



**actividades de dragado del Canal del Dique,
estudio de impacto ambiental
Consorcio Carinsa-Incoplán Ltda.**



**Fondo Financiero
de Proyectos
de Desarrollo**

Santafé de Bogotá, Colombia, agosto de 1993

"Como oy día de la fecha entre cuatro y cinco de la tarde al parecer, según el sol, vide que la gente trabajaba en el dique y rrio nuevo por orden de su señoría el Maesse de Campo D. Pedro Zapata rompieron la tierra que estava en la voca del dicho dique y sobre la orilla del dicho rrio grande de la Magdalena, y haviendolo hecho entro gran golpe de agua y corrio con gran violencia por el dicho rrio nuevo avaxo, según su corriente, y al parecer muy navegable por tener en la voca sobre la tierra ocho palmos de agua que con mucha brevedad despues de su rompimiento quedo en esta aunque al parecer el dicho rrio de la Magdalena está oy muy baxo y sin ninguna corriente..."

Apartes de la declaración del Teniente de Gobernador de Tenerife ante el Cabildo de Cartagena de Indias, 5 días después del 20 de agosto de 1650, día memorable de la ruptura del dique.

actividades de dragado del Canal del Dique, estudio de impacto ambiental

elaborado para el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo
y el Ministerio de Obras Públicas y Transporte

**Consorcio
Carinsa–Incoplán Ltda.**

Ingeniero, José Henrique Rizo Pombo, M. Sc.
Director

Ingeniero, Fabio Ernesto Villamil Páez, Especialista
Co-director

Ingeniero, Santiago Rizo Delgado, M. Sc.
Gerente

Ingeniero, Mario Ramírez Cerquera, Esp.
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

Biólogo, Pedro Ramón Caraballo Gracia, M. Sc.
Aspectos Bióticos

Interventoría, MOPT:

Ingeniero, Luis Eduardo Saavedra Salazar

Ingeniero, Augusto Scorcia 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

Geólogo, Rodolfo Franco Latorre, M. Sc. *Geomorfología*

Arquitecto, Orlando Ortiz Llanos, M. Sc. *Socioeconomía*

Químico, Gustavo Tous Erazo, *Limnología*

Abogado, Javier Trillos, *Legislación Ambiental*

Ingeniera, Mayra Marrugo Roa, *Asistente*

El consorcio agradece los valiosos aportes de

Ingeniero, Juan David Quintero Sagre BANCO MUNDIAL

Diagramación e ilustración EL DISEÑO
Santafé de Bogotá, agosto de 1993

		Índice de figuras		
		<i>Nº</i>	<i>p</i>	
		1	Localización nacional del proyecto	5
		2	Localización regional del proyecto	5
		3	El mejoramiento de la navegación en el río Magdalena en el contexto nacional	7
		4	Red de transporte en el corredor del Magdalena	8
		5	Beneficios regionales directos del sistema canal del Dique	8
		6	Obras de Calamar	11
		7	Planta y perfil de la trampa de Calamar	11
		8	Planta y perfil del canal de acceso en Pasacaballos	12
		9	Localización de las estaciones de clima	19
		10	Climadiagrama de Calamar	19
		11	Climadiagrama de Pasacaballos	20
		12	Frecuencia de vientos N, NE en la bahía de Cartagena	20
		13	Geomorfología de la zona de Calamar, 1987	20
		14	Geomorfología de la zona de Pasacaballos, 1991	21
		15	Excedencias en Calamar, 1990-1992	22
		16	Niveles promedio mensuales	22
		17	Niveles registrados en el canal. Período enero 1983-abril 1985	22
		18	Curva de calibración en el canal del Dique, km 6,5-7,0	23
		19	Distribución de caudales líquidos en bifurcaciones. 1984-1992	23
		20	Avance del delta del caño Lequerica	24
		21	Avance del delta del canal del Dique	24
		22	Relaciones entre el régimen hídrico del canal y de los sistemas cenagosos	25
		23	Relación entre la frecuencia de los vientos alisios y caudales medios del canal del Dique con la concentración de sedimentos en la bahía de Cartagena	26
		24	Ensayos bacteriológicos: a. Calamar, b. Pasacaballos	28
		25	Hg en agua, sedimentos y músculos de peces, Pasacaballos	29
		26	Procedimiento de evaluación ambiental	33
		27	Medios naturales y culturales asociados al canal del Dique	44
		28	Plan de manejo integral	54
		29	Opciones de evaluación económica de costos y beneficios	51
	Contenido			
		<i>p</i>		
	introducción	5		
	contextos nacional y regional el proyecto	7		
	metodología	9		
	aspectos legales e institucionales	14		
	oferta ambiental	15		
	clima	18		
	geomorfología	18		
	dinámica fluvial	20		
	dinámica estuarina de los sedimentos	22		
	hábitats y organismos	25		
	sistema antrópico	27		
	demanda ambiental del proyecto de dragado	32		
	balance oferta vs. demanda del proyecto de dragado	33		
	manejo ambiental del proyecto de dragado	36		
	oferta ambiental del sistema canal del dique	38		
	demanda ambiental del sistema canal del dique	43		
	balance oferta vs. demanda sistema canal del dique	46		
	manejo ambiental sistema canal del dique	48		
	bibliografía	50		
		52		

Indice de tablas

<i>Nº</i>		<i>p</i>	<i>Nº</i>	<i>p</i>	
1	Cambios de geometría del canal	10	22	Identificación de efectos del proyecto de dragado en Calamar a. y Pasacaballos, b.	35
2	Relación de dragados	10	23	Atributos de la función de deterioro	34
3	Dimensiones de las obras	12	24	Evaluación de efectos del proyecto de dragado a. en Calamar, b. en Pasacaballos	35
4	Reuniones interinstitucionales	14	25	Jerarquización de los valores de la función de deterioro	36
5	Aspectos jurídicos e institucionales	15	26	Evaluación de efectos del proyecto de dragado en Calamar, a. y Pasacaballos, b.	36
6	Instituciones relacionadas con la gestión ambiental regional	17	27	Condicionantes ambientales previos	38
7	Características de las estaciones	18	28	Medidas de mitigación	39
8	Catálogo de fotos aéreas	20	29	Programas de seguimiento y moniroría	40
9	Régimen de caudales	23	30	Equipo recomendado para manejo de derrames de hidrocarburos	41
10	Sedimentos	23	31	Normas de manejo ambiental	41
11	Parámetros y de áreas evaluadas	27	32	Atributos de la función de deterioro, sistema Canal del Dique	46
12	Características físicas del agua en el canal	28	33	Descripción de los indicadores ambientales, sistema Canal del Dique	46
13	Características físicas del agua	28	34	Identificación de efectos en el sistema Canal del Dique	47
14	Análisis bacteriológicos	28	35	Jerarquización de efectos por sistemas	48
15	Metales pesados en agua (fase total $\mu\text{g/l}$) y en sedimentos ($\mu\text{g/kg}$)	29	36	Jerarquización de efectos por procesos	48
16	Hidrocarburos en sedimentos	29	37	Evaluación de efectos del sistema Canal del Dique	49
17	Fitoplancton en desembocadura del canal	31	39	Jerarquización de efectos del sistema Canal del Dique	49
18	Zooplancton en desembocadura del canal	31	39	Estudios recomendados etapa de factibilidad	51
19	Información básica sistema antrópico	32			
20	Actividades y procesos del proyecto	33			
21	Elementos ambientales y descripción de efectos potenciales	34			

El mantenimiento de la navegabilidad en el Canal del Dique reviste especial importancia para el transporte fluvial de productos de interés nacional y, junto con el mejoramiento de la navegabilidad en el río Magdalena, hacen parte del Plan Maestro Nacional del Transporte, elaborado por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) para implementar el proceso de apertura económica que ha querido destacar el presente gobierno.

El Canal del Dique se desprende del río Magdalena en Calamar (km 91, tomando como km 0 a Barranquilla) y desemboca después de 115 km de recorrido por el sitio Pasacaballos en la bahía de Cartagena; integra así al puerto y a la industria de Cartagena con el interior del país por una vía fluvial. Figuras 1. y 2.

El programa de mantenimiento de la vía contempla los dragados periódicos de los accesos al canal en Calamar y Pasacaballos en donde,

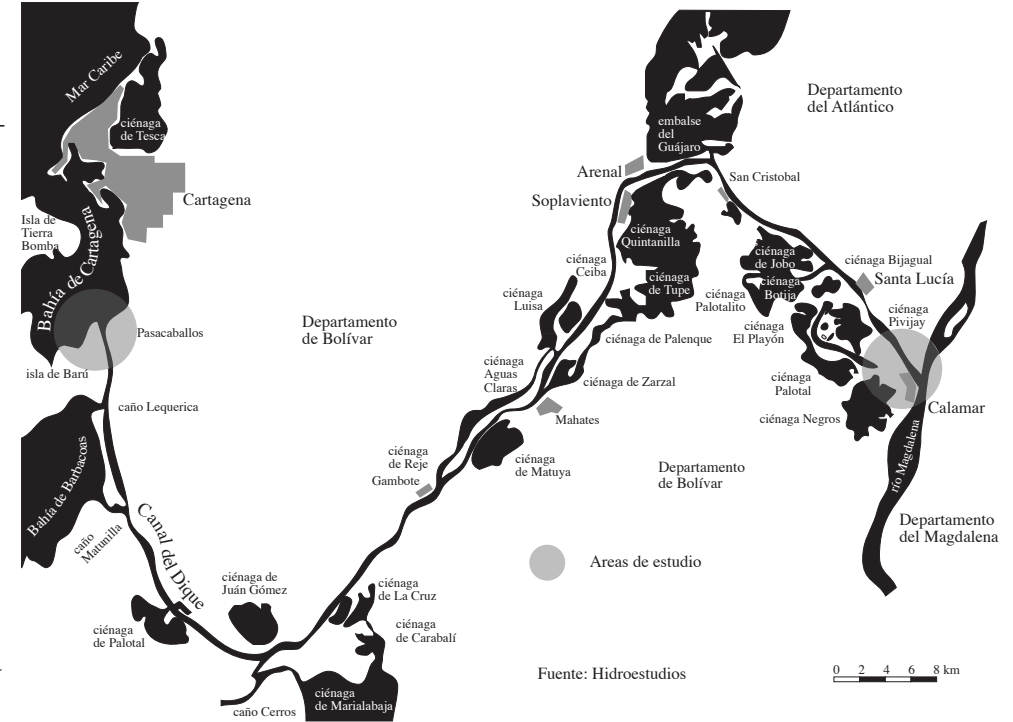


Figura 2. Localización regional del proyecto



Figura 1. Localización nacional del proyecto

por variación de las condiciones hidráulicas de flujo, se forman depósitos o barras de sedimentos que obstaculizan la navegación.

El proyecto de ingeniería fué desarrollado por la Dirección de Navegación y Puertos del MOPT a través de la Unidad de Estudios Fluviales-Buque Explorador (UEFBEX). El estudio de impacto ambiental fué contratado por el MOPT-FONADE, (Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo) con base en términos de referencia adaptados de los emitidos para el proyecto de mejoramiento de la navegabilidad en el río Magdalena, tramo Barrancabermeja-La Gloria,

aprobados por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA). La interventoría estuvo a cargo de la Unidad Ambiental del MOPT, con la supervisión de un Comité integrado por FONADE, INDERENA y MOPT.

Dos aspectos deben destacarse del presente estudio de impacto ambiental:

1. Por norma (Decreto 1541 de 1978 § 104), el MOPT no requiere licencia del INDERENA cuando ejecuta obras de dragado para el mantenimiento de vías fluviales. Sin embargo, dado que el proyecto actual exige dragados

Foto de convoy en el Dique

frente a islas del río para mantener acceso al canal, el MOPT tomó la decisión de evaluar los efectos ambientales del programa de mantenimiento.

2. En desarrollo del estudio, el MOPT admitió las recomendaciones del consultor, en el sentido de incluir en el informe una evaluación ambiental preliminar del sistema fluvio-estuarino del Canal del Dique, habida consideración de los efectos negativos que,

Ranchería a orillas del Dique

independientemente de la navegabilidad, produce la existencia del canal.

El desarrollo de la evaluación del proyecto de dragado comprende el diagnóstico y análisis de los sistemas abiótico, biótico y antrópico que constituyen la oferta ambiental en la zona de influencia; la descripción de las actividades y procesos del proyecto que conforman la demanda ambiental; la evaluación de las interacciones entre los elementos ambientales vs. las

actividades y procesos del proyecto, mediante una metodología desarrollada específicamente para este estudio; la jerarquización y evaluación de los efectos más deletéreos y, finalmente, el diseño de las estrategias de manejo para la mitigación de los mismos.

La evaluación ambiental preliminar del sistema Canal del Dique, parte de la descripción de los medios naturales y culturales asociados al canal, presentada en el capítulo oferta ambiental del sistema Canal del Dique. En los capítulos finales

Vista aérea de Calamar

se presenta una primera aproximación a la demanda ambiental del sistema, al balance oferta-demanda, y se formulan recomendaciones para la evaluación detallada de la problemática y se sugieren alternativas de acción.

La importancia del Canal del Dique no sólo está circunscrita a los sectores de Calamar y Pasacaballos, en donde el problema de la sedimentación atrae la atención del MOPT, para resolverlo y asegurar el transporte fluvial. La navegabilidad en el Dique se inscribe en el contexto nacional como un componente muy importante dentro del modo fluvial de transporte de carga en general que sirve al centro del país (Figura 3.). Dentro del contexto regional se destaca por el soporte que presta a los ecosistemas naturales (humedales), a la infraestructura (acueductos, distritos de riego) generada con base en el Dique, y al desarrollo industrial y portuario de la ciudad.

Contexto Nacional

El proyecto de dragados en el Canal del Dique está íntimamente relacionado con la navegabilidad en el río Magdalena. Cerca del 80% de la carga movilizada por el río (2 millones de Tm/año) utiliza el canal; ésta es principalmente hidrocarburos desde Barrancabermeja, y carbón desde Tamalameque hasta Cartagena y Barranquilla. Igualmente, se utiliza el canal para el transporte de hidrocarburos desde Cartagena para abastecer el mercado de Barranquilla y de la gasolina importada con destino a Barrancabermeja. Otros productos son abonos, chatarra y, en menor escala, cemento, bebidas, ganado y productos agrícolas.

El río Magdalena mueve el 29% de la carga que va desde el centro del país a la costa atlántica, la que a su vez representa el 19,2% de la carga de comercio internacional. La flota transportadora consta de 109 remolcadores con capacidad remolcadora de 203.455 Tm, y 482 botes con capacidad transportadora de 196.895 Tm.

contexto nacional y regional

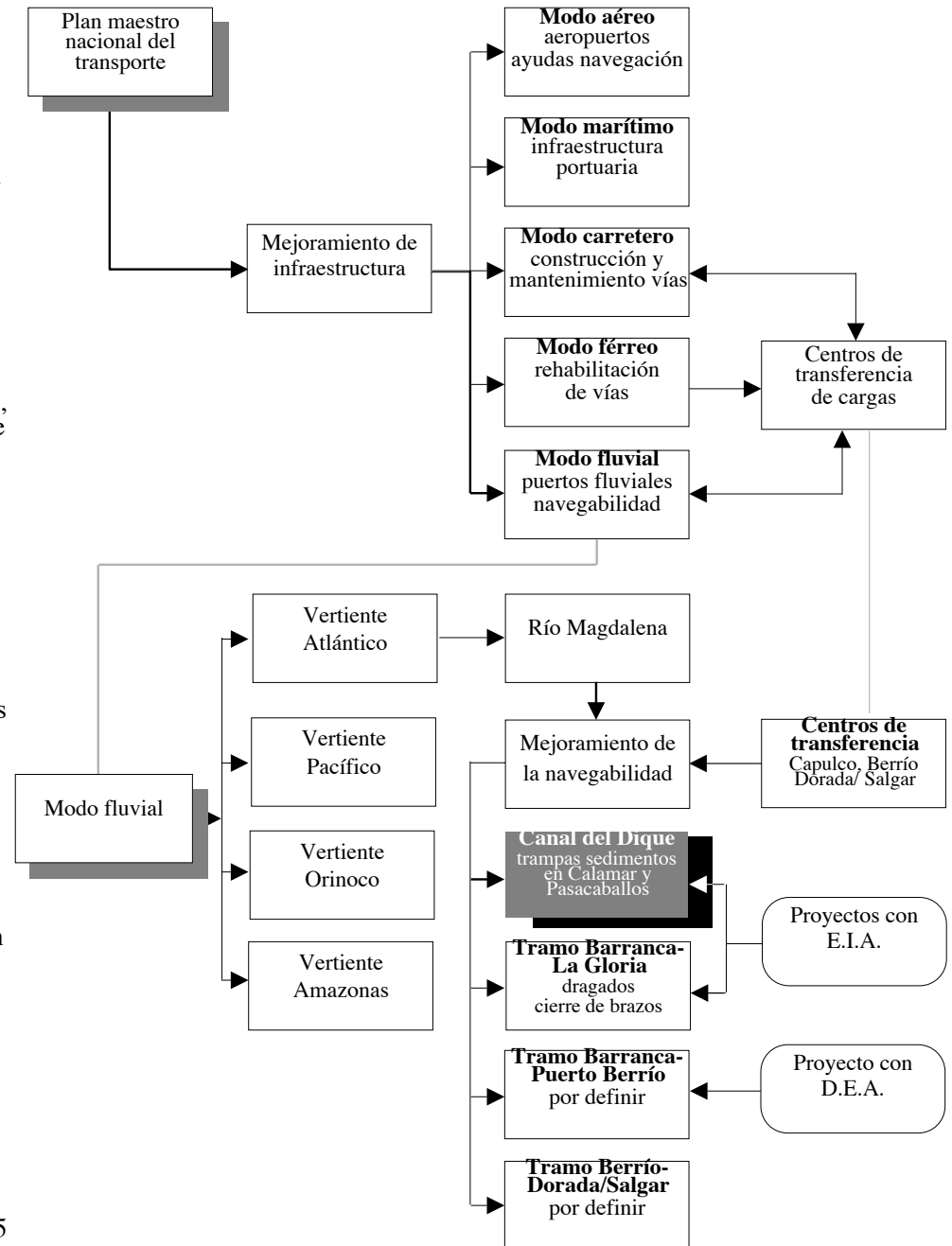


Figura 3. El mejoramiento de la navegación en el río Magdalena en el contexto nacional

