

ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL SEDIMENTOLÓGICO DEL CANAL DEL DIQUE Y SUS EFECTOS SOBRE EL BALANCE ECOLÓGICO DE LA REGIÓN

Jaime Iván Ordóñez
I. C., M. Sc., Dr. Eng.
Profesor Asociado
jiordonezo@unal.edu.co

Carlos Eduardo Cubillos Peña
I. C., M. Sc.
Profesor Asociado
cecubillosp@unal.edu.co

Enif Medina Bello
I. C., M. Sc.
Estudiante de Maestría
emedina@ingeminas.gov.co

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ - LABORATORIO DE ENSAYOS HIDRÁULICOS
Carrera 30 No. 45 – 03 Edificio 408
Teléfono: 57 (1) 316 5570, 316 5000 extensiones: 13411 ó 13415
Correo electrónico: labeh_fibog@unal.edu.co

RESUMEN

La ecorregión del Canal del Dique, en Colombia, está ubicada en la parte occidental del delta del Río Magdalena en su desembocadura al mar Caribe. El área de la cuenca es de 4.400 km², y está delimitada al norte y al occidente por el Mar Caribe y al oriente por el Río Magdalena. Contiene cuerpos de agua de marismas y pantanos salobres con vegetación riparia, más de 213 km² de espejos de agua y ciénagas de importancia ecológica invaluable, y unos 870 km² de zonas bajas inundables de carácter deltaico. El Canal fue abierto por los españoles en 1650, para conectar el río Magdalena, desde el interior de Colombia, con la bahía de Cartagena sin pasar por la desembocadura del río en el mar Caribe. En el artículo se exponen las diferentes alternativas de obras de regulación que el gobierno nacional de Colombia ha propuesto para el control de los sedimentos aportados a la bahía de Cartagena, y los efectos que estas obras podrían traer, tanto para el balance sedimentológico de toda la región, como sobre la ecología del sistema cenagoso y también del sistema terrestre y fluvial. Se concluye que las obras propuestas son inadecuadas, y que no cumplen ni con los requerimientos que se espera lograr desde el punto de vista técnico, ni con las condiciones ambientales que deben mantener o mejorar, por lo cual se debería considerar otros tipos de obra, cuyas condiciones se discuten también.

ABSTRACT

The ecorregión of the Canal del Dique in northern Colombia is located in the western part of the delta of the Magdalena River, near its mouth in the Caribbean Sea. The area has some 4.400 km², bordering north and west with the Caribbean, and west with the Magdalena River. It is conformed by lowlands, mangrove swamps and salt marshes of riparian vegetation, more than 213 km² of water surfaces and wetlands of great ecological significance, and some 870 km² of deltaic wetlands. The channel was created by the Spaniards in 1650, to connect the interior part of Colombia, through the Magdalena River, with the bay of Cartagena without the perils of navigating the treacherous waters of the river mouth at Barranquilla, in the Caribbean Sea. The authors present the different alternatives of control works to reduce sedimentation at the bay of Cartagena, and analyze its effects on the sediment budget, and also on the ecology of the wetlands and the land and river systems. The conclusion is drawn that these works are not appropriate, and does not fulfill the technical and ecological requirements; therefore, is necessary to consider other type of works that are discussed within this article.

INTRODUCCIÓN

La ecorregión del Canal del Dique está ubicada en la parte occidental del delta del Río Magdalena en su desembocadura al mar Caribe. El área de la cuenca es de 4.400 km², y está delimitada como se muestra en la Figura 1. Contiene cuerpos de agua del tipo de marismas y pantanos salobres con vegetación riparia, más de 213 km² de espejos de agua y ciénagas de importancia ecológica invaluable, y unos 870 km² de zonas bajas inundables cuyos suelos se renuevan anualmente con los materiales sólidos de desborde del Canal, como sucedía en el valle del Nilo miles de años antes de la construcción de la presa de Asuan.

Esta zona deltáica ha sido abandonada por el Río Magdalena en el último periodo geológico, (10,000 años), pero aún conserva un carácter de zona baja inundable, una tendencia a la penetración de las aguas marinas hacia el interior, y frecuentes invasiones de agua fresca del río durante los periodos de inundación. El Canal fue abierto por los españoles en 1650, para conectar el interior de Colombia con la fortaleza de Cartagena de Indias sin pasar por la desembocadura del Río en el mar Caribe, y funcionó inicialmente conectándolo con la antigua bahía de Matuna, y ésta con la de Cartagena a través del Caño del Estero. Ya en la época moderna, en 1934, cuando las necesidades de navegación y la disponibilidad de equipos para el corte de materiales duros lo permitieron, se realizó el corte de Paricuica, cerca de la población de El Recreo, con lo cual las aguas del Canal llegaron directamente a la bahía por la población de Pasacaballos, Figura 1.

Obras de mejoramiento en el Canal

Desde 1650 hasta la fecha, se han realizado numerosas rectificaciones y dragados mayores de relimpia del Canal; en la época más reciente, desde 1934, se han realizado los cambios más importantes para mejorar la vía navegable. La última intervención, realizada en 1984-85 dejó un canal de 115 Km. de longitud, con ancho aproximado de 80 a 90 m, profundidades variables entre 3.0 y 10.0 m, y un caudal medio de 540 m³/s, mayor al que se daba anteriormente, del orden de 350 m³/s. Los proyectos de mejoramiento que se han realizado no contaron nunca con suficiente análisis hidráulico, debido a la carencia de información hidrológica, hidrométrica y sedimentológica, y del efecto de los cambios hidrológicos e hidrosedimentológicos producidos sucesivamente, cuyas consecuencias sobre los ecosistemas de los cuerpos de agua asociados nunca fueron investigadas.

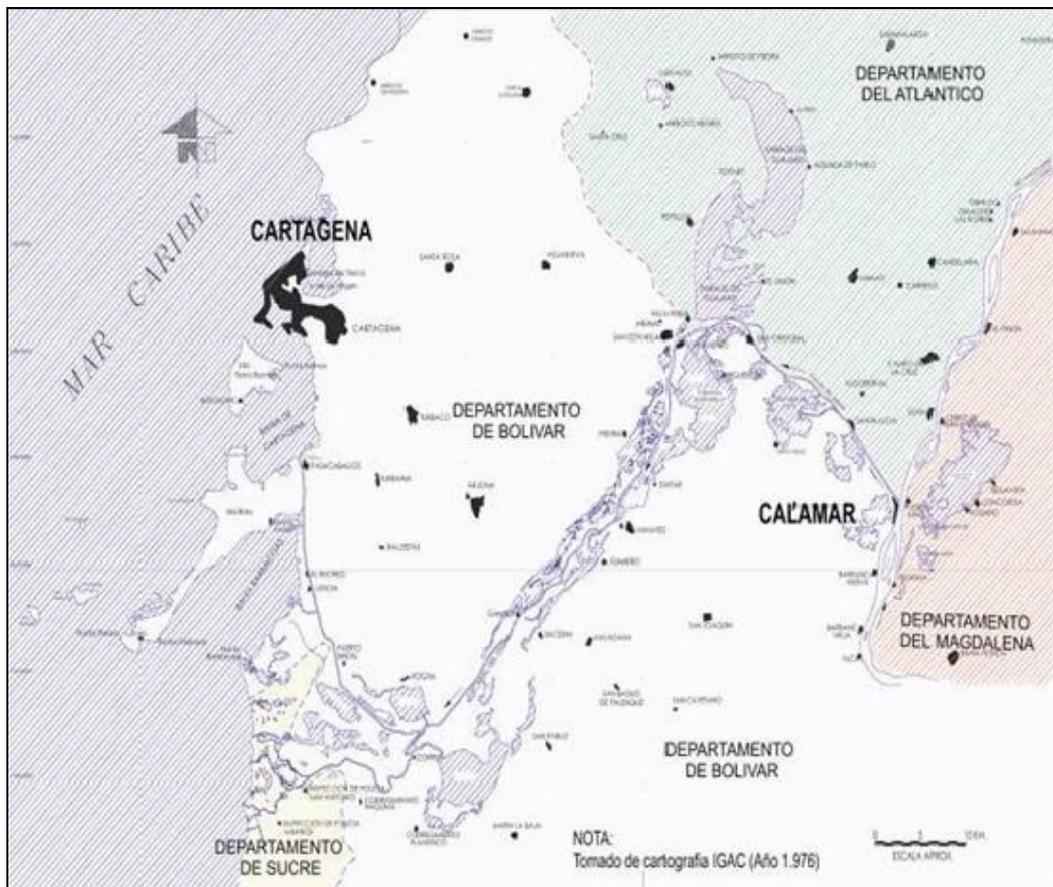


Figura 1. Localización de la ecorregión del Canal del Dique en Colombia.

A pesar de lo anterior, existen claras evidencias de efectos favorables sobre la navegación, y el mejoramiento de las condiciones ambientales, que se manifiestan por la creciente ocupación humana, debido sobre todo al progresivo desalajo del agua salobre de la zona, que ha convertido la región en un ambiente de agua dulce, más apropiado a la colonización humana que la anterior condición de ambiente marino y salobre.

