamiento antrópico de islas, orillares, brazos, caños, etc. es semejante a lo largo del río.

**Tabla 12. Elementos ambientales y descripción de efectos potenciales**

Sistema	Componente	Elemento	Descripción de efecto
Abiótico	Atmósfera	Aire	Incremento de concentraciones SO <sub>x</sub> , CO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , partículas/olores por operación de maquinaria/equipos
		Ruido	Molestias o reducción de capacidad auditiva de población, perturbación sonora sobre fauna silvestre
	Agua	Inertes	Aumento de concentración de sólidos suspendidos por agitación de lodos durante succión/descarga
		Biodegradables	Incremento de concentraciones de materiales biodegradables por agitación de sedimentos durante dragado y por desecho de aguas residuales y basuras
		Tóxicos	Aumento en las concentraciones de sustancias tóxicas (combustibles y lubricantes) durante aprovisionamiento. Translocación de contaminantes de los sedimentos dragados.
	Suelo	Dinámica fluvial	Modificación en comportamiento hidráulico del cauce y en repartición de caudal y carga, patrones de sedimentación, alineamientos, profundidades, anchuras de cauce, localización de islas y brazos
		Contaminación	Alteración de características físicoquímicas/bacteriológicas/estructura/fauna de suelos por disposición de material dragado en playones
Biótico	Acuático/terrestre	Erosión	Incremento en procesos de pérdida de suelo en islas y orillas debido a corrientes inducidas por succión
		Organismos	Pérdida de individuos/cambios en atributos de poblaciones/comunidades: diversidad/ densidad/frecuencia/productividad/demografía... rango
		Hábitats	Intervención de entornos de poblaciones/comunidades acuáticas/terrestres
Antrópico	Recursos	Procesos	Interferencia con procesos de reproducción, alimentación, migración, etc.
		Vegetación	Limitación o pérdida de: acceso u oferta de vegetación y recursos asociados a y disminución de rendimientos económicos
		Agua	Limitación o pérdida de: acceso u oferta, calidad, posibilidades de usos; o sobrecostos en utilización de recurso
		Suelo	Reducción o pérdida de acceso al recurso para cualquiera de sus aprovechamientos actuales agricultura, ganadería, etc.
		Pesca	Limitación, reducción o pérdida de acceso u oferta de recurso hidrobiológicos y disminución de rendimientos económicos
		Minerales	Reducción o pérdida de acceso al recurso (oro, materiales de construcción, etc.) para cualquiera de sus aprovechamientos actuales
	Infraestructura	Turismo/paisaje	Alteración de belleza escénica o reducción de uso potencial recreativo o turístico
		Vías	Modificación o restricción del río o como medio de comunicación y transporte. Restricción o pérdida de acceso a otros modos (carretero, férreo...)
		Equipamiento y servicios	Deterioro de muebles, embarcaderos, diques, murallas. Reducción o pérdida del acceso a servicios (electricidad, acueducto, alcantarillado, gas, teléfonos)
	Estructura	Edificaciones	Deterioro o desplazamiento de viviendas, iglesias, escuelas, espacios comunitarios, etc.
		Generación de ingresos	Modificación en estructura de ingresos y producción por aumento en oferta de trabajo temporal no tradicional. Encarecimiento de productos locales por aumento de poder adquisitivo y afluencia de personal
		Tenencia tierra	Alteración de patrón de posesión o tenencia en orillas e islas.
	Superestructura	Movilidad	Cambios en medios o rutas de movilización utilizados por personas para obtener sus recursos, desarrollar sus actividades productivas, comunicarse o recrearse
		Generación expectativas	Expectativas de: aumento en valor de terrenos y de cultivos y mejoras; de mejoramiento de nivel de vida por ingresos y mejoras en infraestructura de servicios; temores sobre efectos negativos del proyecto (erosión, desplazamientos, etc.)
		Cultura	Alteración de principios reguladores de relaciones hombre-medio natural/cultural.(vida, pensamiento, cosmovisión, valores, tabús, concepto de lo sagrado de lo prohibido, etc. )
Interrelación social		Deterioro de mecanismos de relación social y de comunicación, por desacuerdos en negociaciones sobre precios de cultivos, tierras, empleo, etc. Detonar una situación de conflicto por presencia de personas y entidades extrañas	



Tal como se mencionó en el capítulo *descripción del proyecto*, el aspecto fundamental de éste es el alto grado de incertidumbre asociado a la dinámica de los procesos fluviales. La ubicación del canal navegable en las zonas de furcación y el número y tamaño de las islas varía de año en año. Por esta razón, los sitios de dragado, de disposición de los materiales y de las estructuras de cierre de brazos secundarios tendrán que ser definidos dentro de un corto tiempo previo al momento mismo de la iniciación de las obras.