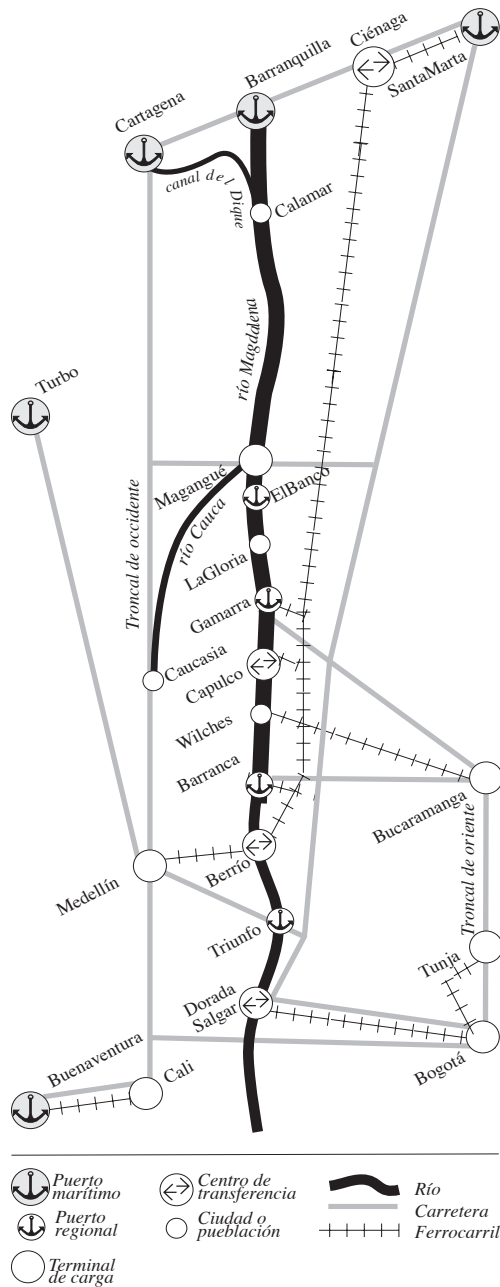


Figura 4. Red de transporte en el corredor del Magdalena

La edad promedio de la flota está por encima de los 40 años.

La infraestructura portuaria consta de 13 muelles de importancia regional. La rehabilitación del eje fluvial Canal del Dique-Río Magdalena está incluida dentro del Plan Maestro Nacional del Transporte, propuesto para la modernización e integración nacional de los diferentes modos (aéreo, marítimo, fluvial, carretero, férreo). La evaluación económica del MOPT estima para el año 2010 una movilización de 1,5 millones de Tm anuales para el escenario sin proyecto, y de 4,9 millones con proyecto.

Se ha previsto la intensificación del transporte bimodal (río-carretera y río-ferrocarril), aprovechando el menor costo del transporte fluvial. Mover una tonelada de carga en el río cuesta la mitad que en ferrocarril y una quinta parte que en carretera. El plan contempla además el mejoramiento de la navegabilidad en el río, el mantenimiento del canal del Dique, la construcción de centros de transferencia en puertos fluviales y la adecuación de la red vial y férrea.

En los centros de transferencia se movilizarán para ese mismo horizonte, 2,3 millones de toneladas. El 50% llegará hasta Santafé de Bogotá, vía Puerto Salgar; el 45% hasta Medellín, vía Puerto Berrío y el restante 5% utilizará a Capulco para su transferencia y distribución. Figura 4. El escenario sin proyecto prevé para el año 2010 la disminución en un 10% del número de convoyes petroleros y en un 56% el de embarcaciones de carga general. Con el proyecto, el tráfico de convoyes petroleros aumentará a 3 diarios y la flota de carga seca y graneles se incre-

mentará en un 500%.

Contexto Regional

En el contexto regional el canal del Dique desempeña un papel muy importante; la funcionalidad y eficiencia de varios tipos de áreas y de desarrollos dependen directamente del volumen y calidad de sus aguas.

Existe en la bahía de Cartagena una zona industrial que utiliza el agua del Dique para sus procesos y cuenta con un total de 53 muelles, la mayoría de ellos con doble carácter marítimo y fluvial, que movilizan por el canal alrededor de 1,5 millones de ton/año. Hay 10 sistemas cenagosos asociados al ciclo de niveles del canal, con 25.000 ha de inundación permanente (60.000 ha en aguas altas) que actúan como sistema de amortiguación. Este ciclo de niveles aumenta la productividad biológica de las ciénagas, donde se han organizado gremios de la pesca artesanal que trabajan por su defensa.

Cartagena y 21 poblaciones más utilizan las aguas del Dique para satisfacer los consumos de cerca de 1,0 millón de habitantes. La industria camaronera utiliza las aguas salobres de la zona estuarina, para la explotación de cerca de 800 ha de

estanques. Para el riego, se utiliza el agua del canal en el distrito de Repelón, Atlántico, con 3.800 ha, y se estudia la factibilidad de construir otro en San Estanislao, Bolívar, con 4.500 ha; por otra parte, existen otras zonas agrícolas que no están organizadas en distritos de riego, pero que utilizan las aguas de las ciénagas (Calamar, Piedras) para sus regadíos, y la industria de la zootecnia que toma el agua directamente del canal (Santa Lucía) o a partir de la tubería de conducción del acueducto de Cartagena (sector Gambote-Turbana). Figura 5.

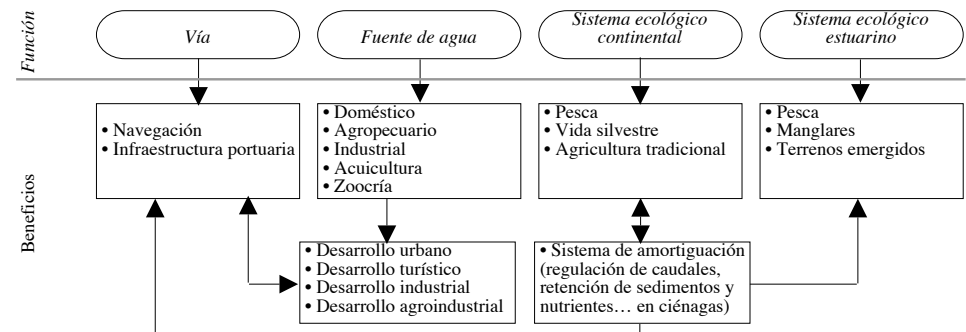


Figura 5. Beneficios regionales directos del sistema canal del Dique

el proyecto

Reseña histórica del canal del dique

El día 23 de octubre de 1649 el Cabildo de Cartagena de Indias tomó la decisión de adelantar la construcción de un canal que permitiera la comunicación fluvial de la ciudad con el río Magdalena, aprovechando una serie de ciénagas y pantanos localizados entre la bahía de Barbacoas y el río. De esta manera se daría solución a las dificultades que enfrentaba el transporte terrestre de productos durante la época de invierno, cuando se hacían intransitables los caminos.

Varios gobernantes habían intentado infructuosamente desarrollar el proyecto desde las primeras décadas del siglo XVII, hasta que el Gobernador Don Pedro Zapata de Mendoza logró interesar a los cabildantes para que dieran la orden de estudiar la construcción de la obra. La comisión de estudios, integrada por Fray Francisco de Rada y el ingeniero militar Capitán Juan de Semovilla y Texada, presentó el 19 de enero de 1650 su informe al Cabildo recomendando la obra, la cual se ejecutó en un período de seis meses y con la participación de 2.000 indígenas y esclavos de los encomenderos.

La ruta se iniciaba en la barranca de Mateo Rodríguez a la orilla del río Magdalena hasta la ciénaga de Matunilla y luego, por la Boca de las Calderas, a la bahía de Barbacoas. Se continuaba por el caño del Estero, que unía las dos bahías, hasta la de Cartagena y luego por ésta hacia el norte para llegar finalmente a la ciudad.

Por diferentes circunstancias, entre ellas, unas administraciones deficientes y la competencia que representaba frente al transporte terrestre, se presentaron cierres del canal más o menos prolongados a lo largo de los dos siglos siguientes.

En el año de 1844 se iniciaron unas obras de limpieza que incluyeron la apertura de una nueva comunicación en línea recta entre las poblaciones de Calamar y Santa Lucía. A partir de estas obras comienza a figurar Calamar en la historia del canal como nuevo punto de la difluencia del río. Las obras fueron diseñadas por el ingeniero inglés Ramsay y ejecutadas por el ingeniero civil norteamericano G. M. Totten.

Entre los años 1923 y 1930 se realizó por parte de la firma *The Foundation Company* un importante trabajo de rectificaciones y dragados donde se removieron cerca de once millones de metros cúbicos de material.

En 1934, el curso inferior del canal se prolongó en tierra firme con la excavación del denominado *corte de Paricuica*, desde el sector de Matunilla hasta el caño del Estero. Con esta obra comienza la llegada de aguas dulces a la bahía de Cartagena por el sitio de Pasacaballos, dándole las condiciones de estuario.

Entre 1950 y 1952 se hicieron con la *Standard Dredging* nuevos trabajos de rectificación y ampliación del cauce, suprimiendo la antigua conexión de salida a la ciénaga de Matunilla y manteniendo la desembocadura en Pasacaballos vía caño del Estero.

Con el fin de reducir la cantidad de sedimentos que llegaban a la bahía de Cartagena, se decidió aprovechar la bahía de Barbacoas para hacer descargas laterales desde el Dique a través de dos caños. El primero en 1957 en el km 100 del canal, abriendo un caño hacia la ciénaga de Matunilla y la Boca de las Calderas, y el segundo en el km 108, que se excavó durante las obras ejecutadas entre 1959 y 1961 denominándosele caño Lequerica.

Entre 1963 y 1973, se realizaron a través de varios organismos como el Laboratorio Central de Hidráulica de Francia LCHF), el Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas CETIH) de la Universidad de los Andes, de Bogotá, y la Misión Técnica Colombo-Holandesa MITCH), estudios básicos preliminares orientados a la solución de, entre otros problemas, la sedimentación en el canal y en la bahía, la formación de barras en el cauce y la adecuación de la sección a los tamaños y capacidades de los transportes usuales. Posteriormente, las firmas CEI Ltda. e Hidrotec terminaron en 1977 los prediseños de las obras, que luego de revisados y actualizados por el MOPT le permitieron contratar en 1981 su construcción con el *Consorcio Constructora Sanz y Cía. Cobe Ltda. Layne Dredging Co.*

Las obras se ejecutaron entre enero de 1982 y mayo de 1985 realizándose el 120% de los dragados contratados y el 60% de las obras civiles complementarias. Los objetivos básicos del contrato fueron los siguientes:

- Dragado de ampliación y rectificación del canal.
- Fijación del cauce con espolones en los sectores de sobreancho.
- Construcción de piscinas marginales para confinar sedimentos.
- Construcción de estructuras de conexión canal ciénagas.
- Dragado de trampas de sedimentos Calamar, Correa, Matunilla, Lequerica y Pasacaballos).

En el presente siglo la geometría del canal ha sido modificada tal como se ilustra en la tabla 1.

Monitoría y dragados desde 1985

Monitoría

A partir de 1985 el MOPT estableció un programa de monitoría permanente en el canal con el fin de conocer su evolución una vez finalizadas las obras ejecutadas en 1982-85, y designó a la Unidad de Estudios Fluviales-Buque Explorador UEF-BEX) para adelantar esta labor, que ha incluido, entre otros, los siguientes aspectos:

- *Análisis batimétricos*, mediante la ejecución de sondeos longitudinales y transversales orientados a la determinación de los requerimientos de dragados para mantener la navegación.

- *Caracterización hidrosedimentológica*, que incluye la realización de aforos líquidos y sólidos a lo largo del canal y medición de velocidades y salinidades en Pasacaballos. Hasta marzo/92 se han realizado un total de 379 aforos.

- *Análisis de sobreanchos*, en 11 sectores del canal en donde la disminución de la velocidad induce la sedimentación. Los sectores más críticos están en las abscisas km 30, km 36 y km 92.

Tabla 1. Cambios de geometría del canal

Característica	1923-30	1950-52	1982-85
Longitud del cauce, km	127	115	115
Nº de curvas	270	93	50
Radio mínimo m	191	500	1100
Tangente mínima m	4	150	500
Ancho de fondo m	35	45	65
Ancho superior del NRm ¹	41	56	75
Talud costados	1.5:1	2.5:1	2.0:1
Profundidad mínima m ²	2,1	2,4	2,5

¹ NR: Nivel de Reducción; nivel superado el 95% del tiempo

² Profundidad del canal respecto del N.R.

Fuente: Laboratorio de Ensayos Hidráulicos-BEX. Saenz, 1992

- *Investigaciones*, las principales se han relacionado con el rompimiento lateral del dique carretable Calamar-Santa Lucía en 1984, con el impacto del vertido de material dragado sobre zonas de manglar, y con el régimen de velocidades y salinidad en el estuario del canal.

- *Diseños y supervisión de construcción*, la UEF-BEX ha participado activamente en diseños, preparación de pliegos y especificaciones de licitación y supervisión de construcción de proyectos orientados al mejoramiento de la navegabilidad del canal.

Dragados

Los dragados de mantenimiento realizados entre 1985 y 1992 se presentan en la tabla 2.

Los dragados, junto con el refuerzo de los espolones en las zonas de sobreancho y la construcción de espolones de encauzamiento en la desembocadura de Pasacaballos, pretenden minimizar la sedimentación a lo largo del canal y reducir los costos de su mantenimiento.

Este proceso se ha ido cumpliendo en forma exitosa, de tal manera que se han suprimido los dragados de las trampas de Correa, Matunilla y Lequerica. En Pasacaballos, la investigación sobre velocidades y salinidad UEF-BEX, 1992) determinó que la trampa induce la penetración de la cuña salina, lo que acelera la precipitación de sedimentos y la formación de la barra que obstruye la navegación. Por tanto, se recomendó suprimir también esta trampa y programar el dragado periódico de la sección mínima requerida para navegar. Por otra parte, el INDERENÁ recomendó suspender los dragados de mantenimiento de los caños Matunilla y Lequerica, para reducir la llegada de sedimentos a la bahía de Barbacoas.

Lo anteriormente expuesto permite inferir que todo el sedimento que ya no se draga en las trampas señaladas y el que ya no se deriva por los caños a Barbacoas está llegando a la bahía de Cartagena.

Descripción de las obras

Los dragados de mantenimiento del canal se han limitado a la limpieza anual de las trampas de Calamar y Pasacaballos, dependiendo, obviamente, del régimen hidrosedimentológico del río Magdalena.

Debido a la evolución geomorfológica del cauce del Magdalena se han formado depósitos de sedimentos e islas que obstruyen el acceso al canal frente a Calamar. El programa de mantenimiento de este año incluye el dragado de unos canales en el río para reorientar el sistema de corrientes e inducir una dinámica tendiente a despejar el acceso.