Hoy en día existen en la región más de 17 municipios habitados por una población cercana a 400.000 habitantes, los cuales derivan su sustento de la agricultura, la ganadería y la pesca, y que nutren sus sistemas de acueducto con agua del Canal y del sistema cenagoso asociado. La propia ciudad de Cartagena, con 1.1 millones de habitantes, utiliza para su abastecimiento el agua de la ciénaga de Juan Gómez, en un sector que era salino hace menos de 100 años.

La recuperación de las zonas costeras es hoy en día tan importante, que la frontera salina no sobrepasa el K100, (a 5 Km. de la desembocadura del Canal), con lo cual sólo un 10% del área posee un ambiente salino, mientras que en el año de 1650, presumiblemente, sería más del 70% del área. Aún hoy, amplios sectores de la zona poseen niveles freáticos salobres, y por lo menos la ciénaga del Guájaro, convertida en embalse, cerca del K10, es decir cerca del río Magdalena, posee altas concentraciones de sal, por la inundación de suelos salinos.

La sedimentación en las Bahías de Cartagena y Barbacoas

En asocio con estos cambios favorables, la descarga de sedimentos del Canal del Dique ha ido aumentando como consecuencia del aporte directo de las aguas del Río Magdalena al sistema, y el aumento de los caudales hacia la Bahía con los sucesivos proyectos de mejoramiento de la navegación. Este efecto fue identificado por primera vez en 1973 por la Misión Técnica Colombo – Holandesa (MITCH), como un problema potencial para las bahías de Cartagena y Barbacoas, (MITCH, 1973). Cabe advertir que el efecto sobre la bahía de Cartagena se ha ido agravando con el paso del tiempo debido al aumento paulatino del caudal en el Canal, y a la inadecuada disposición de los sedimentos dragados desde la rectificación de 1984-85.

Con todo, el Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de la Universidad nacional de Colombia, LEH-UN dentro el presente estudio, (LEH-UNC. 2007), ha encontrado que el problema sedimentológico es todavía controlable, desvirtuando escenarios catastróficos como los que algunos continúan vaticinado para la bahía de Cartagena con base en impresiones personales y en estudios superficiales e incompletos.

Balance hídrico y sedimentológico del Canal del Dique

Las figuras 2 y 3 muestran el resultado de los cálculos realizados para determinar el balance sedimentológico actual del Canal. Se ha utilizado la información hidrométrica y sedimentológica de las cuatro estaciones disponibles en el Canal, en las abscisas K07, K57, K80, y K82, (desde el inicio del Canal en Calamar) y los resultados de la modelación hidrodinámica del sistema, reportados en otras publicaciones, (CEI Ltda., 1976), (UNINORTE, 2001) y (ESTUDIOS Y ASESORÍAS. 2000). El volumen total de agua que entra al Canal es de 45 Mm³, de los cuales sólo el 24% llega a la bahía de Cartagena, 26% a la bahía de Barbacoas, 14% al mar por el caño Correa y el remanente 36% es aprovechado dentro del sistema cenagoso por la población, los distritos de riego y los ecosistemas.

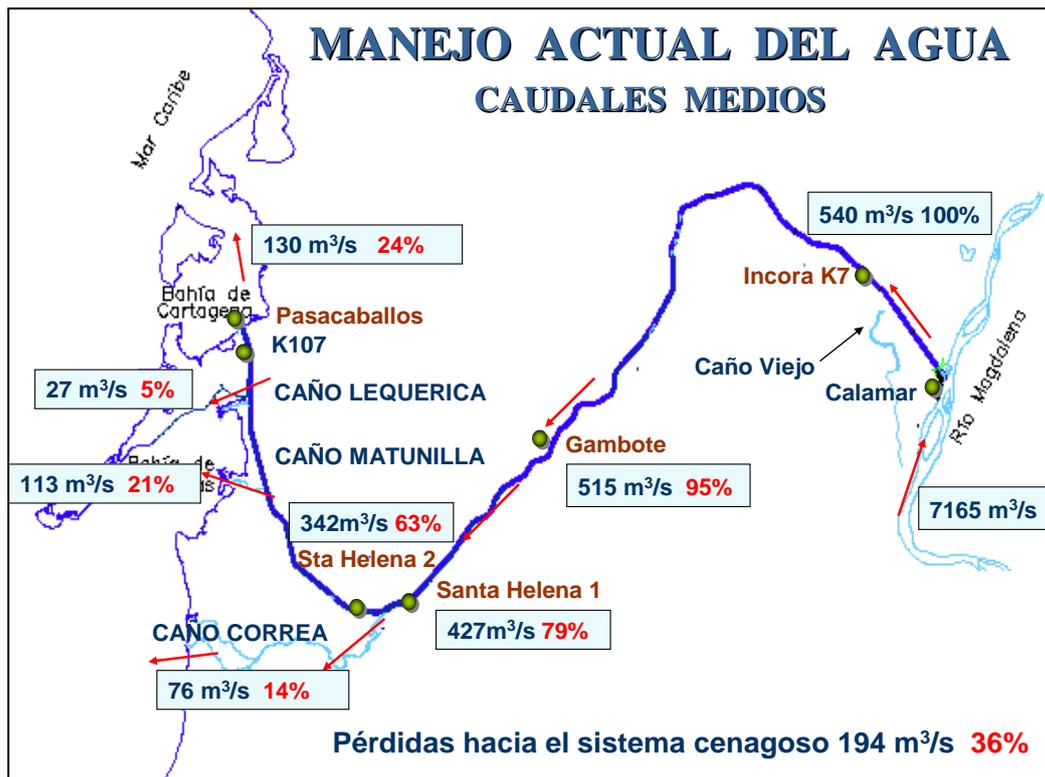


Figura 2. -Manejo actual del agua en la zona del Canal del Dique.-

El volumen de sedimentos que entra al Canal se ha estimado en 13.1 Mton/año, con base en las curvas de extracción de sedimentos obtenidas en el estudio (ORDÓÑEZ, J.I., 1994), modificando la curva original de Ordóñez, (ORDÓÑEZ J.I. 1974). El sedimento fino en suspensión entra en la misma proporción de derivación del agua, que es en promedio del 7.54%, en tanto que los materiales más gruesos se derivan en una proporción cercana al doble, (15%), de acuerdo con las curvas mencionadas, y con la experiencia en la modelación física de la entrada del Canal, (LEH-UNC., 2007).

El balance sedimentológico del Canal indica que sólo 1.5 MTON/año de materiales consistentes en limos y arenas muy finas llegan anualmente al delta del Canal del Dique en Pasacaballos, y otros 0.5 MTON/año de materiales, en el rango de limos muy finos, arcillas y coloides, ingresan a la bahía de Cartagena y participan en la formación de una pluma turbia superficial, que esparce esos sedimentos en toda el área de la bahía de más de 86 Km², sin producir espesores de depósito en zona alguna, que afecten la navegación marítima o fluvial.

A diferencia de la bahía de Cartagena, en la bahía de Barbacoas (cuya profundidad ha sido siempre muy baja), 1.7 MTON/año de materiales fácilmente depositables se quedan actualmente en los deltas de los caños Matunilla y Lequerica, y 0.65 MTON/año de materiales finos se esparcen por la Bahía al impulso de las corrientes marinas, viajando predominantemente al sur – occidente y abasteciendo las playas entre Cartagena y el golfo de Morrosquillo.

La tercera entrega al mar de las aguas del Canal del Dique ocurre a través del Caño Correa, de 40Km de longitud, el cual se desprende en el K80 del Canal, y lleva sus aguas directamente al mar mediante las bocas de Labarcé, Benítez y Boca Cerrada. El total de sedimentos es de 1.4 MTON/año los cuales ingresan directamente, por la deriva litoral, hacia el Golfo de Morrosquillo al sur occidente.