Más que un diseño estricto, el proyecto de UEF-BEX es una conceptualización acerca de cómo deben adelantarse los trabajos cuando llegue el momento de su realización. Por tanto el estudio de impacto no deberá considerarse como la calificación ambiental de una obra puntual de ingeniería que se desarrollará en un tiempo y un espacio determinados, sino como la formulación de un plan de manejo ambiental integral del programa de mejoramiento de las condiciones de navegabilidad en el río. Este programa posiblemente se extenderá en el tiempo, deberá refinar y optimizar las técnicas y los métodos a medida que se obtenga la experiencia real, además tendrá que ajustarse a la dinámica natural y social en el ámbito de la zona de influencia del proyecto.

En este contexto, la experiencia que se obtenga de la rehabilitación del tramo Barrancabermeja–La Gloria servirá para precisar la magnitud real de los efectos, en particular, los del cierre activo de brazos sobre los sistemas abiótico y biótico y los procedimientos de manejo más adecuados. Por otra parte, el manejo de las relaciones entre contratistas, interventores y Ministerio con las comunidades asentadas en islas y ori-

**Tabla 15. Requerimientos de información de oferta para eia**

Elemento	Parámetros de interés	Áreas de interés
Inertes	Comportamiento de estela de sedimentos en succión y descarga, para diferentes caudales	Extrapolar información de obras en tramo Barrancabermeja–La Gloria
Biodegradable	COD, COP y DBO en agua y sedimentos profundos, para diferentes caudales	Comparaciones aguas arriba y abajo de desembocaduras de ríos y caños
Tóxicos	Hg, Cu e hidrocarburos en agua y sedimentos profundos, para diferentes caudales	Zonas de extracción de oro, petróleo y de agricultura tecnificada
Dinámica fluvial	Inventario actualizado de islas (perímetro/ área en aguas altas y bajas) y brazos (caudales)	Todo el tramo
Contaminación	•Hg, Cu e hidrocarburos en suelos • Caracterización físico-química de suelos en islas de diferente edad y tamaño	Zonas de extracción de oro, petróleo y de agricultura tecnificada
Erosión	Status de orillares: abscisa, margen, resistencia a la erosión, pendiente, cobertura vegetal	Todo el tramo
Organismos	Determinación de diversidad y abundancia de: • Bentos y perifiton • Macrófitas y fauna asociada • Vegetación sucesional en islas y orillares	Muestreos estratificados, sitios de obras
Hábitats	• Extensión/estabilidad/status de hábitats: islas, orillas, remansos, lagunas de estiaje en cauce, etc. • Fauna de islas (sitios de anidación/alimentación)	
Procesos	• Colonización por organismos y sucesión	
Vegetación	• Inventario de recursos de vegetación en islas (leña, fibras, materiales de construcción, frutas, usos medicinales, etc.)	Muestreo estratificado, sitios de obras
Agua	Calidad bacteriológica de aguas de consumo de habitantes de islas y orillares	Muestreo estratificado, sitios de obras
Suelo	• Cuantificación de áreas colonizables (islas y orillares) • Status de utilización (superficie, cultivos, densidad, usuarios)	Todo el tramo
Pesqueros	Caracterización de sitios y esfuerzos de pesca	Todo el tramo, para diferentes niveles
Minerales	Inventario de sitios de minería de aluvión (localización, intensidad, n° personas, producción, consumo de Hg, etc.)	Todo el tramo
Vías		
Equipo y servicios	Inventarios detallados sólo después de definir sitios de obra	No se requiere para eia, debe hacerse antes de inicio de obras
Edificaciones		
Ingresos		
Tenencia tierra	Complementar diagnóstico general de las zonas de influencia en:	Puerto Berrío, Barrancabermeja, Puerto Olaya, Santa Cruz, Murillo, Barbacoas, Carare, Chucurí, San Luis e islas habitadas cerca a obras
Movilidad		
Cultura		

**recomendaciones  
para eia**

llares proveerá experiencias valiosas que deben reflejarse en una minimización de conflictos y optimización de beneficios hacia esas personas.

Para la realización del *eia* se recomienda la adopción del esquema planteado en la figura 12.