Calamar

El programa de este año incluye el

Tabla 2. Relación de dragados

Sitio	Fecha	Volumen m ³ x10 ³
Trampa Calamar	3.-4.87	283
Trampa Calamar	1.- 4.89	297
Trampa Calamar	1.-9.91	400
Trampa Calamar	1.-4.92	214
Kilómetro 30	7.91	30
Trampa Lequerica	3.-5.91	50
Lequerica-bahía Cartagena	4.-11.89	700
Pasacaballos	1. 91	50
Pasacaballos-bahía Cartagena	3.-4.92	162

Fuente: LEH-BEX, 1992

dragado de la trampa en el Canal del Dique y, en el río Magdalena, los dragados de un canal de derivación, un canal paralelo y, eventualmente, de un canal alterno. Ver figura 6.

a) Canal de Derivación

Localizado entre las islas Becerra y La Loca para derivar aguas desde el brazo de Pedraza al de Calamar, con el fin de acelerar el proceso de dinámica fluvial que con el tiempo debe llevar el talweg del río nuevamente hacia la margen de Calamar y solucionar los problemas en la entrada al Canal del Dique. El volumen de dragado a enero 26/93 era de 226.000 m³ y se prevé disponer el material junto al playón que forma la isla La Loca en el brazo de Pedraza.

b) Canal Paralelo

Está ubicado lateralmente a unos 20 m de la orilla de Calamar, con el objeto de no tocar la estructura del muelle y evitar así su erosión por causa del dragado. A enero 14/93 el volumen a dragar se estimó en 40.000 m³ y el material deberá verterse en el río a profundidades mayores de 8 m. Por su localización deberá organizarse un horario de

dragados y de paso de convoyes para no interrumpir su tráfico. De no ser ésto posible, deberá dragarse previamente el canal alternativo para garantizar el movimiento de embarcaciones.

c) Trampa de Calamar

Es una sobreexcavación que se realiza en el fondo del canal en sus primeros 700 m, con el fin de capturar los sedimentos de fondo que ingresan al Dique y devolverlos al río. El volumen de dragado a enero 14/93 es de 278.000 m³ y el material

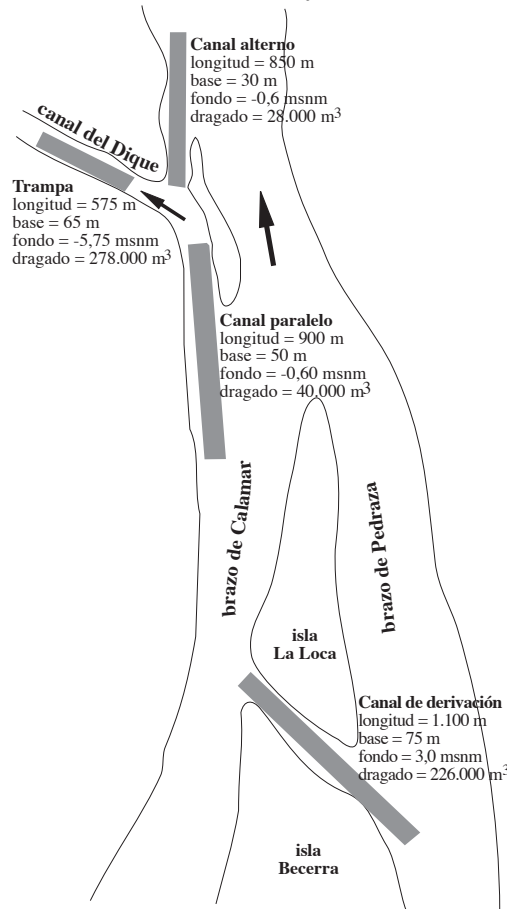


Figura 6. Obras de Calamar

se depositará en el río a profundidades mayores de 8 m. Con las actuales tasas de sedimentación, de 770 a 990 m³/día, se espera que este dragado tenga una vida útil de 8 meses. La planta y el perfil de la trampa se presentan en las figura 7.

d) Canal Alterno

Este canal estará localizado sobre el costado izquierdo del río aguas abajo de la difluencia del Dique y se dragará en caso de no poder organizar un horario de trabajo permita el paso de remolcadores en el canal paralelo. A enero 14/93 el volumen de dragado es de 28.000 m³ y el material deberá verterse en el río a profundidades mayores de 8 m.

Pasacaballos

En este sitio tiene lugar la formación de una barra de sedimentos cuando entran en contacto las aguas dulces del Canal del Dique con las aguas marinas de la Bahía de Cartagena. La obra consiste en la remoción del sedimento en el canal de acceso que se encuentra por encima de la cota 2,60 m bajo el nivel de reducción; el material se vierte en los costados externos de los espigones. En los dos últimos dragados se vertió al costado del espigón izquierdo.

El volumen de dragado varía en función del régimen hidrosedimentológico del río Magdalena y del canal y de los efectos de las obras de encauzamiento adelantadas en la desembocadura. Para este año se dragará entre las abscisas km 113,900 y km 115,400. El volumen de dragado a enero 31/93 es del orden de los 50.000 m³.

El material se verterá sobre el playón de la bahía que forma el delta del canal en su costado izquierdo, donde ya se ha descargado en años anteriores. En la figura 8. (arriba) se

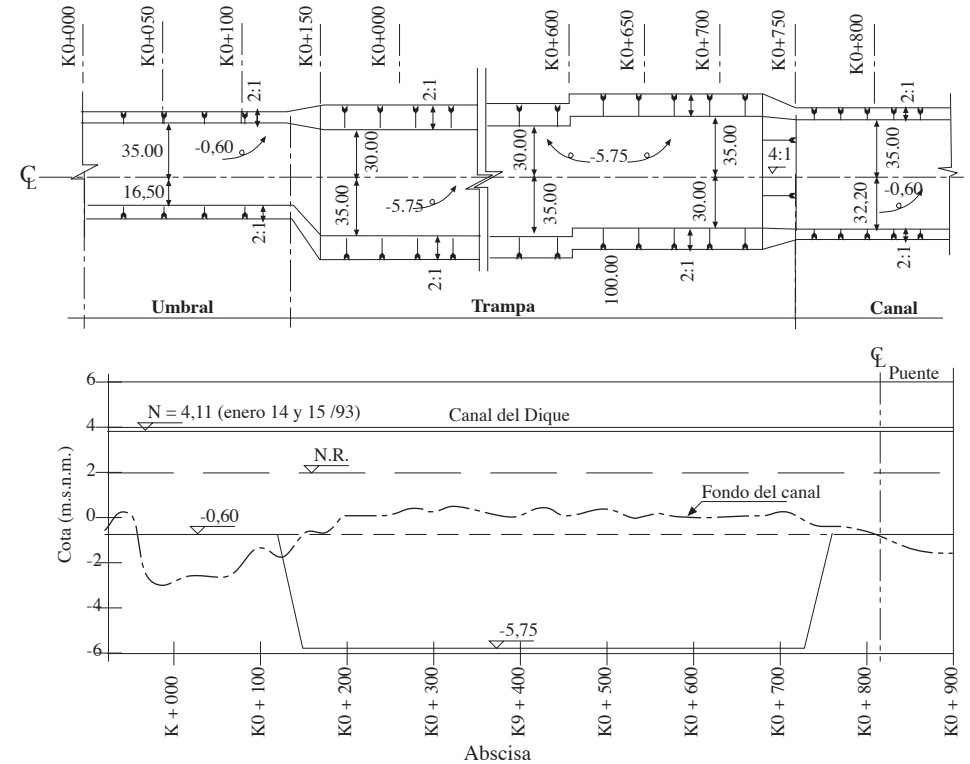


Figura 7. Planta (arriba) y perfil de la trampa de Calamar

presenta la planta del canal y las obras de encauzamiento construídas, la sección de dragado; un perfil por el eje del canal y la evolución de los fondos detectada con las batimetrías de octubre 14/92 y enero 31/93.

Características de las Obras

La tabla 3. presenta un resumen del dimensionamiento de las obras y sus características principales.

Equipo de Dragado

Se empleará una draga flotante de succión que consta de los siguientes elementos:

- Un cortador sumergido sujeto al brazo de la draga, cuya misión es

agitar el fondo para resuspender los sedimentos. Algunas dragas en vez de cortador utilizan eyectores de agua para resuspender el material.

- Una bomba cuya tubería de absorción está también sujeta al brazo y contigua al cortador, que succiona el material resuspendido, o lodo, y lo eleva al nivel de la draga.
- Una bomba de impulsión en la draga que envía el lodo por tubería hasta el sitio de vertimiento.
- La tubería de expulsión es de material flexible con un diámetro entre 20-30 cm y puede tener hasta 1.500 m de longitud.
- Equipo de manipulación de la tubería; en el caso de Calamar se

utilizarán pequeños remolcadores con grúas flotantes; en Pasacaballos el equipo se adicionará con pequeñas grúas sobre orugas.

- Equipo de apoyo en tierra y en agua: lanchas auxiliares para batimetrías, transporte de personal, etc., y vehículos de tierra para movilización de combustibles y de personal.

La capacidad de las dragas que normalmente se utilizan para esta operación varía entre 0,5 y 1,0 m³/s de lodo vertido. Este lodo contiene entre el 15% y el 20% de material removido; el resto es agua.

Duración de las obras y cronograma

La duración de las obras depende del rendimiento del equipo a utilizar y este rendimiento es función de la capacidad de la draga y de la longitud de tubería necesaria para el vertimiento del material. En promedio se han considerado rendimientos entre 2.000 y 5.000 m³/día. La duración estimada de las obras se presenta en la tabla 3.

El cronograma de las obras no se puede establecer con precisión porque depende del comportamiento hidrosedimentológico del río y, en el caso de Pasacaballos, adicionalmente depende de la efectividad de las obras de encauzamiento con espolones, la cual hasta el momento es positiva en el sentido de que está induciendo un movimiento de la barra hacia la parte más profunda de la bahía., pero con consecuencias deletéreas sobre este hábitat. Por estas razones, el MOPT ha dispuesto una monitoría permanente del canal realizada por la UEF-BEX.

En términos generales se ha estimado que anualmente es necesario

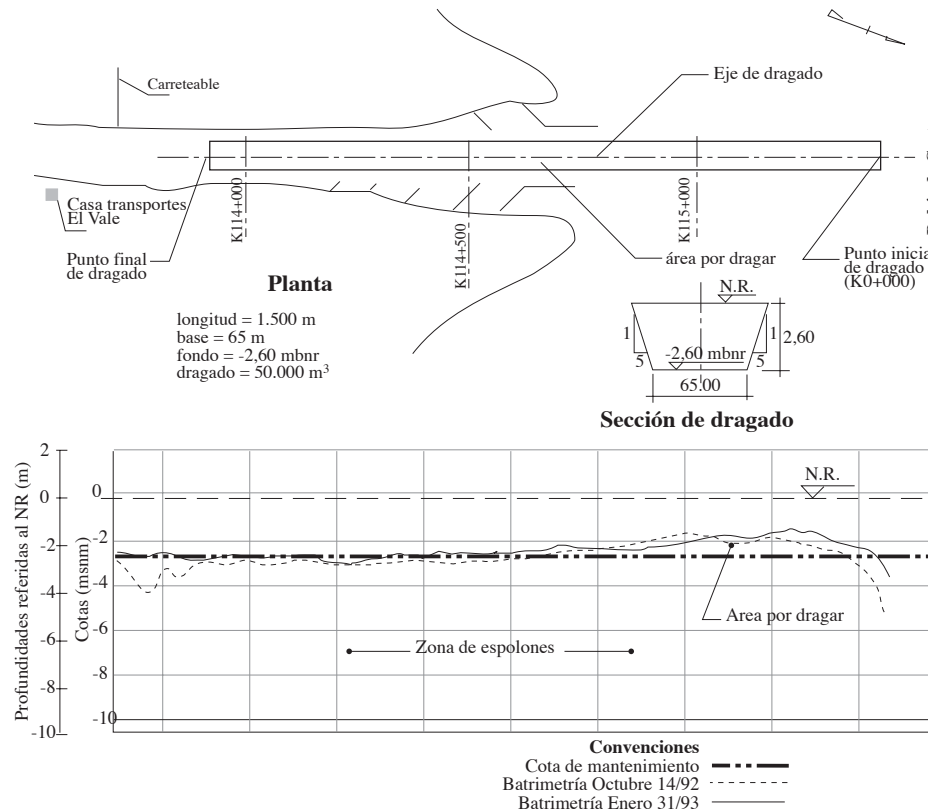


Figura 8. Planta (arriba) y perfil del canal de acceso en Pasacaballos

Tabla 3. Dimensiones de las obras

Obra	Longitud m	Base m	Talud	Fondo msnm	Dragado m ³ x10 ³	Duración días
Calamar						
Canal de derivación	1.100	75	1H:1V	-3,00	226	60
Canal paralelo	900	50	3H:1V	-0,60	40	20
Trampa	575	65	2H:1V	-5,75	278	60
Canal alterno	850	30	3H:1V	-0,60	28	15
Pasacaballos						
Canal de acceso	1.500	65	5H:1V	-2,80	50	25

Fuente: UEF-BEX, 1993

hacer un dragado de mantenimiento en Calamar de 300.000 m³ y en Pasacaballos de 50.000 m³. Las fechas más propicias para el mantenimiento se han establecido hacia finales de la

época de aguas altas, que normalmente se produce en el mes de enero. Sin embargo, dada la aleatoriedad del comportamiento hídrico del

río, es la monitoría la que precisa la fecha y volumen de los dragados.

Area de influencia

Del proyecto de dragado

Se limita estrictamente a las corrientes donde se van ejecutar los dragados y a los sitios donde se van a verter los sedimentos. Cuando se vierte en la corriente, el sedimento de fondo extraído se precipita en un tramo no mayor de 600 m. No obstante, considerando que en Calamar el dragado se relaciona con la dinámica de las islas y que en Pasacaballos el vertido se hará sobre un área de playones, se definió para cada uno de los accesos una sola área de influencia directa e indirecta, de la siguiente manera:

- **Calamar:** El río Magdalena frente a Calamar en una longitud de 4 km y las islas asociadas. El Canal del Dique desde su origen hasta el km 1,5 y la propia población de Calamar.

- **Pasacaballos:** 1,5 km finales del cauce del Canal del Dique y en sus orillas con una extensión de 6 ha; la bahía de Cartagena en el área de la mancha de sedimentos que produce la corriente, que es variable; la zona de bajamar o playón a la izquierda de la desembocadura donde se vierten los materiales, actualmente tiene una extensión de 12 ha y finalmente la población de Pasacaballos.

Del sistema Canal del Dique

Incluye toda el área de ciénagas asociadas al canal, desde su bifurcación del río Magdalena hasta sus

desembocaduras, las bahías de Cartagena y de Barbacoas, las islas de Tierrabomba y Barú, el archipiélago de las islas del Rosario, la jurisdicción del Parque Nacional Natural Corales del Rosario, los distritos de

riego de Repelón y San Estanislao, la ciudad de Cartagena y las poblaciones que se sirven del Canal del Dique para su abastecimiento de agua.

Este estudio de impacto ambiental consistió en la confrontación de un estado actual del medio físico, biótico y antrópico en las zonas de influencia del proyecto (oferta ambiental), con las posibles alteraciones originadas por el proyecto (demanda ambiental). En la determinación de la importancia de las interacciones resultantes (balance demanda vs. oferta) y en la definición de las acciones necesarias para mitigar los efectos negativos y potenciar los positivos (plan de manejo).

Para establecer la oferta ambiental se utilizó información de tres tipos:

- *Documental*. Estudios, mapas, informes, estadísticas y otros documentos (publicados e inéditos) sobre diversos aspectos del Canal del Dique y su entorno físico, biótico,

cultural, legal e institucional. Los documentos consultados se mencionan en la bibliografía con referencia completa; los de mención necesaria con autor y fecha dentro del texto del informe.

- *Reuniones de interacción institucional*. Reuniones de discusión y conceptualización de aspectos técnicos y ambientales del consorcio consultor, con funcionarios del MOPT (Unidad Ambiental, Dirección de Navegación y Puertos, Planeación, Crédito Externo), UEF-BEX, INDERENA, FONADE, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Banco Mundial (WB) y algunas organizaciones no gubernamentales (ONG's).

La cronología, instituciones y aspectos tratados se resumen en la tabla 4.

- *Información de campo*. Recolección y análisis de datos de campo para los aspectos físicos, bióticos y antrópicos.

La metodología seguida para los pasos subsecuentes de la evaluación tanto del proyecto de dragados, como del sistema Canal del Dique (demanda, balance y plan de manejo ambientales), se detalla en los capítulos correspondientes.

Tabla 4. Reuniones interinstitucionales

Fecha	Organizaciones	Aspectos tratados
18.1.93	UEF-BEX	Información preliminar sobre el proyecto
1.2.93	MOPT,UEF-BEX, FONADE	Términos de referencia Inderena y WB. Criterios básicos de las obras propuestas. Aspectos legales. Criterios para divulgación del proyecto
23.2.93	MOPT, UEF-BEX, FONADE, INDERENA	Alcance de los estudios. Proyecto definitivo de obras (planos de licitación)
2.3.93	MOPT, UEF-BEX, FONADE, INDERENA	Visita a zona de proyecto
24.3. 93	MOPT, UEF-BEX, FONADE, INDERENA	Alcance definitivo de los estudios. Proyecto de dragado
2.4.93	MOPT	Presentación proyecto ante seminario MOPT de manejo ambiental
29.4.93	WB, MOPT, INDERENA, FONADE	Viaje a la zona del proyecto. Requerimiento, guías ambientales del WB e Inderena
4.5. 93	MOPT (Planeación)	Discusión sobre significación del proyecto en el Plan maestro Nacional del Transporte
28.5. 93	FONADE, MOPT, INDERENA, Corporación Río Magdalena, Fundación Alma, Findeter, Gobernación de Antioquía (Proyectos especiales), Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA),	Presentación general del proyecto de ingeniería, el estudio de impacto ambiental. Aportes y comentarios de las ONG's y demás organizaciones
1.6.93 y 9.6.93	MOPT (Unidad Ambiental)	Revisión estado de avance del estudio. Observaciones y sugerencias de interventoría. Criterios para presentación estudio en seminario de Cartagena ante WB
13.6.93 a 18.6.93	WB, MOPT (Dirección de Navegación y Puertos, Unidad Ambiental, Planeación, Credito Externo, Secretaría Técnica), Universidad de Cartagena, Universidad Militar, INDERENA (Subgerencia Técnica y Regional Bolívar), CIOH, DÍMAR, DNP.	Presentación general del proyecto, del estudio de impacto ambiental. Información del WB sobre guías procedimientos, especificaciones, requisitos y presentación de informes sobre aspectos ambientales en los proyectos financiados por esa cantidad. Observaciones, sugerencias de INDERENA. Aportes, comentarios de los demás asistentes

Entidades y legislación

Las políticas para el manejo ambiental en Colombia tuvieron comienzo legal con la creación del INDERE-NA, mediante el Decreto-Ley 2420 de 1968, y con la puesta en vigencia del Código de los Recursos Naturales y Protección del Medio Ambiente (CRNR), mediante el Decreto 2811 de 1974, el cual fue expedido por la Presidencia de la República en virtud de las facultades extraordinarias que le fueron concedidas en la Ley 23 de 1973.