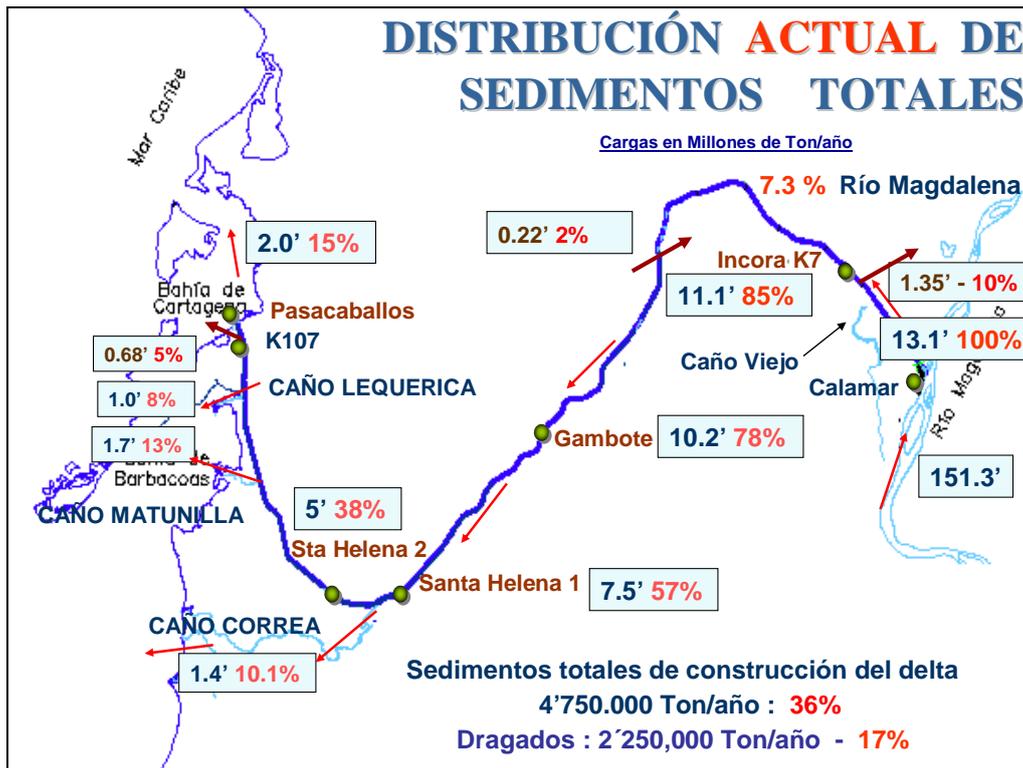


Figura 3.-Distribución actual de sedimentos totales

Alternativas de manejo hidrosedimentológico

Desde 1650 toda la actividad referente al Canal del Dique ha estado relacionada con el mejoramiento de sus condiciones para la navegación; en la época más reciente, las principales rectificaciones del Canal del Dique han sido las siguientes :

- 1.934, Frederick Snare Co. Mediante dragado se realiza el corte de Paricuica, cerca de la actual población de El Recreo, para conectar el Canal del Dique con la bahía de Cartagena a través del caño del Estero.
- 1951-52, Standard Dredging. Deja el Canal con 93 curvas entre el río Magdalena y la bahía de Cartagena, radio mínimo de 500 m, ancho de la solera de 45 m y profundidad mínima de 2,40 m. (Volumen dragado de 9'300. 000 m³)

En 1973, la Misión Colombo-Holandesa MITCH, estudió la sedimentación en la bahía de Cartagena, determinó la existencia de un delta sumergido en la desembocadura de Pasacaballos, y propuso por primera vez reducir la sedimentación mediante la colocación de compuertas a la entrada y a la salida del Canal del Dique, lo que lo convertiría en un lago lineal, sin flujo.

En 1976, el Ministerio del Transporte ordenó el estudio del proyecto de compuertas, el cual determinó que su costo era excesivo, haciéndolo No-Factible económicamente, (3). Este estudio, como los anteriores, se concentró en el tema económico de transporte, navegación y costo de las estructuras, e ignoró totalmente las consideraciones hidráulicas y ambientales. Cabe advertir que hasta esa fecha, la información hidroclimatológica y ambiental de la ecorregión era nula.

Entre 1981 y 1984, el Ministerio del Transporte, sacó a licitación un contrato de dragado total del Canal, el cual fue otorgado a las firmas Layne Dredging de los Estados Unidos, y Sanz & Cobe Ltda. de Colombia, las cuales ejecutaron un total 18'800.000 m³, se redujo el número de curvas de 93 a 50; se amplió su radio mínimo de 500 a 1000 m, se aumentó el ancho del fondo de 45 a 65 m, y se disminuyó la longitud a 115km, con profundidad mínima de 2,50 m.

A partir de 1984, los diseñadores nacionales determinaron que la forma de controlar la sedimentación en la Bahía de Cartagena debería ser por dragado mediante trampas de sedimentos en los sectores de Calamar, Caños Matunilla y Lequerica y Pasacaballos; *un sistema de control sin disminución del caudal*, tal como funciona hasta el presente.

Más recientemente el Ministerio del Transporte primero y luego CORMAGDALENA se han dedicado a las labores de dragado con intensidad variable y estrategias no siempre adecuadas, implementándolo en Calamar y Pasacaballos y abandonando totalmente el de los caños, desde un incidente de mortandad de corales observado en el Caribe en los años 80, que se atribuyó, sin comprobación, al dragado del caño Matunilla.

A partir de 1997, El Ministerio del Medio Ambiente tomó cartas en el problema ambiental de la ecorregión, y ordenó a CORMAGDALENA mediante la resolución 260, el estudio de las acciones necesarias para restaurar los ecosistemas degradados del Canal del Dique. Fue así como, con la ayuda, de la Universidad del Norte especialmente, se inició una serie de estudios que revivieron las ideas de controlar los flujos de agua y sedimentos en el Canal mediante estructuras hidráulicas. Este esfuerzo culminó en 2001 con la publicación del libro “Canal del Dique – Plan de Restauración Ambiental – Etapa 1”, (UNINORTE, 2000), donde se proponen, a nivel de reconocimiento general, sin prediseños y sin una evaluación técnica ni ambiental formal, las siguientes alternativas :

- I. Una esclusa en Calamar, y otra en el estrecho Rocha-Correa, K80, arriba del caño.
- II. Una esclusa de navegación en Calamar, únicamente.
- III. Una esclusa y una compuerta en el medio Canal, K36.
- IV. Una esclusa en Calamar + Cierre brazo izquierdo del Río + Apertura del caño Viejo.
- IV-A. Exclusa + compuerta en Calamar, sin cierre del brazo del Río + apertura opcional del Caño Viejo.

En todas estas alternativas, el denominador común es *la estrategia de controlar la entrada de sedimentos controlando la entrada de agua hacia las bahías, basada en el concepto simplista de que si el Canal no deriva agua tampoco derivará sedimentos*. A partir de dicho trabajo, mediante un proceso de selección poco formal, se decidió que las únicas alternativas que deberían pasar a diseño, serían la IV y la IV-A, donde la apertura del caño Viejo con un caudal bajo, sería opcional, a fin de resolver el problema del tránsito de peces al Canal.

La hipótesis inicial se vio reafirmada con el concepto de la empresa Francesa CNR, promotora de la alternativa 4A: *“Los sedimentos son un elemento indisociable del caudal líquido: no se puede eliminar los sedimentos sin controlar el caudal entrando en el canal”*.

La Alternativa IV, considerada como esquema básico, consistía en cerrar el Canal mediante una esclusa en Calamar, y hacer la apertura del caño Viejo, (un curso anterior del Canal del Dique, abandonado después de los dragados de 1950), que permitiría la entrada de agua al Canal, cerca del K10, aguas abajo de Calamar, en una cantidad menor, similar a la que entraba antes del dragado de 1984, (del orden de 350m³/s).

El control de los sedimentos hacia el Caño se realiza cerrando el brazo izquierdo de la isla Becerra, en el río Magdalena; el proyecto incluye además, el control de las interconexiones entre las ciénagas y el Canal mediante estructuras hidráulicas, no totalmente definidas, y la protección de la margen derecha del Río frente a Calamar.

OBJETIVOS

Este artículo presenta la evaluación ambiental de alternativas de las obras propuestas para el control hidrosedimentológico de la ecorregión, realizada como parte de los estudios que, en el año 2005, la Corporación Autónoma Regional del Río Magdalena – CORMAGDALENA, contrató con el Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de la Universidad Nacional de Colombia, (LEH-UNC), para concluir los estudios y realizar el diseño para construcción de las obras.

METODOLOGÍA

Se presenta resumidamente la metodología adoptada por el laboratorio de Ensayos Hidráulicos de la Universidad Nacional de Colombia, LEH-UNC, para evaluar las alternativas de control presentadas, basada en la elaboración de tres modelos básicos : un modelo físico para estudiar el manejo de los sedimentos a la entrada del Canal; un modelo hidrológico-hidrodinámico-de calidad del agua, acoplado, para establecer la interrelación entre parámetros hidroclimatológicos de la ecorregión, los flujos de agua a partir del río, las interconexiones del Canal con el sistema cenagoso, y la resultante limnológica sobre los cuerpos de agua en cuanto a calidad y parámetros tróficos básicos, para garantizar la productividad de los ecosistemas; y un modelo de evaluación ambiental de alternativas, capaz de determinar, dentro de los parámetros de las resoluciones del ministerio del Medio Ambiente, la bondad relativa de las diferentes alternativas a fin de seleccionar objetivamente la mejor para diseño.

RESULTADOS

A medida que se recopiló y analizó la información disponible, y se realizaron las modelaciones, comenzaron a aparecer serias dudas sobre la estrategia de control de caudal, y la eficacia de la Alternativa IV, las cuales fueron corroboradas cuando se terminó la primera fase de modelación física. Los experimentos mostraron que la depositación de materiales gruesos dificultarían la operación de la esclusa; la estabilidad del flujo en el Caño Viejo sería precaria debido a la sedimentación en el río y en el propio Caño; el flujo de retorno por el brazo izquierdo de la isla Becerra tendría una velocidad muy baja, causando su rápida sedimentación, y se apreciaban síntomas de desestabilización morfológica del río aguas arriba y abajo de Calamar, con cambios substanciales en los patrones de depositación de sedimentos en la sección transversal; los primeros 10 Km. del Canal serían una piscina sin flujo con serias restricciones de calidad del agua. De común acuerdo con las entidades ejecutoras, se determinó no continuar el estudio de esta Alternativa.