La evaluación precisa del balance oferta–demanda del proyecto no es posible con base en la información disponible. El objetivo de los estudios adicionales propuestos es recopilar la información mínima necesaria para establecer los patrones de funcionamiento de los fenómenos abióticos, bióticos y antrópicos que permita realizar ese balance. En la

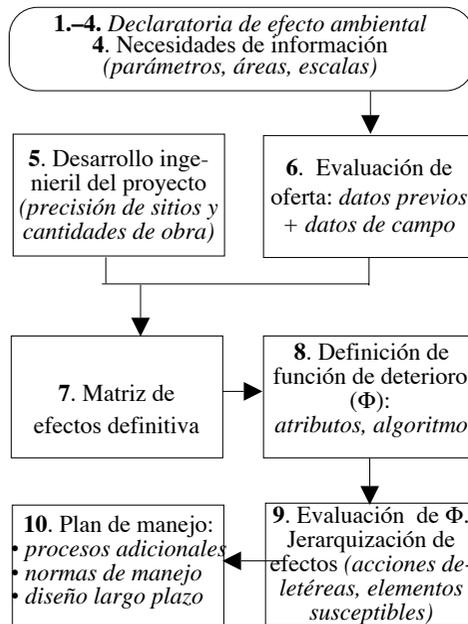


Figura 12. Procedimiento recomendado para *eia*

etapa 4. se determinaron aquellos aspectos de la oferta ambiental que requieren la producción de datos adicionales en campo (ver tabla 15.).

Se estableció para cada uno de los elementos ambientales de la matriz preliminar (etapa 3.), los parámetros que requieren complementación y las áreas donde esta información deberá ser acopiada. Para los sistemas abiótico y biótico, se plantean comparaciones espaciales (a lo largo del tramo) y temporales (bajo diferentes condiciones de caudal) que permitan mediante procesos estadísticos la extrapolación a áreas o épocas no muestreadas.

En el caso del sistema antrópico, este proceso de extrapolación sólo es posible para aquellos elementos que tienen una relación directa con el medio natural (p.ej., recursos agua, suelo, vegetación) más no para los que son producto de acciones netamente culturales (v.gr., vías, equipamiento, tenencia de la tierra, etc.), cuya variabilidad es independiente del contexto natural donde se presenta. En este caso la información complementaria sólo es de tipo general; datos más precisos únicamente serán útiles si se conocen con precisión los sitios de obra, por tanto su recopilación debe postponerse hasta entonces.

El proceso continúa con una reevaluación de la matriz de identificación (etapa 7.) que incorpore la definición del proyecto en cuanto a sitios y volúmenes de dragado, sitios de cierre de brazos y procesos de obra (etapa 5.), por una parte e in-

formación adicional sobre oferta ambiental del tramo por otra.. Esta última (etapa 6.) consiste en el desarrollo de los programas de estudios adicionales de la tabla P.

Para la elaboración de un balance oferta vs. demanda (etapa 9.), que conlleva la jerarquización de los efectos (acciones más deletéreas y elementos más sensibles) se recomienda la definición de una *función de deterioro* (etapa 8.) semejante a las utilizadas en los *eia* del tramo Barrancabermeja–La Gloria y Canal del Dique (Carinsa–Incoplán, 1993 a y b) que exprese el grado de alteración que imprimen las acciones del proyecto a la condición actual de cada elemento ambiental.

La función de deterioro de cada interacción debe incorporar por lo menos los siguientes atributos:

- *probabilidad* de ocurrencia de la interacción,
- *duración* del efecto de un proceso sobre un elemento ambiental,
- *velocidad* con que se desarrolla el efecto,
- grado de *reversibilidad* (natural) y *recuperabilidad* (artificial) del efecto,
- *magnitud* neta del cambio (valor demanda menos valor oferta),
- *extensión espacial* del efecto, y
- *carácter benéfico* de interacciones básicamente negativas.

Las recomendaciones de manejo del proyecto de rehabilitación deberán integrar los siguientes tipos de medidas:

1. *Procesos de obra adicionales* requeridos para minimizar conflictos ambientales. p.ej., proceso para decidir uso benéfico de material dragado; o procesos para negociación de predios con la comunidad.

2. *Normas de manejo.* Recomendaciones y guías de carácter preventivo para el manejo ambiental que rijan las actividades de contratistas e interventores. v.gr. normas sobre contratación de personal de la región; sobre disposición de desechos; sobre desmovilización y desmonte de campamentos...

3. *Diseños a largo plazo.* Acciones cuya implantación y duración se proyectan más allá del plazo de ejecución de las obras, pero que servirán para reforzar la posibilidad de permanencia del manejo ambiental en la zona de influencia. p.ej. diseños para estabilización de orillares en áreas críticas.