Desde ese año se han diseñado leyes y decretos reglamentarios que apoyan desde el punto de vista técnico y jurídico las acciones que definen la gestión ambiental y las entidades del orden nacional, regional y municipal encargadas de desarrollarlas. Ver tabla 5.

El CRNR (decreto 2811 de 1974) en sus artículos 27, 28 y 29, establece la obligación de realizar estudios de impacto ambiental como requisito previo a la ejecución de cualquier obra "*que por sus características, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje*".

La misma norma indica que en dichos estudios se deberán tener también en cuenta "*además de los factores físicos, los de orden económico y social, para determinar la incidencia que la ejecución de las obras mencionadas pueda tener sobre la región*".

Gestión ambiental a nivel regional

La gestión es realizada por una oficina regional del INDERENA con sede en Cartagena, al mando de

Tabla 5. Aspectos jurídicos e institucionales

	Temática	Legislación
Constitucional	Principios de protección al medio ambiente El saneamiento ambiental como servicio público Derecho a un ambiente sano Planificación de recursos naturales a cargo del Estado Protección del espacio público a cargo del Estado Garantía a la propiedad privada	Constitución 1991 § 49 § 79 § 80 § 82 § 58
Bienes	Ríos y aguas que corren por cauces naturales son bienes de la Unión Aumento de ribera de río, y formación de islas por <i>aluvión</i> Modo de adquirir propiedad llamado <i>accesión</i> , requisitos Bienes que integran la Hacienda Nacional Islas de ríos navegables por buques de más de 50 Tm son baldíos Trámite para recuperar dominio de tierras ocupadas indebidamente Competencia del Incora para trámite de recuperación de tierras Intervención de Procuraduría Agraria en recuperación de tierras Franja de terreno que debe permanecer intacta en predio riberano	§ 677 Código Civil § 719, 726 CC § 713, 720 CC Código Fiscal. § 44 y 45 CF § 3 y ss D.1265/1977 L. 136/61, L. 30/88 § 13 L. 135/1961 § 83 D 2811/74
Ambiental	Facultad para expedir Código de Recursos Naturales Renovables Creación del Inderena como máxima autoridad ambiental del país Código de Recursos Naturales Renovables, Principios Generales El ambiente se constituye en patrimonio común Derecho a gozar de un medio ambiente sano Código Sanitario, para el desarrollo del ambiente sano Obliga a Mineducación promover educación sobre medio ambiente Creó la comisión conjunta para asuntos ambientales Normas sobre explotación y exploración de petróleo y gas Desarrollo del Decreto 1895/73 Código de Minas derogó L. 1 de 1984 Cláusula ecológica en contratos de exploración/explotación de RN	L. 23/1973 D 2460/1968 D.2811/1974,CRNR § 1 CRNR § 7 CRNR L. 9 de 1979 D.1337/1978 D.1415/1978 D.1895/1973 Código de Petróleos Código de Minas D.2782/89
Tutela	Acción de tutela Derechos que protege la acción de tutela; Derechos Fundamentales Ampliación del campo de acción de tutela	§ 86 Constitución/91 § 11-41 Const/91 D.2591/91
Navegación fluvial	Regulación General Regulación Especial Obligaciones del Capitán de la Embarcación Especificaciones y adaptaciones técnicas de embarcaciones Marcaje de mercancías: peligro, aislamiento, fragilidad, etc. Presupuesto para cubrir factores ambientales en toda obra pública Protección a los recursos hidrobiológicos	Código de Comercio D.2689/1988 § 258 D.2689/1988 § 273 D.2689/1988 § 275 D.2689/1988 § 26 CRNR L. 13 de 1990
Recurso agua	Permiso para adelantar Obra Pública Clases de aguas que regula el CRNR Dominio de aguas y cauces Adquisición del derecho al uso de aguas. Concesiones Otros modos de adquirir derechos al uso de aguas Explotación/ocupación de cauces Obras Hidráulicas Uso/Conservación/Preservación aguas. Control contaminación Administración de aguas y cauces Sanciones por el mal uso de las aguas Residuos líquidos y potabilización del agua Normas relacionadas con el recurso agua Suministro de agua Reglamento para usos del agua y residuos líquidos Reglamentación concesión de aguas	§ 99 CRNR § 77 a 99 § 80 a 85 § 86 a 97 § 98 § 99 a 105 § 119 -131 § 132 -145 § 155 -157 § 163 § 2,31,36-78 CSN D. 1541/1978 D. 2105/1983 D. 1594/1984 D. 2314/1986

Tabla 5. Aspectos jurídicos e institucionales

	Temática	Legislación
R	Tratamiento químico de aguas de consumo humano Manejo de aguas según técnicas ecológicas, económicas y sociales	D. 2314/1986 D. 1681/1978
Flora y Fauna	Funciones de INDERENA en flora y fauna	§ 247 D.1608/1978
	Flora terrestre, conservación y defensa	§ 194 a 198 CRNR
	Administración y manejo de flora silvestre	§ 201 CRNR
	Bosques	§ 202 a 205 CRNR
	Area de reserva forestal	§ 206 a 210 CRNR
	Aprovechamientos forestales	§ 211 a 224 CRNR
	Reforestación	§ 229 a 235 CRNR
	Fauna silvestre terrestre. Definiciones	§ 247 y 257 CRNR
	Facultades administrativas sobre caza y fauna. Prohibiciones	§ 258 a 265 CRNR
	Fauna y flora acuáticas y pesca. Definición y clasificaciones	§ 266 a 273 CRNR
	Facultades administrativas sobre recursos hidrobiológicos	§ 274 CRNR
	Protección sanitaria de flora y fauna	§ 289 a 301 CRNR
	Clasificación de bosques, zonas forestales protectoras	D. 2278/1953
	Economía forestal y conservación de recursos naturales renovables	L. 2º/1959
	INDERENA, Estatuto Forestal	Acuerdo 29/1975
	Area de reserva forestal protectora	D. 877/1976
	Sistemas de parques nacionales	D. 622/1977
Funciones comité nacional de pesca	D. 2647/1980	
Concesiones y permisos del recurso forestal	D. 1014/1981	
Protección de los animales	L. 84/1989	
Plan nacional de desarrollo forestal, bases	L. 37/1989	
Uso del suelo	Tierra y suelos. Facultades administrativas	§ 178 a 181 CRNR
	Uso y conservación de suelos	§ 182 a 186 CRNR
	Areas de manejo especial	D. 1741/1978
	Vegetación protectora	D. 1449/1977
	Cuencas hidrográficas	D. 2857/1981
	Zonas de reserva agrícola, protección del paisaje	L. 12 de 1982
Aire	Prohibición disponer sin autorización desechos que afecten los suelos	§ 34 a 38 de CRNR
	Estado debe garantizar calidad del aire	D. 2104/83, 1543/84
	Emisiones atmosféricas	§ 73 a 76 CRNR
	Análisis calidad del aire: SO2	§ 41 a 49 CSN
Paisaje	Análisis calidad del aire: Partículas totales en suspensión	D. 2206/83 1962/85
	Derecho de la comunidad a disfrutar de paisajes urbanos y rurales	D. 02308/1986
	Conservación del paisaje	§ 302 a 304 CRNR
Ruido	Protección del paisaje	L. 154/1976
	Protección del paisaje	D. 1715/1978
Marítima Nacional	Normas sobre ruido en planeamiento de desarrollo urbano.	§ 192 CRNR
	Protección contra emisión de ruidos	§ 202 CSN,
	Normas adicionales	Res.321/83 MinSalud
	Crea la dirección general marítima y portuaria-DIMAR	D. 2349/1971
	Protección del medio marino contra la contaminación	§ 5 D. 1874/1979
	Normas de prevención/control de la contaminación del medio marino	D. 1875/1979
Marítima Internacional	Medidas en materia de recursos naturales marinos	D. 1876/1979
	Normas sobre aprovechamiento integral del recurso marino	D. 1877/1979
	Reorganización de DIMAR: control ambiental de rellenos, dragados	D. 2324/1984

Tabla 5. Aspectos jurídicos e institucionales

	Temática	Legislación
Marítima Internacional	Convenio de Londres sobre vertimientos al mar (sin ratificar)	Suscrito en 1972
	Prevención de contaminación por buques. MARPOL. Londres	Suscrita en 1973
Antropología	Convenio de Cartagena para protección/desarrollo del medio marino	Ratificada L.12/1981
	Protocolo sobre contaminación del Gran Caribe. Cartagena	Suscrito en 1983
	Convención ONU sobre el derecho del mar. Jamaica	Suscrito en 1983
Saneamiento Cartagena	Normas sobre conservación y defensa del patrimonio histórico	Suscrito en 1982
	Realización de obras de limpieza, canalización de caños	L. 47/1920;
	Recuperación de cuerpos de agua de la ciudad	14/1936.
	Creación y funciones de AMEBCCD	812/1961;
		44/1967
		118/1970;
		154/1976
		Ley 62/1937
		Ley 7/1984
		D. 1741/1978

un Director Regional. Operativamente, las funciones de INDERENA relacionadas con el proyecto de dragados son adelantadas por dos dependencias:

- La Unidad de Investigación y Gestión Ambiental, en lo referente al control de vertimientos líquidos y criterios de calidad de aguas superficiales, subterráneas, marinas y estuarinas.

- El Proyecto Administración de los Recursos Hídricos, en lo que atañe al uso y administración de las aguas

no marítimas, materiales de arrastre y ocupación de cauces y control de las obras hidráulicas.

Cabe señalar que mediante el Decreto 1741 de 1978 se creó el *Area de Manejo Especial de la Bahía de Cartagena y del Canal del Dique (AMEBCCD)*, para atender de manera integral y destacada la gestión ambiental y la administración de los recursos naturales en una zona de 730.000 hectáreas, cubriendo en la parte continental toda la cuenca hidrográfica del Canal del Dique, de

la ciénaga de La Virgen y de las bahías de Cartagena y Barbacoas. En la parte marina abarca la franja entre la línea costera y la isóbata 100 desde Punta Garita hasta Punta Comisario, localizadas 15 km al norte y 50 km al sur de Cartagena, en su orden.

Su objeto es proteger el ambiente, mediante la regulación de las actividades para controlar y corregir la contaminación, conservar los habitats existentes (en especial ecosistemas coralinos y de manglares del delta del Canal del Dique y de la isla de Barú), fomentar la acuicultura, planificar el uso de áreas para el Sistema de Parques Nacionales y desarrollar modelos de manejo integrado de recursos naturales renovables.

Debe tener un *Consejo Asesor* integrado por el Gobernador del De-

partamento de Bolívar, el Comandante de la Fuerza Naval del Atlántico, dos delegados de la Presidencia de la República y representantes del Ministerio de Salud, INDERENA, DIMAR, HIMAT y de la Cámara de Comercio de Cartagena.

El AMEBCCD debe tener un Director nombrado por el Gerente General del INDERENA. El cargo ha sido provisto ocasionalmente desde la creación del ente, pero sin apoyo operativo ni recursos para desarrollar las funciones previstas.

El marco legal e institucional de la gestión ambiental en Cartagena se resume en la tabla 6.

Finalmente, cabe destacar que en el Congreso de la República está en tránsito el proyecto de ley que ordena la creación del Ministerio del

Tabla 6. Instituciones relacionadas con la gestión ambiental regional

Entidad	Marco legal
• INDERENA, Regional Bolívar	Código de los Recursos Naturales Renovables
• Ministerio de Salud, Servicio Seccional de Salud de Bolívar	Código Sanitario Nacional
• Dirección General Marítima (DIMAR), Capitanía de Puerto	Legislación Marítima Nacional e Internacional
• Ministerio de Minas y Energía	Código de Minas
• Instituto Colombiano de Antropología (ICAN)	Normas sobre Defensa del Patrimonio Histórico, Artístico y Monumentos Públicos de la Nación
• Municipios	Código de Régimen Municipal, Ley de Reforma Urbana
• Municipio de Cartagena	Plan de Desarrollo
• Empresa de Desarrollo Urbano de Bolívar (EDURBE)	Ley de Saneamiento de Caños Lagunas y Ciénagas de Cartagena

Medio Ambiente, que reemplaza al INDERENA y le otorga jerarquía institucional a la política ambiental y de manejo de los recursos naturales. En su articulado dispone que la gestión ambiental regional se realice a través de entes denominados Corporaciones Autónomas Regionales, entre las cuales se en-

cuentra la *Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique)* con una jurisdicción similar a la del AMEBCCD. En tanto se apruebe el proyecto y se expidan los decretos reglamentarios, se recomienda revitalizar la función del AMEBCCD.

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 verificación y actualización en el campo los siguientes aspectos:

- Clima,
- Geomorfología
- Dinámica fluvial,
- Dinámica estuarina,
- Hábitats y organismos y
- Sistema antrópico

clima

Para la evaluación climatológica del área del proyecto se consideraron los registros de las estaciones Santa Lucía, Santa Ana, Escuela Naval y Aeropuerto Rafael Núñez. La estación de Santa Lucía es de tipo climatológico y se encuentra a 7 km de Calamar, por lo que se considera representativa de la situación climática en el sector donde se realizarán

los dragados del río Magdalena y de la trampa de sedimentos. Para el sector de Pasacaballos se utilizó, en el caso de las precipitaciones, la información de la estación Santa Ana, localizada 7 km al sur.

Para los demás parámetros climáticos se utilizaron los datos de las estaciones Escuela Naval y Aeropuerto Rafael Núñez, ubicadas al norte, a 11 y 16 km, de Pasacaballos respectivamente. En la figura 9., p.19, se presenta la localización de las estaciones y en el tabla 7. se indican sus características generales.

Caracterización general del clima

Para la caracterización general del clima se utilizó la clasificación de Georges Viers, de la escuela francesa, quién adopta de Köppen sus símbolos y formas, y de De Martonne las referencias y nomenclaturas geográficas. Viers introduce nuevas áreas cuando es necesario considerar una subdivisión no establecida, y apela a la terminología de Tricart, Cailleux, etc. (Ramírez M, 1988). De acuerdo con esta metodología, el clima de la región del Canal del Dique se define así:

Awi = Clima Cálido Antillano,

A = Clima cálido con temperatura

media anual $> 18^{\circ}\text{C}$.

w = Estación seca en enero-marzo y precipitación < 60 mm.

i = Amplitud térmica anual $< 5^{\circ}\text{C}$.

Este clima es clasificado por De Martonne como Hawaiano, pero Viers lo especifica mejor como Antillano, típico de las regiones entre 10° y 20° Norte, porque tiene una pluviosidad más intensa y localizada en el otoño boreal, o sea entre septiembre y noviembre (Ramírez, 1988).

Situación climática de Calamar

La precipitación media es del orden de los 1.016 mm/año distribuida en dos períodos claramente definidos : uno seco, entre los meses de diciembre a marzo, cuando se recibe apenas un 8,5% del total anual y un período húmedo entre abril y noviembre cuando cae 91,5% restante. Este período húmedo se caracteriza por tener dos picos de máxima precipitación, uno en mayo y el otro en octubre, siendo más importante el último, intercalados por un leve descenso de la pluviosidad entre junio y julio.

La ocurrencia de los dos picos obedece a los dos tránsitos sobre la zona de la costa que hace el cinturón de Convergencia Intertropical (CIT). Por su posición al norte del Ecuador es más notorio el paso de la CIT en el segundo semestre. Las máximas precipitaciones diarias han alcanzado hasta los 124 mm. Estas se presentan generalmente en el período lluvioso. (ver figura 10.)