Por otra parte, terminado el análisis del balance sedimentológico del Canal, se concluyó que el problema sedimentológico del aporte del Canal no resulta ser tan grave como se había supuesto, (UNINORTE, 2000). El LEH-UNC propuso entonces poner a prueba una estrategia diferente de control de sedimentos, basada en varios criterios técnicos que indican que no se requiere disminuir el caudal hacia el Canal, así :

- La premisa de indisociabilidad del agua y los sedimentos es claramente falsa.
- El sistema cenagoso requiere caudales y niveles altos para su adecuado funcionamiento.
- Los caudales y niveles altos permiten además el control de la salinidad en el sistema.
- Los desbordes a las zonas bajas son necesarios para la construcción del delta.
- La navegación se beneficia sin duda, con la presencia de caudales y niveles altos en el Canal.

De esta manera se generó una nueva serie de alternativas así :

- V. Eliminar obras hidráulicas mayores; mejorar dragados y conexiones con las ciénagas.
- V-A Eliminar obras hidráulicas mayores; definir y realizar la interconexión de ciénagas.
- V-B La anterior + Excluser de sedimento en el río.
- VI. La anterior + Esclusa entre los Caños Lequerica y Matunilla (esclusa de Paricuica).

Finalmente, se procedió a estudiar el siguiente conjunto de alternativas :

- Alternativa 0 : Condición actual, (estado de referencia)
- Alternativa 1 : Esclusa en Calamar y reapertura del Caño Dique Viejo, (alternativa IV Uninorte, descartada en el análisis final, como ya se explicó).
- Alternativa 2 : Condición actual mejorada, sin regulación de caudal, (mejoramiento de las interconexiones Canal-ciénagas, optimización de los dragados en la parte alta, media y baja, y disposición del material dragado en Pasacaballos fuera de la bahía de Cartagena).
- Alternativa 3 : Control sedimentológico sin regulación de caudal, (excluser de sedimentos y mejoramiento de las interconexiones).
- Alternativa 4 : Control sedimentológico con regulación de caudal, (compuerta y esclusa en Calamar, mejoramiento de interconexiones, y sistema de control. Alternativa IV-A CNR)

Características de la derivación de sedimentos de cada alternativa

Se analizó el problema en términos de dos tipos de sedimentos: los gruesos y los finos. Los gruesos comprenden arenas medias, finas y muy finas, limos gruesos y medios, cuyas velocidades de asentamiento son altas, (entre 6 cm./s y 0.06 cm./s), y por lo tanto se depositan rápidamente cuando la corriente pierde velocidad a la llegada a las bahías, y típicamente se encuentran formando parte del delta de Pasacaballos y de los deltas de los caños Matunilla y Lequerica. Los sedimentos finos comprenden limos finos y arcillas, cuya velocidad de asentamiento es inferior a 0.02 cm./s, que les permite llegar hasta los cuerpos de agua y distribuirse en forma más o menos uniforme en las bahías, sin formar acumulaciones localizadas que representen dificultades a la navegación.

Los problemas causados por estos dos tipos de sedimentos son diferentes y, por lo tanto, los efectos de las obras sobre los mismos se deben evaluar separadamente:

- Los sedimentos gruesos producen efectos locales a la salida de los canales.
- Los sedimentos finos no causan efectos locales, pero tienen potencial para causar efectos a distancia si existen corrientes capaces de llevarlos a sitios donde puedan producir depositación inconveniente, especialmente en zonas de baja turbulencia.

El efecto de los sedimentos finos que llegan a la bahía de Cartagena es diferente al de los sedimentos finos que llegan a la bahía de Barbacoas:

- En el primer caso, se considera que los sedimentos difícilmente pueden salir de la Bahía en concentraciones suficientes para causar daños a distancia, en la plataforma submarina, dado el volumen de agua limpia de recambio que ingresa con cada ciclo de marea, a la circulación del agua, a la extensión de la Bahía, y a las buenas condiciones de mezcla, todo lo cual hace que, más allá del color del agua, no se perciban efectos perjudiciales.
- La bahía de Barbacoas es de menor extensión y profundidad, y la mezcla y circulación de las aguas es más limitada, por lo tanto, el efecto de los sedimentos finos puede ser grave si existen corrientes capaces de llevarlos hacia zonas críticas de la plataforma submarina.

El análisis de las alternativas, en cuanto a su capacidad de reducir el problema sedimentológico, de acuerdo con los resultados de la modelación matemática y la estimación de la capacidad de transporte de sedimentos del Canal del Dique se muestra en las figuras 4 a 6. La eficiencia de remoción de sedimentos de cada alternativa se ha calculado sumando las cantidades de material grueso y de material fino; sin embargo, es necesario anotar que existe una diferencia importante entre alternativas, dado que en el caso del control de caudal se reduce la cantidad de sedimentos, pero no la proporción de gruesos a finos, en tanto que en la alternativa de exclusor se eliminan en su mayor parte los sedimentos gruesos que ingresan al Canal, cambiando la proporción de gruesos a finos substancialmente.

La alternativa de optimizar los dragados actuales, (condición actual mejorada), tiene sentido, en cuanto a que refuerza acciones que se vienen desarrollando hasta la fecha, sin incurrir a corto plazo en erogaciones mayores para la construcción de obras hidráulicas mayores. Se puede decir que, si este tipo de solución, propuesta desde tiempo atrás, se hubiera realizado en forma eficiente, probablemente no existirían hoy los problemas que se detectan.

La estructura de control de sedimentos (exclusor), sin disminución de caudal hacia el Canal, reduce la mayor parte de la carga de arenas, disminuyendo la entrada de sedimentos en una proporción similar a la de la solución con control de caudal. La diferencia está en que actúa directamente sobre los materiales más gruesos, que son los que engrosan los deltas sedimentarios en las bahías; además la solución no disminuye la capacidad de transporte a lo largo del Canal, sino que la aumenta en porcentajes que están entre el 15% y el 30%, de modo que la necesidad de dragar se reduce y posiblemente se requiera sólo en la zona de Pasacaballos. El aumento de profundidad resultante de este desabastecimiento en el Canal hace posible la navegación con calados de más de 12 pies sin necesidad de dragado adicional.

Las estructuras de control de caudal hacia el Canal, (Alternativa IV-A, CNR), reducen los caudales medios de $540\text{m}^3/\text{s}$ a valores entre 350 y $390\text{m}^3/\text{s}$, permitiendo reducir la entrada total de sedimentos en un 35% respecto a la condición actual. Según los resultados de los modelos, se disminuye la entrada de sedimentos gruesos y finos a las dos bahías en un 37%; sin embargo, la reducción de la capacidad de transporte del Canal, por corte de los flujos de avenida, sería del 35% para el sector alto, y más del 50% en el resto del Canal, de tal manera que, aún en presencia de una alta concentración de gruesos depositables, se presenta un fenómeno de depositación generalizada que no existe en la actualidad.

ALT. 2 ACTUAL MEJORADA SEDIMENTOS TOTALES

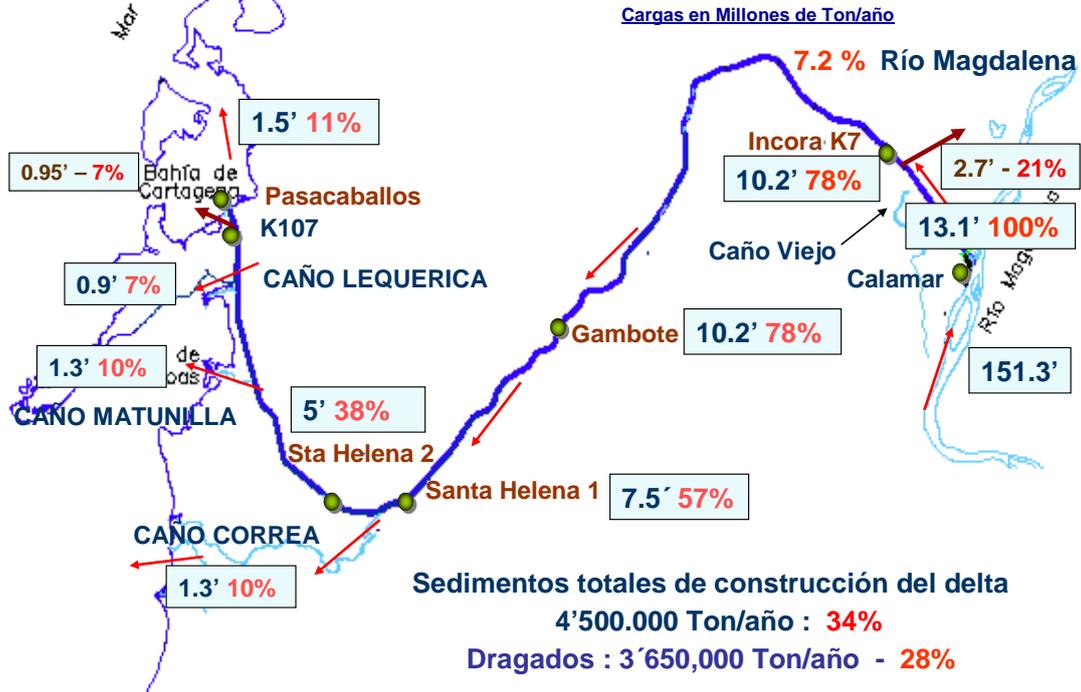


Figura 4.-Balance sedimentológico de la alternativa Actual mejorada.