## Bibliografía

- Arias A., P.A. 1985. Las ciénagas de Colombia. INDERENA, Bogotá.
- Arias A., P.A. 1977. Evaluación limnológica de las planicies inundables de la cuenca norte del río Magdalena. INDERENA-FAO, Cartagena.
- Bastidas C., Ruth, 1992. Después de Tlaxcala. Cien Días (CINEP) 5(19): 30-31.
- Beltrán, G. I. 1988. Evaluación del esfuerzo pesquero y captura en el Magdalena Medio Antioqueño. INDERENA Antioquia. Medellín.
- Carinsa - Incoplan, 1993a. Obras de rehabilitación del río Magdalena, sector Barrancabermeja - La Gloria. Estudio de impacto ambiental. FONADE-MOPT, Bogotá.
- Carinsa - Incoplan, 1993b. Actividades de dragado del Canal del dique, estudio de impacto ambiental. FONADE-MOPT, Bogotá.
- C.I.C. Ltda, 1992. Estudio de factibilidad de centros de transferencia y/o consolidación de carga en el corredor Centro - Costa atlántica. Bogotá.
- Dahl, G., 1971. Los peces del norte de Colombia. INDERENA, Bogotá.
- DANE, 1988a. División político administrativa de Colombia. Bogotá.
- DANE, 1988b. Estadísticas de la industria petrolera en Colombia. Bogotá
- De las Salas, G., 1978. El ecosistema forestal Carare Opón. CONIF, Bogotá.
- Dewey J.F. y J.M.H. Bird, 1970. Plate tectonics and geosynclines. En: Tectonophysics, No. 10, Elsevier Publishing Co, Amsterdam.
- Dister, E. & L. C. García Lozano. 1984. Ökologische Aspekte Beim Ausbau des Río Magdalena/Kolumbien. Biogeographica 19: 42-56
- Espinal, S., 1977. Zonas de Vida o Formaciones Vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. IGAC, Bogotá.
- Esteves, F., 1988. Fundamentos de limnología. Interciencia - FINEP, Río de Janeiro.
- García B., J. y J. López D., 1970. Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15°N - 15°S). Agronomía tropical 20 (5): 335 - 345.
- García L. L. C. y E. Dister, 1990. La planicie de inundación del Medio - Bajo Magdalena: restauración y conservación de habitats. INTERCIENCIA 15(6): 346 - 410.
- Hernández, J. 1990. Ensayo preliminar sobre las biomas terrestres de Colombia. En: Nuevos parques nacionales. INDERENA, Bogotá.
- IGAC, 1980. Estudio general de suelos de los municipios de Barrancabermeja, Puerto Wilches, Sabana de Torres y San Vicente de Chucurí. (Departamento de Santander). Bogotá.
- IGAC, 1990. Antioquia. Características geográficas. Bogotá.
- Irving, E.M. 1971. La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia. Boletín Geológico 19(2), Bogotá.
- Kapestki, J. 1978. Población de peces y pesquerías de la cuenca del río Magdalena- Colombia. Reporte final. FI, DP/COL/71/552. 41h.
- Lopez C., C.E. 1991. Investigaciones arqueológicas en el Magdalena Medio. Cuenca del río Carare (Departamento de Santander). Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Banco de la República, Bogotá.
- Mejía G., M., 1982. Contribución al conocimiento de la climatología colombiana. Revista de geografía, Universidad Nacional No. 3: 9 -158.
- Mueller-Dombois, D. y H. Elleberg, 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and sons. New York.
- Oster, R., 1979. Las precipitaciones en Colombia. Colombia Geográfica 6 (2): 147 - 160. IGAC, Bogotá.
- Perez, D. 1992. Violencia política y alternativas de paz para el Magdalena Medio santandereano. Barrancabermeja.
- Perez P., A., 1986. Aspectos climáticos de la Sierra Nevada de Santa Marta. En: Estudios de ecosistemas tropandinos, Vol 2. Ed. por: T. v. der Hammen, A. Perez P. y P. Pinto E.. J. Cramer, Berlin.
- Pombo, D. (Dir.), 1990. Perfil ambiental de Colombia. INDERENA - COLCIENCIAS, Bogotá.
- Quiñones Herrán, Rosa, 1990. Magdalena medio en marcha por la paz. Fucpader Editorial, Puerto Boyacá.
- Robertson, Kim. 1985. Dinámica fluvial y evolución del río Magdalena en el tramo Barancabermeja - El Banco durante el Holoceno Superior, en Revista CIAF vol. 10(1) 87-97, Bogotá.
- Ruiz S., J.E., 1991. Los metales traza en el río Magdalena. En: Pasado y presente del Río Grande de la Magdalena. Fundación Río Grande de la Magdalena, Bogotá.
- Sioli, H., 1975. Tropical Rivers as Expresions of Their Terrestrial Environments. En: Topical Ecological Systems Trends in Terrestrial and Aquatic Research. Ed. por F.B. Golley y E. Medina. Springer - Verlag, Berlin.
- Vargas V., A., 1992. Magdalena Medio santandereano. Colonización y conflicto armado. CINEP, Bogotá.