La temperatura media anual ($28,5^{\circ}\text{C}$) es alta y constante, oscila entre los 28°C y 29°C ., (ver figura 10.). La amplitud térmica anual es inferior a los 5°C y la temperatura media mensual es superior a los 18°C ., lo que se ajusta a la clasifi-

Tabla 7. Características de las estaciones

Estación	Municipio	Coordenadas	Altitud msnm	Período operación	Años medidos
Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	$10^{\circ}27' \text{ N}$ $75^{\circ}31' \text{ O}$	2	1942-91	50
Escuela Naval	Cartagena	$10^{\circ}23' \text{ N}$ $75^{\circ}32' \text{ O}$	1	1954-84	23
Santa Lucía	Santa Lucía (Atlántico)	$10^{\circ}19' \text{ N}$ $74^{\circ}57' \text{ O}$	5	1964-84	21
Santa Ana	Cartagena	$10^{\circ}14' \text{ N}$ $75^{\circ}33' \text{ O}$	1	1974-86	10

Fuente: HIMAT

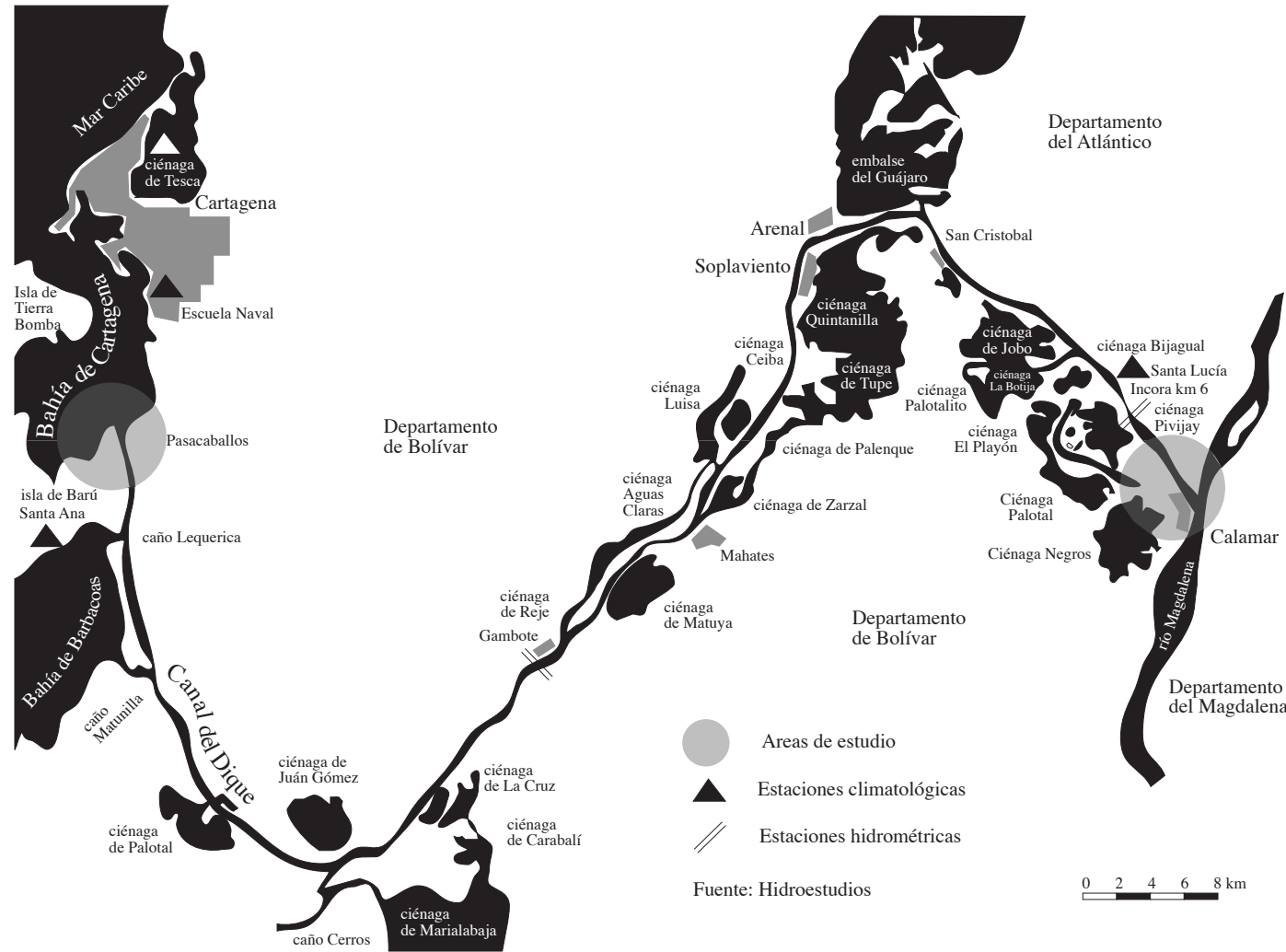


Figura 9. Localización de las estaciones de clima

cación climática asignada por Viers.

La humedad relativa anual es del 78% variando en forma directa con la presencia de lluvias entre el 72% en febrero y el 82% en octubre.

Situación climática de Pasacaballos

Las lluvias en el sector de Pasacaballos son del orden de los 850 mm/

año, distribuidas en tres períodos definidos así: un período seco entre los meses de diciembre a abril que registra un 7,8% de las lluvias totales del año; un período de transición entre mayo y julio con el 28,6% y un período húmedo que participa con el 63,6% del total anual. Las lluvias en el sector son debidas principalmente a las masas

húmedas que mueven las brisas de mar y tierra y los vientos alisios; su distribución dentro del año está regida por la traslación de la CIT, generando un tiempo ciclónico que se caracteriza por ser cubierto, lluvioso y relativamente fresco. Las máximas precipitaciones diarias se presentan en el período lluvioso alcanzando los 166 mm. En promedio se regis-

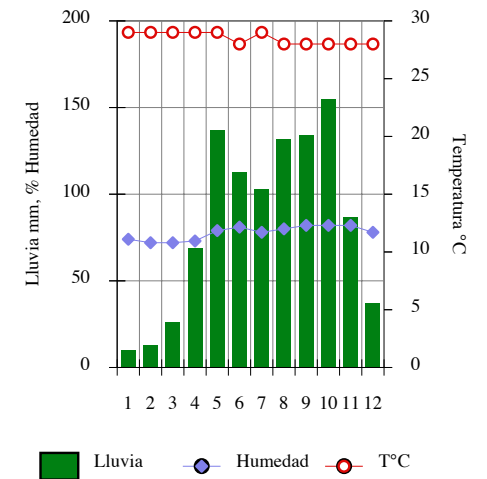


Figura 10. Climadiagrama de Calamar

tran 46 días lluviosos al año distribuidos en los períodos de transición y húmedo. La temperatura media anual es de 27,8°C y se mantiene constante sobre los 28°C la mayor parte del año, bajan a 27°C en los meses de diciembre a marzo cuando la severidad del clima es atenuada por los vientos alisios. Ver figura 11. La humedad relativa media anual es del 80% varían desde 77% para los meses secos, hasta 82% durante la temporada lluviosa (CARINSA, 1991).

Vale destacar el régimen de vientos por su importante vinculación con la dinámica estuarina de la bahía y su influencia en la configuración de la mancha de sedimentos que aporta el Canal del Dique al estuario. La dirección predominante de los vientos se origina en los alisios del norte y el noreste, que se hacen sentir con mayor fuerza en la temporada seca de diciembre de abril (ver figura 12.); en la época de transición disminuye la influencia de los alisios, sin dejar de ser los más importantes,

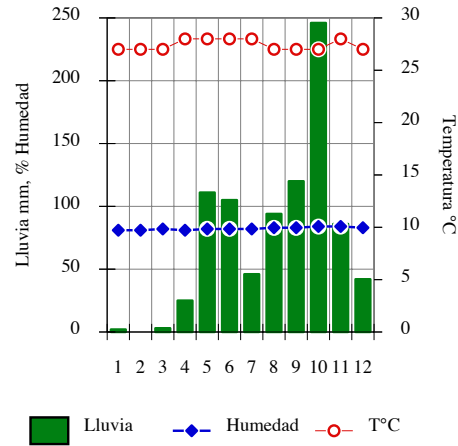


Figura 11. Climadiagrama de Pasacaballos

y aumentan un poco las direcciones provenientes del O y del NO y la participación de los tiempos de calma. Durante la época lluviosa los vientos son variables tanto en dirección como en fuerza.

geomorfología

La investigación se desarrolló con base en la interpretación de fotografías aéreas tomadas en diferentes decenios para evaluar la evolución reciente del río y sus complejos asociados (ver tabla 8.) y con verificación de campo del estado actual.

Zona de Calamar

En Calamar el canal fué cortado sobre materiales aluviales recientes que reposan sobre un sustrato rocoso, su afloramiento se observa en la margen derecha a manera de espón natural. Los depósitos más recientes muestran complejos de orillares y patrones de superposición de barras en las islas, con material aluvial, predominantemente limos. Figura 13.

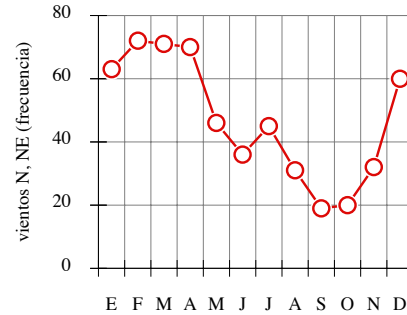


Figura 12. Frecuencia de vientos N, NE en la bahía de Cartagena

El río muestra una migración, en dirección norte, de las islas próximas a Calamar, con estrechamiento lento del canal entre islas y orilla hasta desaparecer completamente e integrarse con la orilla (Robertson, 1990).

Por reconocimiento de campo se pudo establecer que en la actualidad hay formación de barras que obstruyen la entrada al canal.

El vertido de los materiales de dragado se ha proyectado en el playón de la isla La Loca y en el talweg del río, abajo de la isla. El vertido en el playón tiene por objeto acelerar la migración de la isla La Loca para que se una a la margen derecha del río; el proceso de unión de las islas con las orillas del cauce por migración es muy común en el Magdalena. Los materiales vertidos en el talweg serán arrastrados por la corriente y depositados a lo largo del cauce donde no constituyen problemas para la navegación.

Otra posibilidad es disponer los materiales en la margen derecha del canal, entre el río y el puente, como alguna vez se ha hecho. Esto requiere la conformación de piscinas de decantación para confinar el material.

Tabla 8. Catálogo de fotos aéreas

Calamar			
Año	Vuelo N°	Escala	N° fotos
1988	C-2353	1:8.200	066 a 072
1987	C-2289	1:31.800	106 a 109
1981	C-1989	1:30.300	256 a 260
1965	C-1170	1:27.500	005 a 008
Pasacaballos			
Año	Vuelo N°	Escala	N° fotos
1991	C-2439	1:45.000	133 a 136
1988	C-2351	1:8.000	254 a 259
1974	M-1444	1:60.000	276 a 278
1954	M-18	1:60.000	558 a 560

Zona de Pasacaballos

El Canal del Dique desemboca en el mar Caribe, en la bahía de Cartagena. La zona hace parte del gran delta del río Magdalena, en el pasado uno

de sus brazos desembocaba por la parte sur de la bahía. Estos canales fueron obstruidos por procesos de acumulación de sedimentos transportados por el río, tanto hasta la bahía como hacia el sur de ésta.

En las fotografías aéreas se distinguen tres tipos de unidades geológicas así: Ver figura 14.

Rocas del terciario. Principalmente sedimentos de ambiente marino somero conformadas por arcillolitas, areniscas y calizas de tipo arrecifal, forman la península e isla de Barú.

Sedimentos del cuaternario de ambiente deltático. Están conformadas principalmente por limos y arenas finas de ambiente de pantano, es decir, con abundancia de

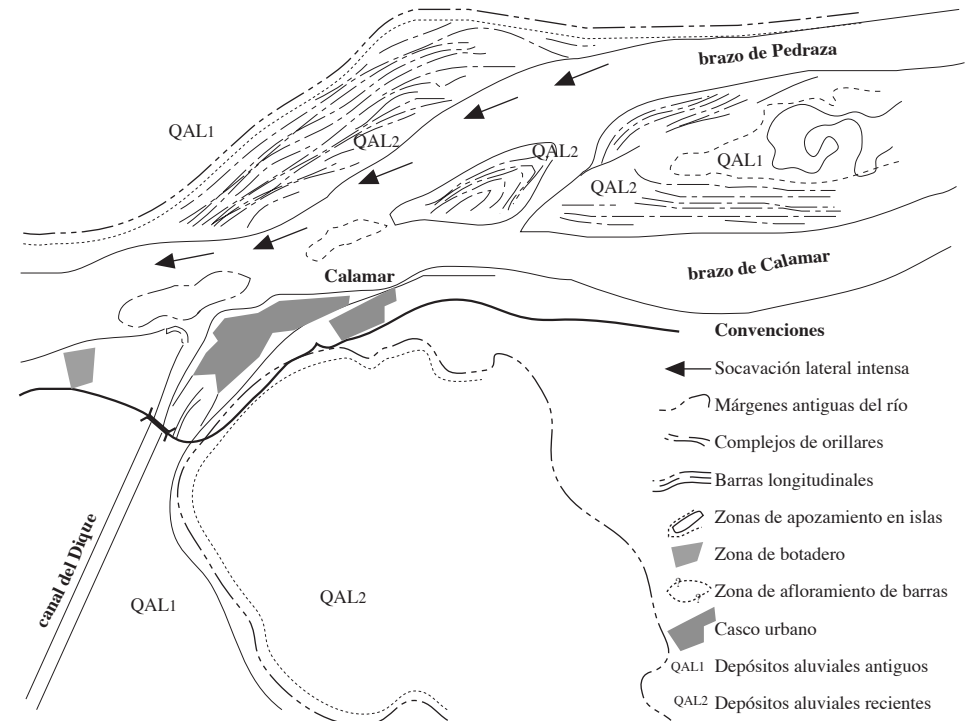


Figura 13. Geomorfología de la zona de Calamar, 1987

materia orgánica.

Depósitos de ladera. Debido a procesos de denudación se han desarrollado en la zona del continente algunos depósitos de ladera que alcanzan la línea de la costa, están localizados preferentemente en las planicies más cercanas al litoral, donde se han emplazado instalaciones para el almacenamiento de combustibles.

Geología estructural

La disposición de los buzamientos permite establecer dos estructuras:

Anticlinal. Se desarrolla en la zona continental al sur de la Bahía de Cartagena con rumbo NE, cruza oblicuamente la zona de la desembocadura y termina en la zona costera.

Sinclinal. Conspícua en las fotografías aéreas con un cierre periclinal bien definido y lineamientos estructurales consecuentes con la litología.

Procesos de sedimentación recientes.

Se observa un proceso de acumulación intensa en su desembocadura ocasionado por el vertido de materiales de dragado en las márgenes y por la precipitación de materiales en suspensión que transporta la corriente. La acumulación se desarrolla en forma de espigas laterales a la corriente que han avanzado hacia el N cerca 1,500 m dentro de la bahía, unos 400 m son ya terrenos emergidos y otros 800 m encuentran a menos de 1,0 m de profundidad.

Los sedimentos no decantados se manifiestan en las fotografías como una nube o penacho que se amplía en forma de abanico y se mueve según la dinámica de la bahía.

La penetración del abanico y la precipitación de estos sedimentos

pueden crear a mediano plazo, problemas en la operación de muelles ubicados en la zona de influencia del penacho, *i.e.*, la zona industrial de Mamonal.

Recomendaciones

Para el vertido de los materiales de dragado se recomienda utilizar el área de la espiga izquierda y la zona intermareal externa a la espiga, donde ya se vertió en dragados anteriores. Se debe evitar el vertido sobre la espiga de la margen derecha porque se puede afectar la zona de atraque del muelle de Maltería Tropical.

dinámica fluvial

Generalidades

El Canal del Dique se desprende del río Magdalena por la margen izquierda a la altura de Calamar, ubicada en el kilómetro 91 del río (tomando 0,0 a Barranquilla). En su recorrido de 115 km hasta la bahía de Cartagena se comunica con un gran número de ciénagas aledañas y se desprenden tres brazos: el caño Correa, a la altura del km 81, que desemboca al mar Caribe por el sitio de Cuatro Bocas, y los caños Matunilla y Lequerica que desembocan en la bahía de Barbacoas y se desprenden en los km 100 y 107, respectivamente. Ver figura 9., p. 19.

El área vertiente al canal tiene unos 4.300 km², localizada entre los 9° 45' y 10° 45' N y los 74° 45' y 75° 30' O. Se extiende al N hasta la serranía de Piojón, (Atlántico), y al S hasta la serranía de San Jacinto (Bolívar). Por el E limita con el río Magdalena y por el O con el mar Caribe. Unos 1.600 km² de cuenca están constituidos por una zona plana y baja adyacente al canal, demarcada por la cota 10 m y con anchuras variables entre 3 y 25 km. Por

encima de la cota 10 el terreno se vuelve ondulado, asciende a las serranías cuya mayor altura está en el cerro Guayabal (566 msnm) a unos 10 km al E de Malagana, municipio de Mahates (Bolívar).

La cuenca drena arroyos de carácter intermitente, entre ellos Grande, Toro y Caimán que descargan en las ciénagas asociadas al canal o en él directamente. Los caudales del canal dependen básicamente de los aportes del Magdalena y de la regulación

ejercida por las ciénagas.