ALT. 3 EXCLUSOR SEDIMENTOS SEDIMENTOS TOTALES



Figura 5.-Balance sedimentológico de la alternativa 3, sin control del caudal

ALT. 4-CNR DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTOS TOTALES



Figura 6.-Balance sedimentológico de la Alternativa 4, con control del caudal

Los materiales depositados a lo largo del Canal en la alternativa con control de caudal, deberán ser dragados y dispuestos dentro de la ecorregión en los bordes de la planicie fluvio-deltaica. El modelo físico demostró, además, que la sedimentación a la entrada del canal es considerable y afecta desfavorablemente la operación de las compuertas y la esclusa, con lo cual los dragados de mantenimiento no sólo continuarán siendo necesarios, y tan abundantes como en la condición actual, sino que además se deben realizar en forma más estricta para impedir fallas operativas de las estructuras o en la navegación.

Debe tenerse en cuenta que en ninguna de las dos estrategias consideradas es posible eliminar los dragados en la zona de Pasacaballos. Esto quiere decir que no sólo es imposible, con las soluciones previstas, reducir el problema sedimentológico en más de 40%, sino que tampoco es posible eliminar completamente los dragados en ambos extremos del Canal.

La inclusión de una esclusa en El Recreo, en el tramo del Canal entre los caños Matunilla y Lequerica, sugerida inicialmente por el LEH-UN en reemplazo de la considerada en el estrecho Rocha-Correa que es claramente inadecuada, podría impedir totalmente el paso de sedimentos hacia la Bahía de Cartagena, para cualquiera de las tres alternativas consideradas, actuando directamente sobre los materiales finos, a cambio de enviar toda la carga sólida hacia la bahía de Barbacoas y hacia el mar por el caño Correa. Esto traería una serie de consecuencias que no han sido estudiadas, y que demandan la modelación matemática de las corrientes marinas en la plataforma continental frente a la costa, entre Barranquilla y Urabá, incluyendo las zonas de los archipiélagos de El Rosario y San Bernardo, donde existen importantes formaciones coralinas que podrían ser afectadas negativamente.

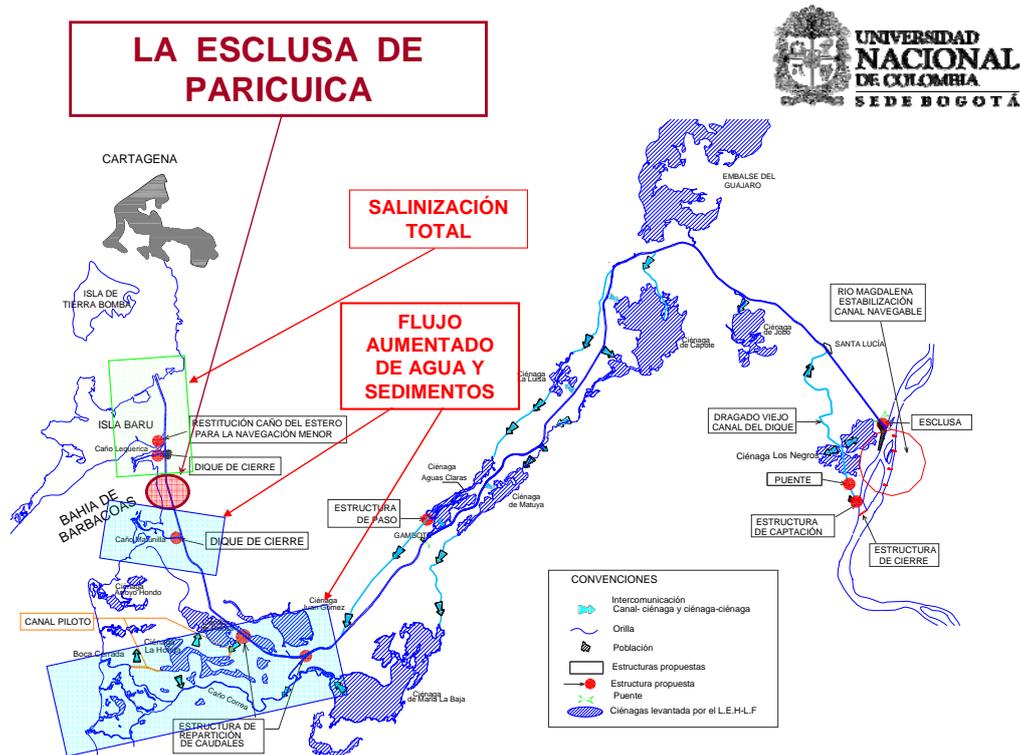


Figura 7.-Efectos de la Esclusa de Paricuica

La esclusa de Paricuica podría ser considerada como una solución de control independiente de la compuerta y la esclusa de Calamar, dado que es una solución intermedia con algún control de caudal, pero sin merma en los niveles a lo largo del Canal, lo cual la hace menos agresiva al medio ambiente que la de Calamar, y menos dañina desde el punto de vista de salinidad.

La esclusa de Paricuica manejaría menores caudales y menores diferencias de nivel que la de Calamar, y estaría localizada en el único sector del Canal con suelos adecuados para la cimentación de grandes obras, siendo, por supuesto, de muy inferior costo a la esclusa de Calamar, y suprimiendo las necesidades de compuertas y estructuras adicionales. Esta alternativa aún no ha sido estudiada, porque no se ha dado el orden de realizar la modelación de la zona marina y juzgar así su bondad ambiental.

Los estudios de la plataforma marina no fueron incluidos en el alcance del presente estudio, pero son imprescindibles para la determinación de un plan óptimo de manejo sedimentológico para la ecorregión. Debe anotarse que la esclusa de Paricuica, produciría también la relocalización de los dragados que hoy en día se realizan en Pasacaballos con relativa facilidad para sacar el material hacia zonas marinas distantes de la bahía de Cartagena. En la condición con esclusa en El Recreo, los sedimentos serán dragados con mayor dificultad aguas arriba de la esclusa, y llevados por la bahía de Barbacoas hacia el mar, a través de trayectos de calado menor y a distancias de acarreo posiblemente mayores; circunstancias éstas que deben ser investigadas.

De acuerdo con lo anterior, es más fácil remover la carga sedimentológica que llega al final del Canal en la Bahía de Cartagena, que en la de Barbacoas. La carga sólida de materiales finos es presumiblemente más peligrosa para los corales del parque natural Islas del Rosario y para la bahía de Barbacoas, que para la bahía de Cartagena; por lo tanto, la solución con una esclusa en El Recreo no resulta obvia.

Régimen Hidráulico del sistema deltaico

Dado que la zona del Canal del Dique es de tipo deltaica, es necesario advertir que los desbordes de agua son favorables para la construcción del delta, como requerimiento para la continua depositación de sedimentos que incrementa su nivel general; de otro lado, los desbordes garantizan que el agua llegue a las ciénagas, (a pesar de los cierres ilegales que se les hace a los caños de conexión), y que esas aguas tengan una presedimentación en las zonas pantanosas de la periferia de las ciénagas, lo cual no ocurre cuando el agua es intercambiada únicamente por los canales.

En el caso de la alternativa con control de caudal hacia el Canal, la reducción estimada de caudal sería del 30% lo que conlleva una disminución de los niveles de agua, en la primera mitad del Canal, del orden del 9% al 24%, (0.90 m a 2.40 m), durante los caudales altos. Esto implica que se eliminarían en gran parte los desbordes, excepto en la zona baja, (ciénaga de María la Baja y sistema de la Honda), y se perdería la conexión de las Ciénagas con el Canal, limitándose el crecimiento de la zona deltaica.

La conexión entre el Canal y las Ciénagas sólo puede restablecerse mediante la profundización de los canales de intercomunicación. Tal profundización promoverá el rápido drenaje de las ciénagas cuando bajan los niveles en el Canal, con lo cual se hace necesario introducir compuertas y sistemas de control a distancia para evitar el vaciado de las ciénagas y la pérdida de calidad ecológica de las mismas. Sin duda, el sistema de regulación sería complejo y dinámico, dado que debería introducir acciones de acuerdo con las variaciones hidrológicas y con los pronósticos que se hagan de las mismas, para poder evitar producir emergencias ambientales. Esta problemática induce a pensar en la seguridad del sistema de control en las difíciles condiciones climáticas y ambientales del Caribe colombiano y en las condiciones normales de falla frecuente del suministro de energía en la zona.

Por su parte, la alternativa del esclusor produce un ligero aumento de caudal en la entrada al Canal del Dique, efecto hidráulico que se considera positivo. Aumenta la profundidad del agua en el Canal, (1.0 m en la zona alta y 0.7 m en la zona media), y, por lo tanto, ocurre mayor desborde, (4000 millones de metros cúbicos adicionales al año); aumenta la profundidad en las ciénagas, (hasta 20 cm.), y no se generan limitaciones al bombeo en las estaciones de de varios sitios (Mahates, Evitar, Juan Gómez, etc.); se presentan mayores volúmenes de intercambio en los canales de conexión ciénaga – Canal, lo cual mejora la calidad del agua de las ciénagas y su estado limnológico; y se reduce la extensión de la intrusión de la cuña salina en caudales bajos y medios principalmente.

Cambio Morfológico en el río Magdalena

El trayecto de río Magdalena entre Barranca Nueva y San Pedrito tiene una longitud aproximada de 12.5 Km. y presenta condiciones morfodinámicas variables que generan dos islas en el sector: Becerra, (aguas arriba y relativamente estable), y La Loca, (aguas abajo justo frente a la entrada al Canal del Dique, bastante inestable). Adicionalmente, se presenta una fuerte presión erosiva sobre la margen derecha junto a la población de Puerto Niño, y una tendencia moderada al cierre del canal del brazo izquierdo de la isla Becerra. El canal entre las dos islas también presenta considerable variabilidad con las condiciones hidrológicas y sedimentológicas imperantes.

En estas condiciones, la entrada de agua al Canal del Dique es variable en el tiempo y depende, por una parte, de las condiciones hidrológicas en el río Magdalena, y por la otra, de las condiciones morfodinámicas imperantes en el sector. En la época más reciente, desde cuando existe un registro histórico de fotografías aéreas, se advierte una alta variabilidad en la posición de la margen derecha del río; y asociada a esta variabilidad, un cambio sustancial de posición y extensión de la isla La Loca. La variación de los caudales hacia el Canal del Dique por cuenta de los cambios geomorfológicos es difícil de precisar debido a los cambios que ha sufrido el propio Canal desde 1926, fecha de los primeros levantamientos, (Misión Julius Berguer), hasta el presente. En efecto, dentro de este periodo se han realizado las tres rectificaciones más importantes del Canal, siempre aumentando la captación de agua, de modo que los cambios más notorios tienen que ver con esas modificaciones y no con tendencias naturales de cambio.

Mientras que el problema de la margen derecha se puede tratar independientemente como un problema de erosión de orillas, el problema principal de cambio morfológico se debe al cambio de capacidad de conducción de los canales alrededor de las islas, y de la extensión de esas islas; problemas que son sinérgicos y se refuerzan mutuamente para crear cambios en el cauce del río, los cuales pueden afectar la derivación de agua hacia el Canal del Dique. Por esta razón las alternativas han sido juzgadas de acuerdo con lo observado en el modelo físico.

Las condición actual y las alternativas con control de caudal mediante compuerta y esclusa, muestran una tendencia a disminuir el caudal del brazo izquierdo de la isla Becerra y a sedimentarse. El aumento proporcional de caudal por el brazo derecho trae como consecuencia una mayor derivación de sedimentos hacia ese brazo, con condiciones variables de funcionamiento, las cuales dependen del comportamiento del canal entre las dos islas. En ocasiones este canal se sedimenta y la mayor parte del flujo se orienta hacia el brazo derecho de la isla La Loca, mientras que en otros casos, el canal entre las islas se amplía y el brazo derecho de La Loca se sedimenta; la condición es aleatoria y parece depender de las modificaciones que hayan ocurrido aguas arriba.

En las alternativas de la condición actual mejorada y, especialmente, en la del esclusor de sedimentos, correspondientes a la estrategia de no reducir el caudal hacia el Canal del Dique, el brazo izquierdo de la isla Becerra no muestra tendencia alguna al cierre, y los flujos frente al Canal del Dique ocurren principalmente desde este brazo y no desde el canal existente entre las islas, generando condiciones de mayor estabilidad en el sector.

Otra aspecto relacionado con la morfología del río Magdalena, es el hecho de que los sedimentos que no ingresen al Canal del Dique por efecto de las obras, tomarán rumbo hacia Barranquilla; con lo cual, ante la pérdida de agua hacia el Canal, se puede presentar un caso de sobrealimentación de sedimentos en el sector Calamar-Barranquilla, con el consecuente deterioro del cauce. Todas las alternativas plantean similares situaciones a este respecto. En las alternativas que incluyen dragado, (Condición Actual y Condición Actual Mejorada), se arrojan los sedimentos dragados al propio río aguas abajo de la entrada al Canal; el esclusor manda automáticamente las arenas hacia el cauce inferior del río; y en la alternativa con control de caudal, se disminuye la carga hacia el Canal en detrimento del sector del río aguas abajo y, además, requiere de dragados importantes en Calamar, cuyos materiales deben ser dispuestos en el cauce del río.

El efecto morfológico de los sedimentos adicionales en el río no se considera muy perjudicial; debe recordarse que normalmente los ríos aluviales presentan variaciones de la carga sólida entre el 50% por debajo de su carga media de largo plazo, y del 100% por encima de la misma, por lo cual, cambios del orden de un 3% a un 5% no resultan significativos.

Protección de la margen derecha del río

Se ha evaluado el problema de cambio morfológico asociado con cada una de las estrategias y cada una de las alternativas de solución, y se ha concluido que el mantenimiento de una condición libre en la margen derecha del río, frente a la embocadura del Canal, conduce a una condición de baja confiabilidad en la captación de agua, dado que permite la ampliación del cauce, el descenso local de los niveles, y la división del cauce por la isla La Loca, bajando así el caudal por unidad de ancho del río frente al Canal, con lo cual la derivación de agua puede irse reduciendo con el paso del tiempo.

El problema se incrementa en la medida en que se construyan obras para mejorar las condiciones del Canal. El modelo físico del Río Magdalena y el Canal del Dique ha demostrado que el ensanchamiento de la sección debido a la erosión de la orilla, reduce hasta en un 15% el caudal de entrada al Canal para las condiciones de caudal medio en el Río Magdalena; esta reducción incrementa el caudal del brazo derecho, profundizándolo y aumentando las velocidades erosivas sobre la margen, a la vez que se incrementa la tendencia al cierre del brazo izquierdo de la isla Becerra. Todos estos efectos son sinérgicos y se refuerzan el uno al otro creando una situación que se considera peligrosa para la derivación de los caudales hacia el Canal del Dique.

Este efecto es reforzado por la estrategia de control de caudal, la cual puede resultar ineficiente si no se realiza un control adecuado del río frente a la embocadura del Canal, dado que la estructura de control prevista, (compuerta), no puede aumentar el flujo hacia el Canal, sino solamente disminuirlo. Por las anteriores razones, se considera que la estabilización de la margen derecha del río Magdalena debe ser parte integral de cualquiera de estas soluciones.

En las dos alternativas de la estrategia sin disminución de caudal hacia el Canal, la estabilización de la orilla es igualmente necesaria: en la solución por mejoramiento de los dragados, para evitar la reducción paulatina del caudal a medida que la margen derecha se desplaza hacia el oriente; y en la alternativa del exclusor, porque la reducción del ancho del río obliga a estabilizar la orilla para evitar la aceleración del proceso erosivo frente a los aumentos locales de velocidad en el brazo derecho.

Navegabilidad

La navegabilidad en el Canal del Dique está garantizada actualmente para embarcaciones con calados hasta de 9 pies durante la mayor parte del año; se reduce ligeramente en los periodos de estiaje; sin embargo, es necesario indicar que el proyecto considerado aquí no es un proyecto concebido para mejorar la navegación en el Canal, aunque otros han tratado de darle ese carácter dado que se propone la construcción de esclusas de navegación. El problema a resolver consiste en la eliminación de los sedimentos que llegan a la bahía de Cartagena, para lo cual se ha propuesto la construcción de compuertas a la entrada del Canal (en Calamar), y dado que las compuertas no dejarían pasar las embarcaciones, la solución requiere de la construcción de una esclusa que permita la navegación y se pueda salvar el cambio de nivel generado por la operación de la compuerta.

La estrategia de control de caudal obliga a cambiar el sistema de navegación en el Canal pasando de un sistema no-restringido a uno restringido, en el cual, las embarcaciones deberán esperar para poder pasar la esclusa. Esto implica costos adicionales de operación por demora de las embarcaciones. Con respecto a la navegación local de la gente del común y de pequeñas embarcaciones de pasajeros, la presencia del sistema de compuerta y esclusa generará un cambio radical en sus costumbres, dado que la esclusa no podría ser operada para el simple paso de una canoa, o aún, de una lancha de pasajeros. Es claro que la estrategia de control de caudal afecta las condiciones de navegación imperantes en el Canal y la calidad de vida de los habitantes a nivel regional.

En la propuesta de la alternativa de compuerta y esclusa, la CNR ha considerado un dragado adicional para ampliar la capacidad del Canal a 12 pies, pero aún no se ha demostrado que este nuevo canal se mantenga en equilibrio sin subsecuentes dragados de mantenimiento, lo cual parece poco probable, dado que la reducción de caudal hacia el Canal reduce fuertemente su capacidad de transporte sólido, y el dragado a 12 pies refuerza ese efecto. Se estima que la capacidad de transporte sedimentológico se reduciría desde un 35% en el tramo superior, hasta más del 50% en los tramos subsiguientes.