Niveles

Calamar

Los niveles medios anuales del Canal del Dique en Calamar son los mismos del río Magdalena, *ca.* 4,85 msnm. Su comportamiento a través del año tiene un carácter bimodal, presenta los mayores valores entre los meses de noviembre y diciembre (6,81 msnm) y los mínimos entre febrero y marzo

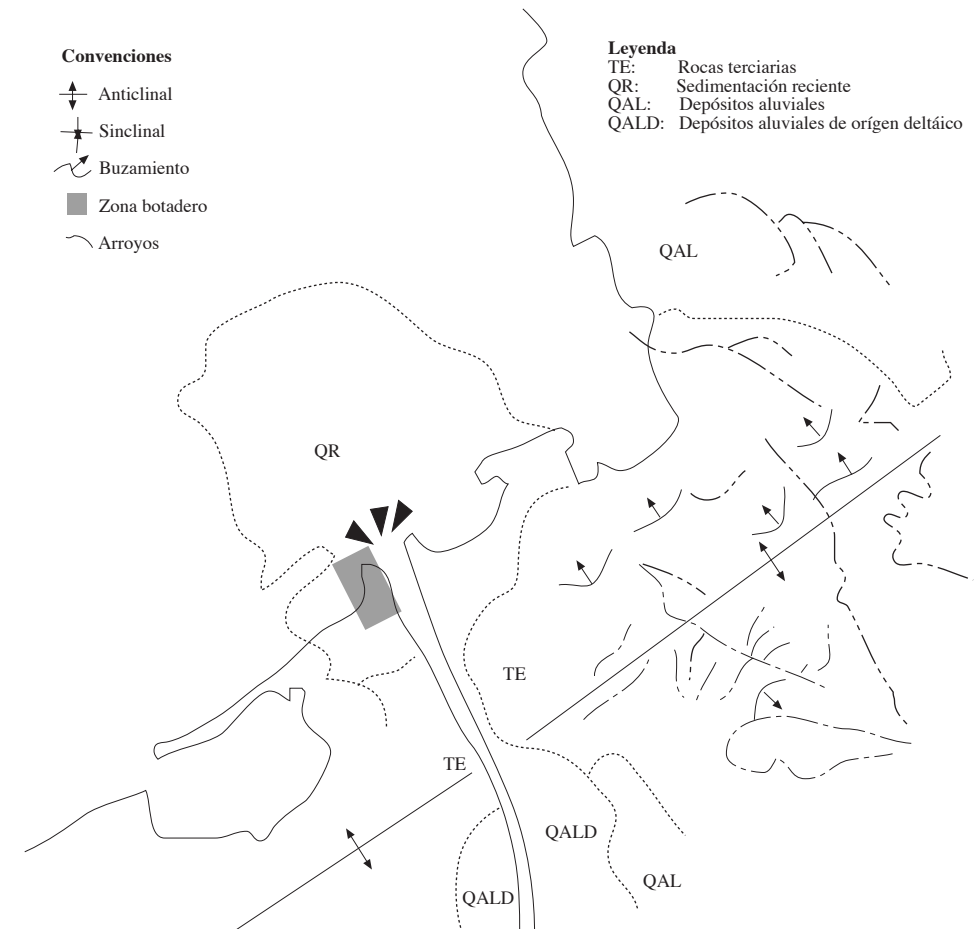


Figura 14. Geomorfología de la zona de Pasacaballos, 1991

(2,32 msnm); en abril inicia su ascenso hasta junio (5,74 msnm) y luego de un leve descenso entre agosto y septiembre, sigue subiendo hasta alcanzar un pico a final de año. Ver figura 15.

Los máximos se han registrado hacia finales de noviembre, 8,69 msnm y los mínimos en marzo, 0,94 msnm. El nivel de reducción (NR), o sea aquel superado el 95% del tiempo está situado a 2,00 msnm. A partir de este NR se debe mantener una profundidad de 2,60 m para asegurar la navegabilidad.

Pasacaballos

En su desembocadura los niveles están regidos por el régimen de mareas de la bahía, cuya carrera media oscila alrededor de los 0,33 m. Cuando coinciden los máximos caudales en el Dique con pleamares extraordinarias, se producen niveles altos de hasta 0,60 msnm que alcanzan a inundar la parte baja de Pasacaballos; de igual manera, con bajos niveles en el canal y bajamares mínimas, se han registrado niveles de -0,30 msnm (CÁRINSA, 1992). El NR está a -0,21 msnm.

Gradiente

La pendiente media del nivel del agua es de $4,2 \times 10^{-6}$, con una máxima de $7,6 \times 10^{-6}$ y una mínima de $8,7 \times 10^{-7}$. En la figura 16. se presenta el comportamiento de los niveles medios mensuales registrados entre marzo, 1984 y marzo, 1985 a lo largo del canal. En la figura 17. la variación espacio-temporal de los niveles registrados entre enero/83 y abril/85 en estaciones localizadas en los km 0; 33; 66 y 99 (HEYMO-INESCO, 1985).

Caudales

Régimen de caudales

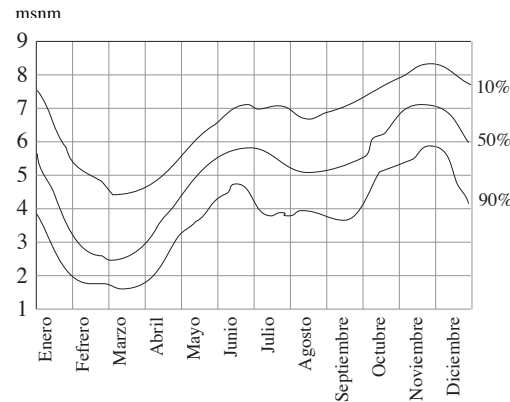


Figura 15. Excedencias en Calamar, 1940-1992

Desde su construcción en el año de 1650 el Canal del Dique ha sido objeto de numerosas obras de rectificación y ampliación del cauce. Las últimas grandes obras se ejecutaron entre 1982 y 1985 dejando el canal con las características geométricas presentadas en la tabla 1, p. 10; i.e., un ancho de base de 65 m, anchura superior entre 75 y 100 m y taludes 2H:1V; de esta manera se amplió también el volumen de la descarga del canal, que es función fundamentalmente de la profundidad H, como se indica en la curva de calibración presentada en la figura 18.

El comportamiento de los caudales dentro del año tiene la misma tendencia de los niveles, ver tabla 9.

En su recorrido se derivan durante las épocas de aguas altas algunos aportes a las ciénagas conectadas con el Dique, las cuales contribuyen luego a sostener los caudales del canal durante las épocas de aguas bajas.

Distribución de caudales

Los volúmenes que penetran al Dique por Calamar sufren una disminución por la regulación que ejercen las ciénagas, representada en un 30%

del caudal medio en Calamar. Si se consideran, para efectos prácticos, como un 100% los volúmenes que pasan por Gambote (km 66), se estima que en promedio el 23% se derivan por Correa; por el caño Matunilla otro 23%; por el caño Lequerica el 14% y por Pasacaballos el 30%. Un 10% se pierde en el sistema cenagoso asociado. Para las épocas de aguas altas y aguas bajas se presenta la distribución de caudales en la figura 19.

Sedimentos

El volumen de sedimentos transportados por el río Magdalena a su paso por Calamar es del orden de 73 a 100 millones de $m^3/año$, de los cuales ingresan al Canal del Dique unos 4,5 millones.

En Gambote, km 66 del canal, el volumen de sedimentos es del orden de 1,9 millones de $m^3/año$, lo cual indica que los 2,6 millones restantes se quedan en el trayecto, repartidos entre el lecho del canal y los fondos de las ciénagas (Guájaro, Quinta-

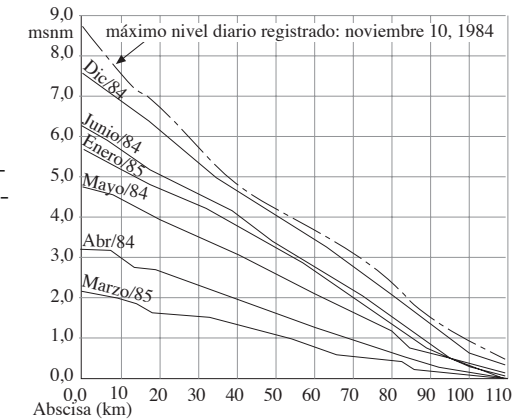


Figura 16. Niveles promedio mensuales (Zarzal, Luisa, Ceiba, Aguas Claras y Matuya).

A la bahía de Barbacoas, ingresan $760.000 m^3$ vía caños Matunilla y Lequerica, y a la de Cartagena, vía Pasacaballos, están ingresando anualmente $700.000 m^3$ de sedimentos. Ver tabla 10.

Estos aportes a las ciénagas y a las bahías están acelerando la formación de espigas laterales y la colmatación

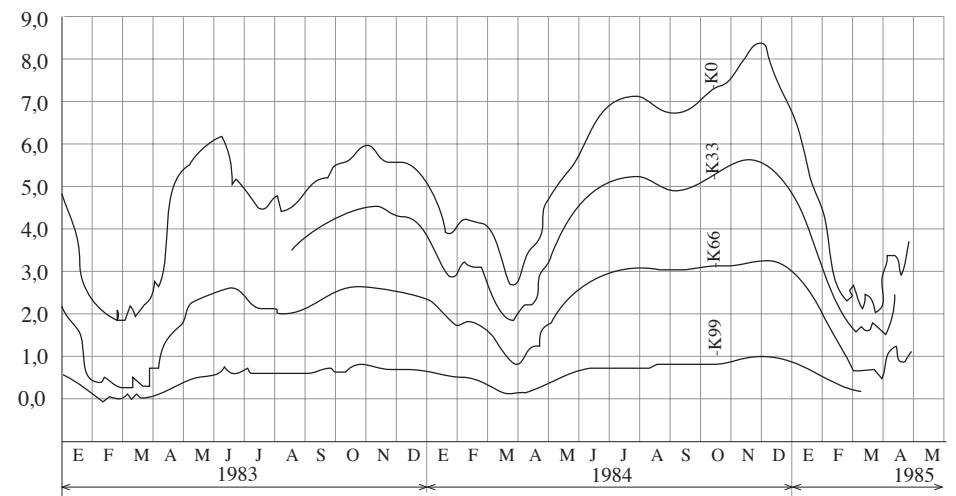


Figura 17. Niveles registrados en el canal. Período enero 1983-abril 1985

de los cuerpos de agua.

En la bahía de Barbacoas, el caño Lequerica ha formado desde su apertura en 1961, un delta que ha avanzado cerca de 3,0 km dentro del seno de la bahía coadyuvado por los depósitos de materiales de dragado. (ver figura 20.); otro tanto ha ocurrido con el caño Matunilla..

En la bahía de Cartagena también se ha producido relleno; la figura 21. superpone las batimetrías de 1966 (IGAC, 1966) y de 1988 (DIMAR, 1990); en zonas en donde en 1966 habían profundidades de 20 m, para 1988 se habían reducido a menos de 2 m y actualmente son terrenos emergidos. A partir de 1985 la colmatación de la bahía se ha acelerado en razón de las obras de ampliación ejecutadas.

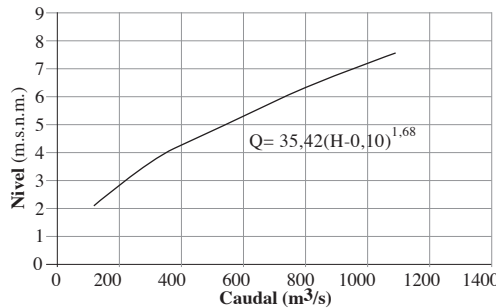


Fig 18. Curva de calibración del Canal del Dique, km 6,5-7,0

Sobre el estuario del Canal del Dique en la bahía de Cartagena se produce en época de aguas medias y bajas, una estratificación con intrusión de la cuña salina que origina la floculación de las partículas de arcilla en suspensión y la sedimentación de los floculos en un tramo de canal de hasta 700 m dentro de la bahía (UEF-BEX, 1992). Las partículas más finas avanzan superficialmente formando una gran mancha sobre la

Tabla 9. Régimen de caudales

Sitio	Caudales (m³/s)		
	máximo	medio	mínimo
r. Magdalena-Calamar ¹	15.400	7.200	1.950
C.Dique-Calamar ²	1.309	450	112
C.Dique-Gambote ²	1.069	320	83
C.Dique-Pasacaballos ²	232	115	16

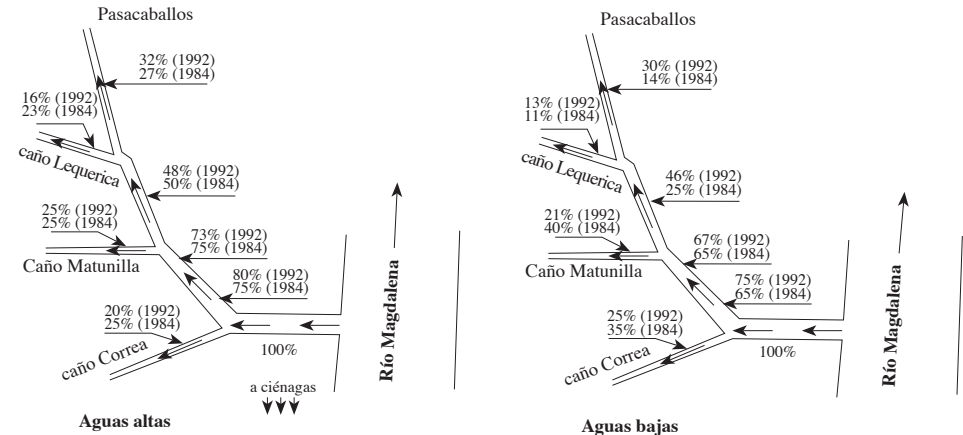
Fuente: ¹ HIMAT, ² UEF-BEX

bahía, cuya extensión y configuración depende fundamentalmente del régimen de caudales del Dique y del sistema de vientos imperante. Ver capítulo *dinámica estuarina de sedimentos*.

En Barbacoas la mancha de sedimentos cubre buena parte de la bahía y se proyecta al suroeste bordeando la isla de Barú. De acuerdo con los técnicos del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (información verbal, 1992), en algunas épocas del año la mancha de sedimentos bordea el extremo de la isla de Barú y alcanza el ecosistema coralino del Parque Nacional Natural Corales del Rosario.

Ciénagas

A lo largo del Dique se encuentran 10 sistemas cenagosos que cubren en aguas altas ca. de 60.000 hectáreas (tabla 11.). Su régimen hídrico interactúa con el del canal; el carácter intermitente de la escorrentía tributaria de los sistemas cenagosos hace que estos dependan básicamente de los aportes del Dique. Algunos sistemas tienen más de un caño de conexión con el canal por donde entra el agua cuando se produce el ascenso de niveles en el Dique, -si los caños se encuentran en buenas condiciones, i.e., cuando no han sido obstruidos por los lugareños o no se han colmatado. Las ciénagas



Fuente: LEH

- Distribuciones de caudales en condiciones promedio de invierno y verano
- % de distribución de caudales en los caños de Matunilla y Lequerica varían de acuerdo con las mareas

Figura 19. Distribución de caudales líquidos en bifurcaciones. 1984-1992

permanecen llenas hasta diciembre, cuando quiebra la curva ascensional de niveles e inicia el desembalse; éste continúa hasta cuando repuntan los niveles en el canal o hasta que se pierde el contacto. Figura 22.

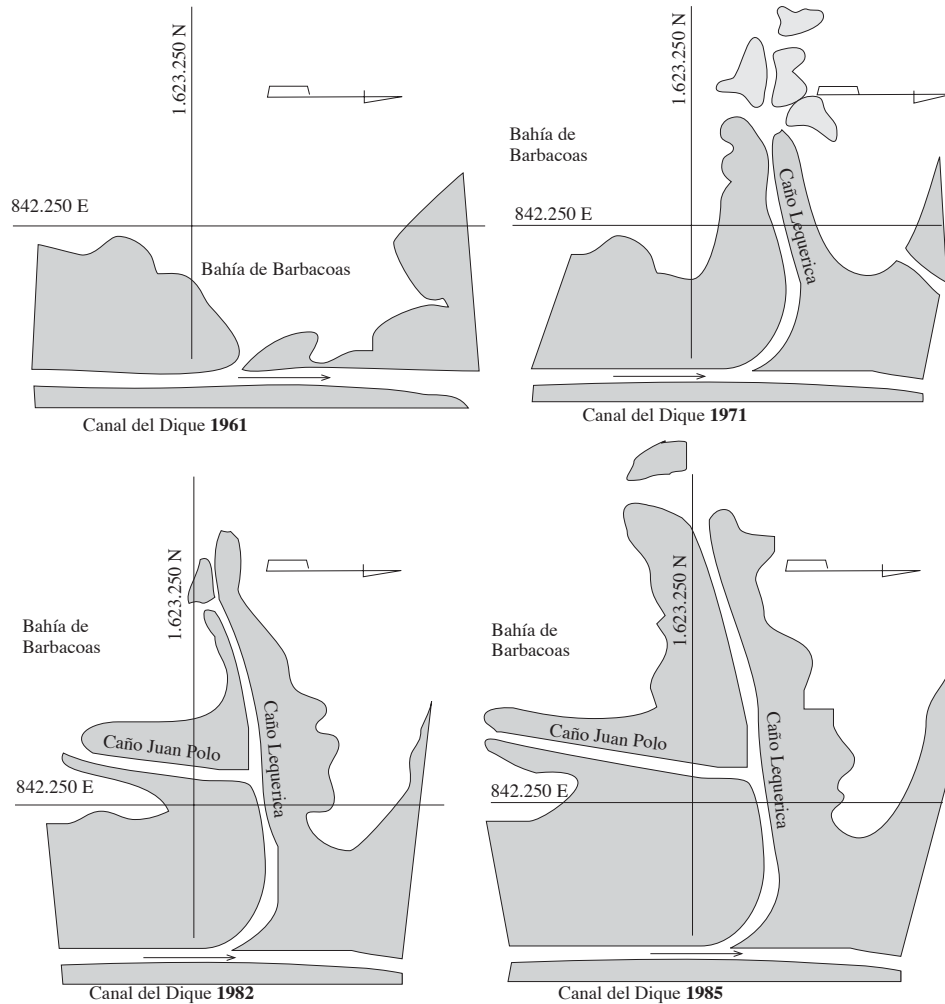
De los sedimentos en suspensión que entran al sistema, una gran parte

se precipita en el canal de conexión y forma un delta invertido en la parte central de la ciénaga. Cuando existe más de una conexión, el agua del Dique empieza a penetrar por la conexión superior y desplaza el agua embalsada y limpia hacia el canal por la conexión inferior, hasta

Tabla 10. Sedimentos

Sitio	Caudal m³/s	Sólidos suspendidos mg/l	Transporte sedimentos m³/año x 1.000
r. Magdalena	7.200 ²	640 ⁴	73.000 ¹ 100.000 ²
Canal del Dique			
• Calamar	450 ³	640 ⁴	4.500
• Gambote	320 ³	375 ⁴	1.900
• Santa Elena	225 ³	360 ⁴	1.280
• bahía Barbacoas	110 ¹	440 ⁴	760
• bahía Cartagena	115 ³	380 ¹	700

Fuente: ¹ Carinsa-Incoplan, ² HIMAT, ³ LEH, ⁴ Heymo-Inesco



Fuente: LEH, 1987.