Las alternativas de la estrategia sin disminución de caudal no afectan negativamente la navegación, sino que la mejoran, logrando en todos los casos un canal más profundo, sin sobre costos de dragado en la alternativa del esclusor; o con algunos sobre costos por dragado, (pero sin erogación en obras), en la alternativa de condición Actual Mejorada.

Cuña Salina

La penetración del agua del mar en la zona es un determinante de gran importancia en las estrategias de control del agua y sedimentos en el Canal. El problema tiene por lo menos tres facetas: el avance de la cuña salina a lo largo de las corrientes, el problema de las aguas subterráneas, y el de las aguas superficiales de la zona baja de humedales y manglares. Es pertinente recordar que el nivel del mar aumenta continuamente empujando la frontera marina hacia el interior.

Existe evidencia de que en el pasado el agua del mar ha penetrado casi hasta la población de Calamar, con la consecuencia de que las aguas subterráneas de casi toda la zona de influencia del Canal muestran altos niveles de salinidad, lo mismo que las de algunas de las ciénagas, y especialmente el llamado embalse del Guájaro. El retiro de las aguas salinas a lo largo del Canal se ha logrado paulatinamente a través de los diferentes proyectos de rectificación del Canal, los cuales han ido aumentando la descarga de agua fresca hasta los 540 m³/s actuales. Es claro que el desplazamiento de las aguas salobres de los acuíferos superficiales de la zona, depende de que existan niveles de agua altos en el Canal del Dique; la reducción de esos niveles facilita el avance de las aguas salinas hacia el interior.

En la actualidad, en casos de caudales mínimos, por debajo de 150 m³/s en Calamar, la cuña salina a lo largo del Canal del Dique penetra entre 3 y 5 Km., aguas arriba de Pasacaballos, y en los tramos de los caños Lequerica y Matunilla. Hacia el futuro, sin embargo, la penetración del agua salada hacia el interior aumentará por el ascenso del nivel de mar, el cual, ha sido estudiado en los últimos años con creciente interés por varias entidades. Los estimativos actuales hablan de un aumento hasta de 1.0 m en los próximos 30 a 100 años; el CIOH reporta aumentos medidos en Cartagena de 1.8 a 1.9 cm. por año, en los últimos 25 años.

Ante este panorama, que no sólo influencia la cuña salina a lo largo de los caños y del Canal del Dique, sino también la zona subsuperficial y la zona superficial (humedales y manglares), las estrategias que tienden a reducir la descarga de agua fresca en el Canal deben ser estudiadas cuidadosamente, pues pueden producir efectos dañinos a muy corto plazo.

La penetración de la cuña salina a lo largo del Canal y de los caños Matunilla y Lequerica, así como del caño Correa, será el efecto más inmediato junto con la penetración del agua salada sobre la superficie en la zona riparia de manglares y humedales salobres, afectando específicamente la frontera Mangle-Corchal en el Parque Nacional “Mono Hernández”, vecino a la Ciénaga de la Honda. Otro importante conflicto se podrá presentar con la bocatoma del acueducto de Cartagena, en la ciénaga de Juan Gómez, a sólo 32 Km. de la bahía de Cartagena y entre 25 y 30 Km. de distancia a lo largo de los caños. Con un nivel del mar ascendiendo en la proporción indicada, la cuña salina podría llegar a esta zona durante caudales muy bajos, inferiores al caudal del 95 % de la curva de duración, probablemente, en el término de pocos años después de la construcción de las obras de control de caudal. A partir de este punto, las condiciones serán cada vez más serias requiriendo finalmente el traslado de la bocatoma hacia aguas arriba. En las condiciones previas al dragado de 1984, la bocatoma del acueducto se localizaba cerca de Gambote, más de 50 Km. aguas arriba.

Las alternativas correspondientes a la estrategia de control de sedimentos sin disminución del caudal hacia el Canal no presentan problemas de intrusión salina mayores a los actuales, y en el caso de la alternativa del esclusor de sedimentos puede, inclusive, mejorar la situación debido al incremento en los caudales derivados hacia el Canal del Dique, especialmente en la época de estiaje. El informe sobre la modelación matemática de la zona del Canal, (LEH-UNC., 2007), presenta más información sobre el avance de la cuña salina en cada una de las alternativas consideradas.

Productividad pesquera

La productividad pesquera en la zona del Canal del Dique depende de los fenómenos de subienda y bajanza de peces, que ocurren a lo largo del Canal y el río Magdalena, y son fundamentales en el mantenimiento de las condiciones ambientales de la zona y de la calidad de vida de los habitantes, quienes derivan parte muy importante de su sustento de esta fuente de recursos, (LEH-UNC., 2007). Estos fenómenos son aún muy poco conocidos, pero se sabe que tienen que ver con los ciclos de ascenso y descenso de los niveles del río, de la interacción de flujos entre éste, sus caños y subcanales y las ciénagas, pantanos y humedales de la periferia del río.

La alternativa de control de caudal disminuye los picos de entrada de agua y por lo tanto el ascenso de los niveles en el Canal, afectando seriamente la capacidad para abastecer de agua al sistema cenagoso; el rango de variación de la profundidad de las ciénagas, en el periodo modelado, por el LEH-UN es considerablemente menor que para el resto de alternativas. Igualmente, como el caudal de desborde es menor, el llenado debe realizarse únicamente por los caños de interconexión y esto conlleva más tiempo y menos volumen, acciones que tienen el potencial de afectar la subienda de peces. La perspectiva de reemplazar los volúmenes de desborde sobre las orillas del Canal, por flujos menores, que transitan únicamente en los canales de interconexión, no es buena, así como tampoco hay seguridad de que las 13 especies nativas de peces en el Canal puedan utilizar escaleras para peces como plantea la CNR.

La alternativa de control de sedimentos sin disminución del caudal hacia el Canal no presenta alteración en los ciclos de ascenso y descenso de los niveles en la zona del Canal del Dique y por esta razón, tampoco sobre los ciclos de subienda y bajanza de peces; por ello, esta opción representa una solución menos agresiva ambientalmente, y con menores riesgos ambientales, tanto en la calidad ecológica del sistema cenagoso, como en la productividad pesquera.

Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y Riego

Como se dijo, en la zona del Canal del Dique se encuentran numerosos municipios que captan agua del Canal para consumo humano, entre ellos, la ciudad de Cartagena, y cinco distritos de riego que derivan sus aguas del Canal o del sistema cenagoso. El volumen requerido de agua no se verá afectado por las diferentes alternativas, dado que aún en épocas de estiaje el Canal deriva caudales suficientes para suplir todas las necesidades de riego y consumo humano.

Los problemas que se presentarían con la alternativa de control de caudal tienen que ver con la reducción en los niveles de agua en el sistema y con la intrusión salina y que, en diferente escala, afectan la vulnerabilidad de todo el sistema, a mediano y largo plazo, ante el ascenso sostenido de los niveles del mar, en una zona esencialmente deltaica. Contrariamente, no se prevé la ocurrencia de problemas similares en el caso de la estrategia de control de sedimentos sin disminución de caudal.

Otras consideraciones

La instalación de una compuerta mayor en el Canal del Dique no impedirá la entrada de sedimentos gruesos, por lo cual, si ésta se dispone muy cerca de la entrada, los dragados de mantenimiento se harán difíciles y demorados por la necesidad de que la draga tenga que salir al río por la vía de la esclusa, construida en un canal de acceso paralelo al Canal del Dique, pues esta obra genera además la necesidad de construir un nuevo puente de la carretera Barranquilla-Calamar, y otro en la vía paralela al Canal. Estas obras adicionales recargan también los costos de la alternativa 4.

La estructura de control de sedimentos sin disminución de caudal, consiste principalmente de un dique en enrocado de 10 a 15 metros de altura sobre el nivel de fundación en el lecho del río Magdalena, y remata en una obra permeable de 150 a 200 m que se construiría mediante el hincado de pilotes hasta de 2 m de diámetro, a profundidades variables entre 30 y 50 m. se considera que esta obra no afectará mayormente al entorno local.

CONCLUSIONES

Evaluación ambiental de alternativas

La valoración ambiental cualitativa realizada por el LEH-UN (LEH-UNC. 2007) permitió caracterizar y sistematizar, para cada una de las alternativas consideradas, la importancia intrínseca de los impactos ambientales identificados en términos de su naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, causa/efecto, periodicidad y recuperabilidad.

En la Figura 8, se muestra el resultado general de la evaluación ambiental cualitativa, en la cual una calificación negativa significa una condición indeseable para el ambiente, y viceversa para una calificación positiva. Allí se puede observar que la situación actual, (alternativa 0 ó de referencia), efectivamente presenta una situación ambiental deficitaria, mientras que las alternativas que incluyen acciones específicas producen un mejoramiento de la condición ambiental. Tales resultados muestran el siguiente orden de efectividad:

1. Alternativa 3 – Condición actual mejorada más el exclusor de sedimentos en Calamar,
2. Alternativa 2 – Condición actual mejorada
3. Alternativa 4 – Control de caudal y sedimentos mediante compuerta y esclusa en Calamar.

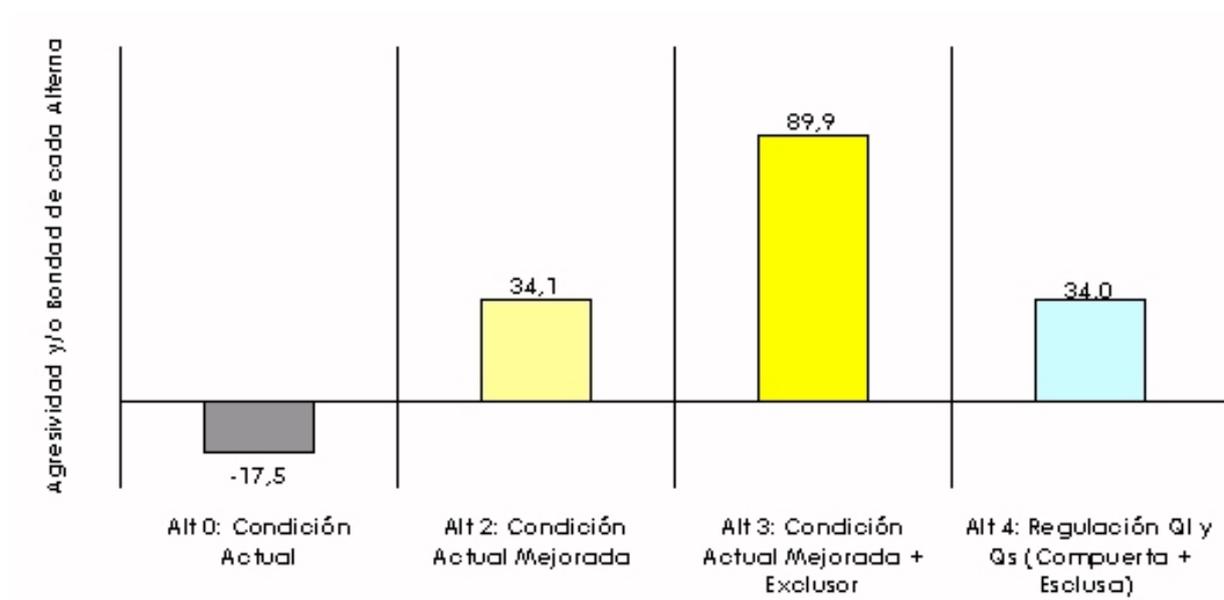


Figura 8.- Comparación ambiental de alternativas

Costos de las Alternativas

Los costos de las diferentes alternativas, en lo que corresponde a sus obras principales, se han estimado a un nivel muy preliminar, y se comparan con los costos del mantenimiento actual del Canal, a diferentes horizontes temporales, en la Figura 9.

Allí se aprecia que la alternativa de control de caudal cuesta por lo menos el doble de cualquiera de las alternativas sin control de caudal; y que los costos del dragado hacen que la alternativa del exclusor de sedimentos resulte a mediano y largo plazo más económica que la alternativa de Condición Actual Mejorada, aún cuando cualquiera de estas alternativas se considera económicamente factible dado que apenas representa un sobre costo de alrededor del 50% sobre el nivel actual de gasto, en tanto que las mejoras a la navegación son substanciales así como la certeza sobre la recuperación ambiental de los ecosistemas cenagosos y la reducción de los niveles de sedimentación en las Bahías.

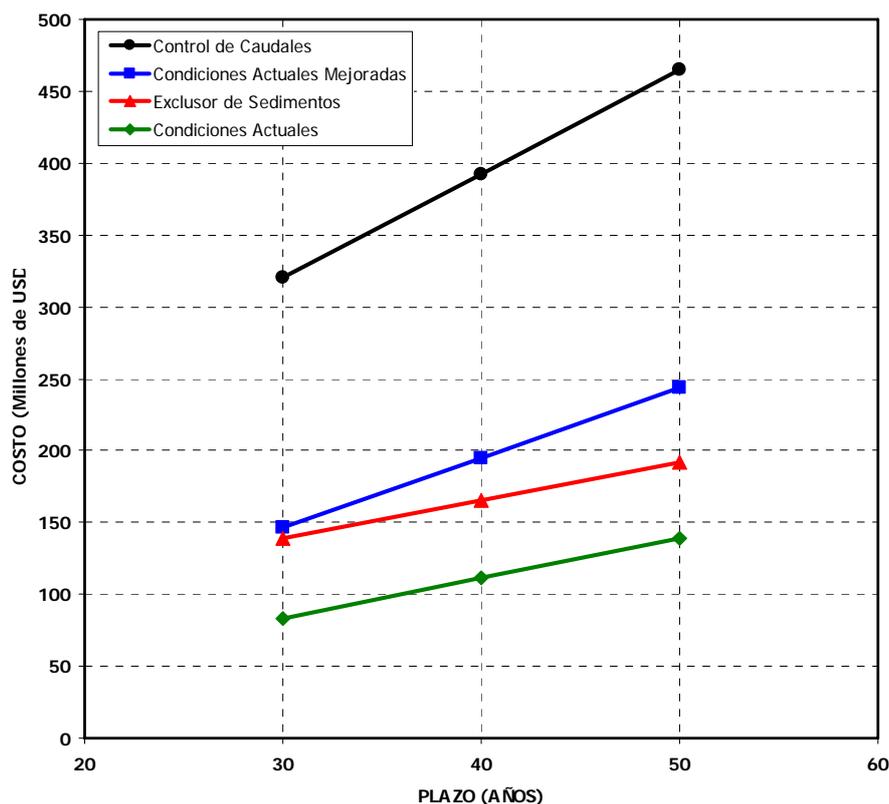


Figura 9.-Comparación de Costos de las Alternativas

Desarrollar un estudio que analice las corrientes marinas hacia islas del Rosario y el archipiélago de San Bernardo, así como del interior de la bahía de Cartagena, para conocer la verdadera influencia de los sedimentos provenientes del Canal del Dique, como prerequisite para determinar el verdadero impacto de las obras que se lleguen a construir.

Terminar los estudios para cuantificar totalmente los problemas ambientales de la alternativa seleccionada, para lo cual se deben terminar los siguientes trabajos:

- Determinación del funcionamiento sedimentológico completo del Canal, incluyendo su estabilidad y la magnitud de los dragados requeridos.
- Determinación completa del problema de intrusión salina en la zona.
- Análisis de calidad ecológica de las ciénagas y problemas de subienda y bajanza de peces.
- Identificación precisa de problemas y costos del abastecimiento para consumo y riego.
- Definición detallada de costos incluyendo el de las obras complementarias necesarias.
- Formulación del Plan de Manejo Hidrosedimentológico para el Ministerio de Ambiente.
- Definición detallada de los costos de construcción, operación y mantenimiento.

Realizar una Evaluación de Impacto Ambiental formal, de la alternativa final que se proponga, para garantizar la prevención, eliminación, mitigación y/o control de los impactos que genere, mediante la formulación de un Plan de Manejo Ambiental. Se recomienda implementar un Plan de Gestión Ambiental del recurso hídrico y de desarrollo sostenible para la ecorregión, pasando por un fortalecimiento de la autoridad ambiental local.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CEI Ltda. (1976). “Control de la Sedimentación en el Canal del Dique”

ESTUDIOS Y ASESORÍAS. (2000). Campañas Hidrosedimentológicas y de Calidad del Agua en el Canal del Dique. Proyecto realizado para CARDIQUE, a través del FONADE, años 1999-2000.

LEH-UNC. (2007). UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. “Estudios e investigaciones de las obras de restauración ambiental y de navegación del Canal del Dique”.

MISIÓN TÉCNICA COLOMBO-HOLANDESA - MITCH. (1973), “Río Magdalena and Canal del Dique survey Project, Bogotá, pp.329 table 4.4.5.

ORDÓÑEZ J.I. (1974). “Sediment Exclusion at River Diversions. Hydraulic Engineering Report HEL- 24”. Hydraulics and Sanitary Engineering Laboratory, University of California, Berkeley.

ORDÓÑEZ, J.I. (1994). “Modelos Hidráulicos de Bocatomas y Sedimentadotes”. Estudios y Asesorías Ingenieros Consultores Ltda. Para INAT.

UNINORTE. (2000) Manejo de los sedimentos de la desembocadura del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena. Una primera aproximación sobre viabilidad de uso de las lengüetas de Pasacaballos Documento E063 – 022 de julio de 2000. Laboratorio de Ensayos Hidráulicos Las Flores de CORMAGDALENA, Universidad del Norte.

UNINORTE. (2000). Manejo de los sedimentos de la desembocadura del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena. Una primera aproximación sobre viabilidad de uso de las lengüetas de Pasacaballos. Informe principal. Documento E063–022.

UNINORTE. (2001). “Canal del Dique. Plan de Restauración Ambiental (primera etapa)”. Barranquilla, Colombia: 328 p.