Figura 20. Avance del delta del caño Lequerica

cuando es evacuada totalmente o hasta cuando el ascenso de niveles del Dique invierte el sentido de flujo.

La permanencia de las aguas y la regulación que ejercen las ciénagas durante el estiaje de febrero y marzo, permiten suministrar al canal aguas con bajo contenido de sedimentos en suspensión que

contribuyen a sostener o aumentar los caudales en el Dique. En efecto, la concentración media de los sedimentos en suspensión en Gambote (ver tabla 11.) es ca. la mitad de la registrada en Calamar. Se han presentado meses, -v. gr. febrero a abril de 1988 y de otros años- en los que los caudales de Gambote son superiores a los de

Calamar (HIMAT, 1993).

Se presentan, entonces, dos tipos de impactos en la relación ciénaga-canal: uno positivo para el canal por la regulación y la limpieza de sedimentos que le imprimen las ciénagas, y otro negativo producido por el exceso de sedimentos en el canal y reflejado en la colmatación de caños de conexión y de playones en las ciénagas. Es obvia, por tanto, la necesidad de disminuir los sedimentos en suspensión en el Canal del Dique.

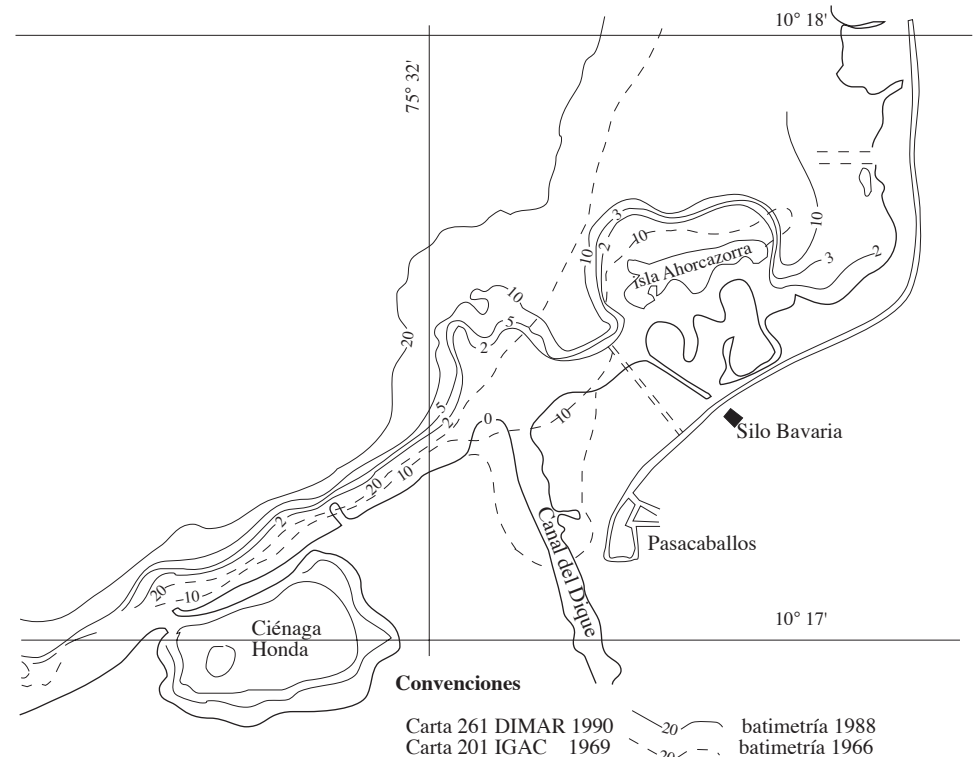
dinámica estuarina de los sedimentos

Información básica

Se utilizaron los trabajos sobre diná-

mica estuarina realizados por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) de la Armada Nacional, con sede en Cartagena. Los estudios, referenciados abajo, involucraron mediciones *in situ* y análisis de laboratorio de temperatura, salinidad y turbidez; mediciones de corrientes, procesamiento e interpretación de imágenes de satélite de varios años y en diferentes épocas dentro del año.

- Informe N° 1. Proyecto Bahía de Cartagena. CIOH, Boletín Científico N° 4. Junio, 1982.
- Informe N° 2. Notas sobre turbidez, circulación y erosión en la región de Cartagena (Colombia). Por Carlos Andrade, Francisco Arias e Yves F. Thomas. CIOH, Boletín Científico N°



Convenciones

Carta 261 DIMAR 1990
Carta 201 IGAC 1969
batimetría 1988
batimetría 1966

Figura 21. Avance del delta del Canal del Dique

8. Julio, 1988.

- Informe N° 3. Estudio para determinar la factibilidad de construcción de un nuevo canal de acceso a la bahía de Cartagena. Informe presentado por el CIOH, a la Empresa Puertos de Colombia en julio, 1990.

- Informe N° 4. Dinámica de la pluma de turbidez del Canal del Dique en la bahía de Cartagena. Colombia. Por Jorge Urbano, Yves F. Thomas, Carlos Parra y Pierre Yves Genet. CIOH, Boletín Científico N° 11. Julio, 1992.

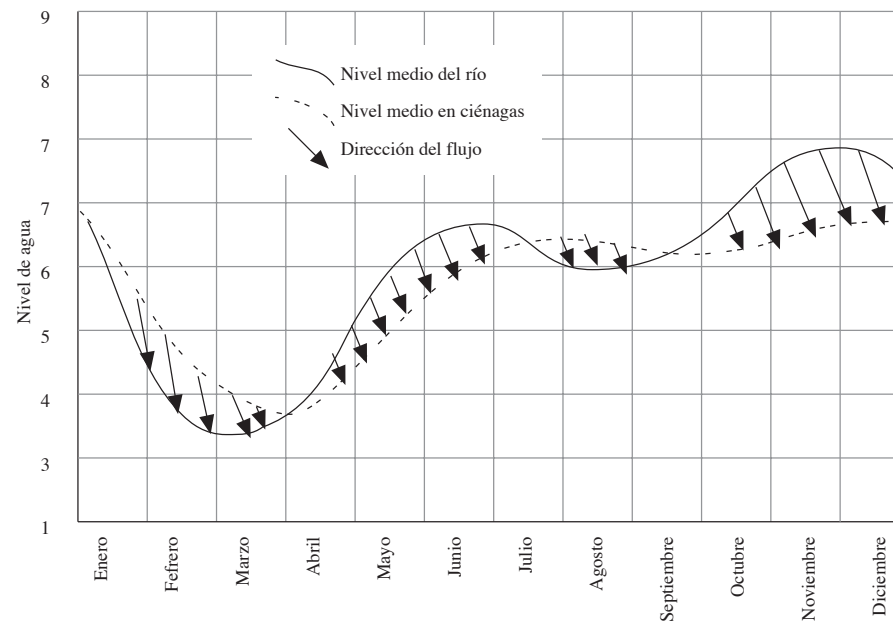


Figura 22. Relaciones entre el régimen hídrico del canal y de los sistemas cenagosos

Tabla 11. Sistemas cenagosos

Sistema	Area (ha)
Los Negros	2.000
Jobo, Botija	2.100
Rabón	160
Guájaro	13.200
Quintanilla, Tupe, Zarzal	7.400
Luisa, Ceiba, Aguasclaras	5.100
Matuya	1.920
El Reje	2.360
Marialabaja	8.300
El Covado	17.500

Los resultados presentados en estos documentos, *i.e.*, concentraciones de sedimentos en diferentes puntos del complejo estuarino, se relacionaron con el estado de caudales del Dique en las fechas pertinentes y con el régimen de vientos, para definir sobre las imágenes de satélite (ver figura 5.4.1.) los diferentes estadios de la dinámica de los sedimentos en la bahía de Cartagena.

Discusión

En los cuatro informes, a pesar de provenir de la misma entidad y con muestreos y métodos de análisis similares, se encuentran contradicciones e inconsistencias en las conclusiones ofrecidas:

- Para la época de vientos, los informes son contradictorios en cuanto a la dirección de las corrientes océano-bahía.
- Para la misma época, el Informe N° 4 reporta un remolino en el extremo S de la bahía que gira en el sentido de las manecillas del reloj. Este es reportado por el Informe N° 3, pero girando en sentido contrario.

Es indudable la presencia de una mancha de sedimentos generada por el canal que en mayor o menor magnitud cubre parte de la bahía de Cartagena; pero el área cubierta depende –no como lo menciona el Informe N° 4, de la precedencia de una lluvia el día anterior, que es de carácter eminentemente local– sino del régimen de caudales del Dique, asociado a una fuerte pluviosidad estacional en el interior del país.

Cabe destacar que en marzo de 1986 y 1990, los caudales del Dique tenían un valor *ca.* 50 m³/s y en la bahía predominaba el mismo régimen de vientos; sin embargo, el Informe N° 4 coloca estos dos eventos en sistemas de circulación diferentes en ra-

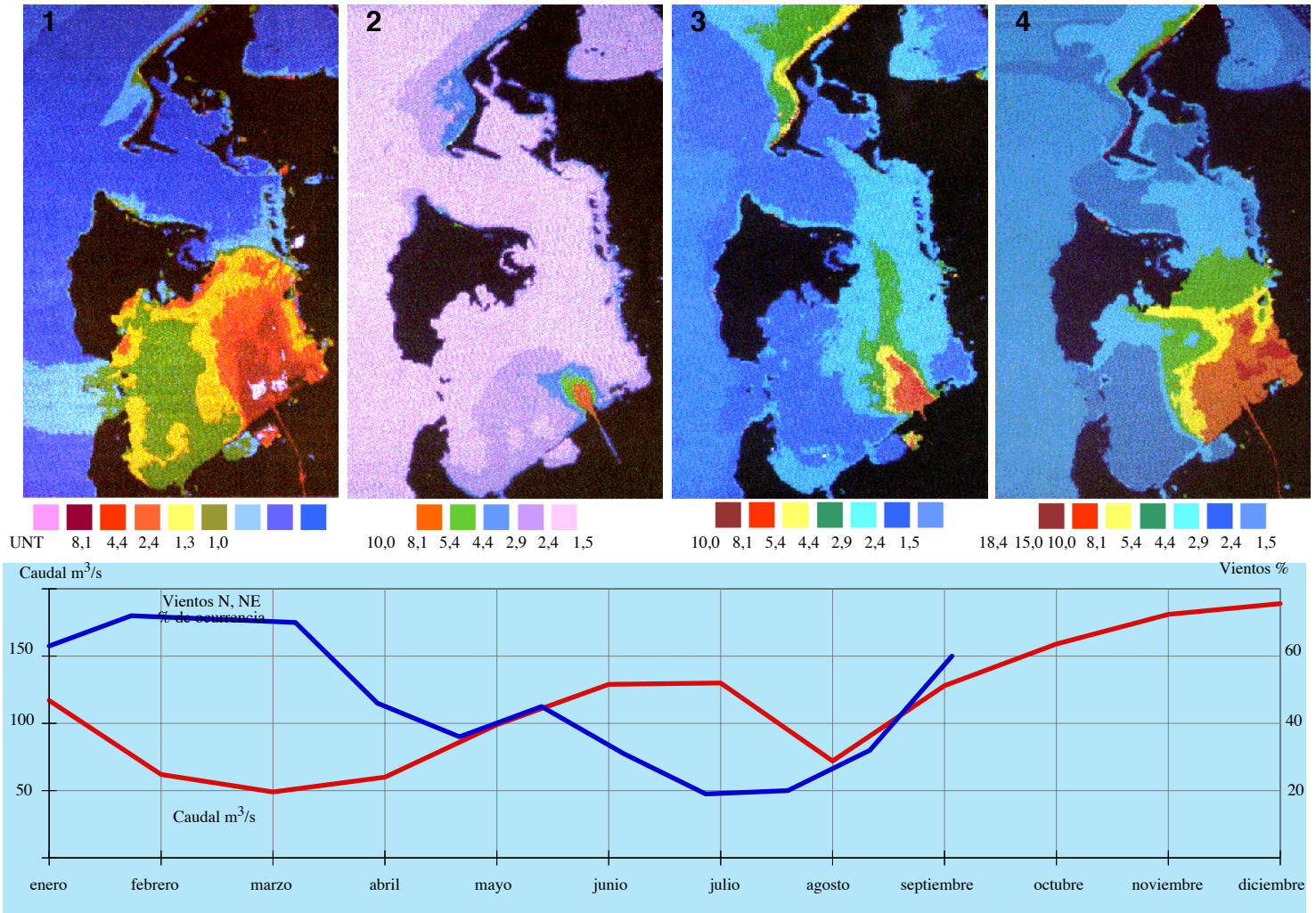


Figura 23. Relación entre la frecuencia de vientos alisios (N, NE) y los caudales medios del Canal del Dique (gráfica inferior) con la concentración de sedimentos (UNT) en la bahía de Cartagena (imágenes de satélite superiores). Detalles en texto.

zón de la configuración del penacho de turbidez. Igual comentario puede hacerse de los eventos de noviembre, 1987 y diciembre, 1990, cuando los caudales eran *ca.* 200 m³/s.

Conclusiones

La extensión en la bahía del penacho de turbidez del Dique depende

de su régimen de caudales y de la presencia de los vientos alisios. Ver figura 23. A partir de la información básica de los informes citados arriba y del conocimiento del régimen de caudales del Dique, se deduce el siguiente esquema de comportamiento de la dinámica estuarina:

- En los primeros meses del año se

presentan los mínimos caudales del Dique (< de 40 m³/s) y la mayor intensidad de los vientos alisios; por tanto el penacho de sedimentos se contrae al extremo sur de la bahía y se presenta penetración de aguas oceánicas por Bocagrande y por Bocachica. Alguna turbidez se presenta en el sector oriental de la bahía (Mamonal) por aportes del sector indus-

trial y por los procesos costeros de erosión. Ver imagen 1., figura 23.

- En el período de transición climática aumentan los caudales del Dique y disminuye la intensidad de los alisios. La dinámica de la estela de turbidez es favorecida por la penetración de aguas profundas oceánicas por Boca-chica, que la orientan hacia el norte y alcanzan la bahía interna. Una mínima parte de los sedimentos se repliega al extremo sur de la bahía; sobre la isla de Barú, se genera un remolino que gira según las manecillas del reloj. Ver imagen 2

- Cuando se inicia la época de máximos caudales el penacho de turbidez empieza a cubrir el sector SE de la bahía, se extiende hacia el norte y cubre toda la franja entre la isla de Tierrabomba y Mamonal. Por el costado N de Tierrabomba penetran aguas oceánicas que empujan el penacho hacia el norte y lo unen con la turbidez generada por los procesos de erosión local del sector de Castillogrande. Ver imagen 3.

- Hacia finales del año los caudales del Dique alcanzan los máximos valores (> 200 m³/s) y los vientos alisios hacen sentir su intensidad. Cuando las descargas son extremas, la mancha de sedimentos queda entonces replegada y cubre la mayor parte del sector sur de la bahía y alcanza a salir a mar abierto por Boca-chica y El Varadero. Ver imagen 4.

hábitats y organismos

Introducción

El Canal del Dique y sus sistemas cenagosos asociados presentan variaciones estacionales de las características bióticas y abióticas que permiten la distinción de tres períodos limnológi-

cos diferentes: estiaje, inundación y descenso de las aguas. Junk *et al.*, (1989) desarrollaron el concepto del pulso anual del río (*flood pulse concept*), que relaciona condiciones geomorfológicas, climatológicas e hidrológicas y explica la productividad e interacciones de la biota en los ecosistemas de áreas inundables.

Hill & Rai (1982), sostienen que el intercambio de ciénagas tropicales y ríos forman una unidad complementaria en la cual el intercambio de energía de la corriente y la biomasa del lago ocurre todo el año, en una especie de sistema continuo (*single continuum*), como consecuencia de su naturaleza *léntica-lótica-lótica*. Durante el primer período lótico las ciénagas reciben agua y nutrientes del río y de las interacciones tierra-lago en la zona de playones. En el segundo período lótico el nivel del agua comienza a descender y la biomasa del plancton y de macrófitas acuáticas es arrastrada por el río. (Ver figura 22. p. 25, dinámica fluvial)

Estos conceptos, desarrollados para sistemas de la cuenca amazónica, son en términos generales aplicables al funcionamiento de la planicie aluvial del Magdalena, de acuerdo con estudios detallados en complejos de ciénagas del tramo medio del río (Dister & García, 1983; Moreno *et al.*, 1987; Pedraza *et al.*, 1989, García & Dister 1990). Los sistemas del Magdalena son más complejos por las siguientes particularidades (García & Dister, *op.cit.*):

- Las aguas del Magdalena tienen un contenido hasta un orden de magnitud más alto de sólidos en suspensión que los sistemas amazónicos; esto limita la importancia del fitoplancton, e incrementa la de las macrófitas acuáticas, particularmente el intercambio playón-ciénaga.

- Los ciclos anuales de lluvias y por ende de caudales y niveles son bimodales en el Magdalena, por tanto se presentan en general dos pulsos de diferente magnitud por año.

- La predecibilidad intranual de los eventos climáticos e hidrológicos en el Magdalena es menor, debido a la dirección norte del río y su extensión sobre ca. 9° latitudinales, lo que origina una asincronía, casi una inversión, en los patrones de lluvias del sector sur y del sector norte.

Dentro de este marco conceptual se presenta una síntesis de las informaciones limnológicas sobre el área del proyecto; se hace énfasis sobre aquellos aspectos relacionados con el dragado en el área de Calamar y en la desembocadura del canal en la bahía de Cartagena.

Este estudio evaluó algunas características del agua y de los sedimentos con el objeto de determinar el status del área del proyecto en relación con las concentraciones en uno y otro reservorio de sustancias nocivas factibles de ser reincorporadas a la fase líquida con las actividades de dragado y disposición de sedimentos.

Se midieron parámetros físicos, químicos y biológicos del agua o los sedimentos superficiales en diferentes estaciones en el río Magdalena y en el canal (tabla 12.). La campaña se realizó en abril 24, 25, y 26 de 1993, durante la época de aguas bajas ascendentes, de transición entre los períodos *léntico* y *lótico I* (*sensu* Hill & Rai). Por otra parte, se caracterizó el status de los hábitats terrestres (islas, orillares y terrenos emergidos en el delta del dique) susceptibles de ser afectados por las operaciones de dragado.

Características limnológicas

En general los datos generados por

Tabla 12. Parámetros y áreas evaluadas

Sitio	río Magdalena	canal Calamar	canal zona media	canal Pasacabalos	Desembocadura	Nº estaciones					
Sólidos totales/volátiles/sedimentables		2	3	1	1						
Conductividad/temperatura/transparencia		2	3	1	1						
Coliformes totales/fecales	2	2		3	3						
Metales pesados (Cu, Cr, Hg) en agua			1	1	1						
Metales pesados (Cu, Cr, Hg) en sedimentos				1	1						
Hidrocarburos en sedimentos		1		2	2						
Fito/zooplancton					1						

este estudio están dentro de los rangos de variación reportados por la literatura en campañas más intensas y de mayor duración. El HIMAT (Ruiz, 1992) evaluó en 7 fechas para diversas condiciones de caudal —entre diciembre, 1986 y septiembre, 1989— las características limnológicas y las concentraciones de metales pesados en la fase líquida en Calamar y 14 estaciones más, aguas arriba. Tovar & Tous (1989) igualmente analizaron en 6 fechas para diferentes condiciones de caudal entre mayo 1987 y marzo 1988 la concentración de metales pesados en 36 estaciones (desde Achí, Cauca bajo y El Banco, brazo de Mompox, hasta Bocas de Ceniza). El estudio incluyó 5 estaciones en el Canal del Dique (Calamar; Santa Lucía, km 8; Arenal, km 32; Mahates, km 49 y Gambote, km 66).

Calidad del agua

Materiales inertes. El gradiente de

disminución de sólidos suspendidos totales y sedimentables entre Calamar y la desembocadura (tabla 13.) se ajusta a los patrones establecidos para el canal (ver subcapítulo *dinámica fluvial*). La sedimentación en los caños y ciénagas es apoyada por la retención de partículas entre las raíces de las macrófitas, principalmente *Eichornia crassipes*.

Los valores de conductividad están dentro del rango reportado para el río en Calamar (Ruiz, *op. cit.*); aunque a la fecha de los muestreos hubo una tendencia a la disminución, las diferencias no son estadísticamente significativas ($P=0,05$). Los valores más altos de la estación 6 –tanto de conductividad, como de sólidos en sus tres formas– pueden estar influidos por el aporte de iones marinos.

En estas condiciones, un eventual aumento de los sólidos totales producido por el dragado en el canal no necesariamente afectaría la capacidad respiratoria de los peces y aunque las larvas de peces migratorios como el bocachico (*Prochilodus reticulatus magdalenae*) o la arenca (*Tripottheus magdalenae*), especies endémicas del Magdalena, son más susceptibles; sin embargo, la fecha prevista para los dragados, aguas crecientes, no coincide con las épocas de migración.

Materiales Biodegradables. Las macrófitas son responsables hasta en un 80% de la producción primaria en los lagos tropicales. El 20% restante esta representado por el fitoplancton y el perifiton (Junk, 1980). Además, las macrófitas, disminuyen la erosión lateral y retienen sedimentos (impidiendo la navegación en canoas y otras pequeñas embarcaciones en algunos caños) y metales pesados que

Tabla 13. Características físicas del agua

Estación	Sólidos mg/l			Conductividad ² μS/cm	Temperatura ² °C	Transparencia cm
	totales	volátiles	sedimentables			
1. Calamar 200m	974	22	803	146,0	28,5	5
2. Calamar puente	900	27	786	145,5	29,0	5
3. Arsenal	733	12	679	144,5	29,0	5
4. Gambote puente	549	10	485	141,0	29,0	5
5. Gambote dársena	376	15	351	140,5	29,0	7
6. desembocadura	926	21	654	179,0	30,0	5
Datos HIMAT ¹	250-942			111,0-166,0	28,0-31,0	

Fuente Campaña Carinsa-Incoplán. 24.-26.4.93

¹ Río Magdalena en Calamar (Ruiz, 1992)

² Media de mediciones en superficie y fondo

fijan químicamente en sus raíces. En las orillas del Dique son importantes *Paspalum repens*, *Echinochloa* sp. y *Oriza* sp., especies con raíces fijas al sustrato, mientras que en las ciénagas predominan las especies con raíces flotantes, *Eichornia crassipes* (buchón o taruya), *Pistia stratiotes* (oreja de burro), *Ludwigia* sp.

La fuente principal de materia orgánica en el canal son las macrófitas acuáticas y su fauna asociada que salen de las ciénagas durante el segundo período lótico (descenso, figura 22. p. 25, *dinámica fluvial*). Una fuente secundaria, en el caso del Dique, son los vertimientos directos o difusos de aguas servidas de la población asentada en las orillas.

La comparación de coliformes totales y fecales, (figura 24., tabla 14.) v. gr., entre las dos márgenes del Magdalena, y de las estaciones cercanas a Calamar con otras en el Canal, sugiere el predominio puntual

de materia orgánica proveniente de aguas servidas en cercanía de los núcleos urbanos (Calamar y en menor grado Pasacaballos) y una constancia en las concentraciones de otra materia orgánica biodegradable.

Contaminantes tóxicos, metales pesados. La tabla 15. muestra las concentraciones de Cu, Cr y Hg en aguas (fase total, líquida + sólida) y en sedimentos en la campaña de abril. Con propósitos comparativos se muestran también los valores medios del estudio de HIMAT (Ruiz, *op. cit.*) en Calamar, los rangos de Tovar & Tous (*op. cit.*) para el canal y para aguas naturales y suelos no contaminados tomados de Bowen (1966, 1978). La figura 25. muestra los sitios y concentraciones de Hg en agua, sedimentos y peces (segunda campaña en junio 14.-15. 1993).

La presencia de Hg en aguas de la bahía y en tejidos de ostras, langostinos y jaibas, se atribuyó a la producción de cloro-soda por Alcalis de Colombia, que lo utilizaba como catalizador (INAS, 1977). Investigaciones posteriores detectaron disminución de la concentración en el agua de la bahía y aportes significativos del Dique (Galvis y Marzola, 1988).

La presencia de mercurio en las aguas y sedimentos del bajo Magdalena está asociada con la minería de oro en el Cauca medio y tributarios (Tovar y Tous *op. cit.*), confirmada por las bajas concentraciones en el agua, fase soluble, aguas arriba de Magangué (Ruiz, *op. cit.*) y su ausencia en agua y en sedimentos en el tramo Barrancabermeja-La Gloria (Carinsa-Incoplan, 1993).

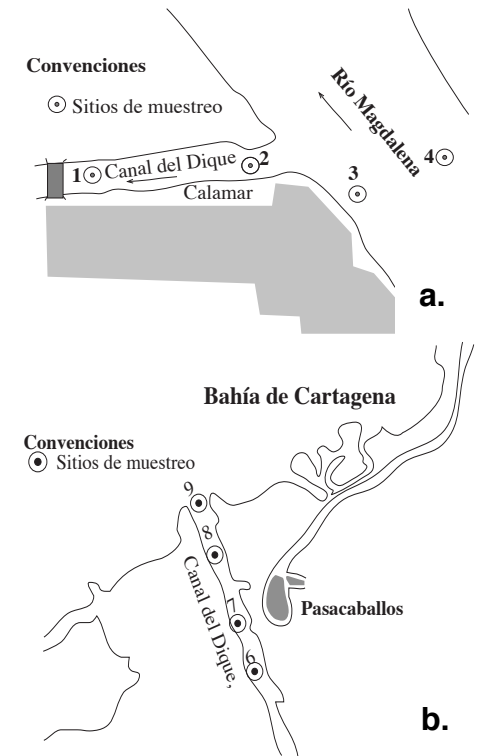


Figura 24. Ensayos bacteriológicos: a. Calamar, b. Pasacaballos

Tabla 14. Análisis bacteriológicos

Estación	Coliformes totales (colonias/100ml)	Coliformes fecales (colonias/100ml)
1. Calamar, puente	1.200	60
2. Calamar, 200m	7.400	820
3. r. Magdalena, margen izquierda	8.200	1.100
4. r. Magdalena, margen derecha	2.000	80
6. amba Pasacaballos	1.700	70
7. abajo Pasacaballos	1.900	60
8. desembocadura	1.500	40
9. desembocadura	1.200	50

Fuente Campaña Carinsa-Incoplán. 24.-26.4.93

Para los 3 elementos las concentraciones en sedimentos fueron mucho mayores que en el agua (fase total) y estaban dentro del rango reportado para suelos no contaminados. Los resultados confirman los hallazgos de Tovar & Tous, (*op. cit.*) para el Dique, aunque en los sedimentos de la zona O del delta, en la campaña de abril, fueron menores que los observados por Galvis y Marzola (1988).

En la campaña de junio (figura 25.), con caudales más altos, no se detectó Hg en el agua del canal, pero sí mayores concentraciones en sedimentos profundos, > 2 m (260 a 320 ppb). En el canal, a la altura del caño Lequerica y Pasacaballos, lo

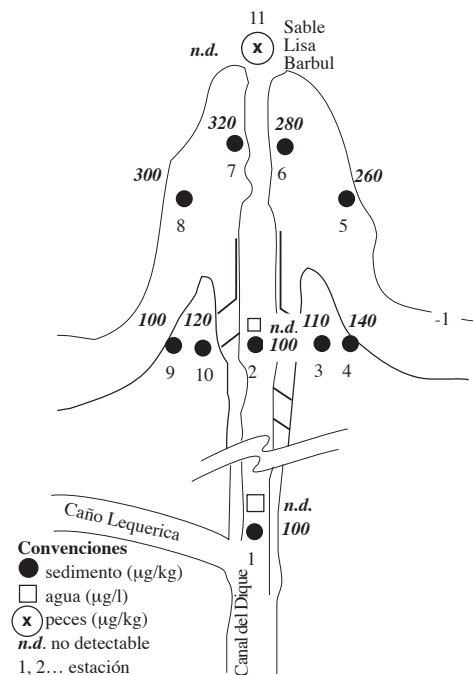


Figura 25. Hg en agua, sedimentos y músculo de peces, Pasacaballos

mismo que en las márgenes de la desembocadura, las concentraciones (100-140 ppb) son más bajas aún que las de la campaña de abril.

No se tiene un entendimiento claro acerca del proceso de acumulación de metales pesados en sedimentos y del papel que puedan jugar los organismos (bioacumulación) particularmente bacterias. Se sabe sí, que en presencia de altas concentraciones de materia orgánica o de sulfuros (S⁻²) los metales en sedimentos tienen menor disponibilidad. Esta puede ser la causa de la ausencia de Hg en tejidos de peces en la campaña de junio, figura 25.

Hidrocarburos. Los niveles medidos (tabla 16.) fueron bajos, mucho menores que los de la bahía de Cartagena (20 a 800 µg/g, Castillo y

Garay, 1988). El mayor valor se encontró en Calamar (9,17 µg/g) asociado con la movilización de embarcaciones y aún por descargas de las estaciones de combustible localizadas en el puerto.

Hábitats

Area de Calamar

En el área de Calamar, el proyecto de dragado tiene influencia sobre 4 habitats: 2 acuáticos –río Magdalena y Canal del Dique– y dos terrestres: –islas frente a Calamar y orillares del canal. Por su similitud, los dos primeros, se analizarán en conjunto.

Río-Canal. El bajo Magdalena, que incluye el canal del Dique, pertenece a la zona *potamon* (*sensu* Illies & Botosaneau, 1963) caracterizada por pendientes y velocidades bajas, caudales y arrastre de sedimentos elevados y con planicie aluvial. En esta zona se dificulta el desarrollo del bentos fluvial, del perifiton y del fitoplancton por la baja transparencia del agua, el efecto abrasivo de los sedimentos que fragmenta la materia orgánica y la permanente renovación del lecho (Payne 1986); por el contrario, la ictiofauna, es abundante y diversa con predominio de cadenas tróficas basadas en detritivoría. ¹ (Fittkau, *et al.*, 1975, Bowen, 1983, García & Dister, 1990).

De acuerdo con evaluaciones de Castillo y Garay (1993), el plancton en la zona de Calamar es pobre, representado por 8 especies de microalgas; ningún organismo zoopláctónico fué capturado. En el análisis del meiobentos en Calamar no se observaron organismos vivos. La pesca directa en el canal es de subsistencia y se restringe al uso de anzuelo, atarraya y barredera (arte pasivo), para capturar especies carnívoras: *Pseudoplatystoma fasciatum*

(bagre pintado) y *Sorubim lima* (blanquillo). La ictiofauna en esta área está constituida además durante las migraciones por cardúmenes de bocachicos y arencas que no se alimentan durante el recorrido.

Islas. Las islas fluviales son un elemento conspicuo del Magdalena, por lo general son efímeras, su forma y tamaño está determinado por la dinámica del río. En las islas formadas por levantamiento del lecho del río por acumulación de sedimentos, la edad y el tamaño determinan los tipos de vegetación –realmente estados sucesionales, desde macrófitos acuáticos hasta vegetación arbórea. En las islas más grandes y antiguas la sucesión es arrestada y reemplazada por

Tabla 15. Metales pesados en agua (fase total, µg/l) y en sedimentos (µg/kg)

Estación ¹	Cu	Cr	Hg
Calamar (agua)	187	n.d. ²	1,12
Calamar (agua)	102	n.d.	0,79
Arenal (agua)	137	n.d.	0,86
Desembocadura (agua)	171	n.d.	0,66
Desembocadura (sedimentos)	5.620	1.110	165,60
HIMAT-Calamar (agua) ³	10,2		0,09
Tovar & Tous (agua)	100-530		n.d.-9,03
Tovar & Tous (sedimento)	1.150-50.690	1.210-51.830	208-369
Tovar & Tous (agua) ³	n.d.-50		n.d.-1,57
Aguas naturales ^{3,4}	10,0	0,18	0,08
Suelos naturales ⁴	2.000-100.000	5.000-3 x 10 ⁶	10-800

Fuente Campaña Carinsa-Incoplán. 24.-26.4.93

¹ Las mismas estaciones de la tabla 1.

² n.d. = no detectable con los métodos analíticos utilizados

³ Sólo fase soluble

⁴ H.J.M.Bowen, (1966, 1978)

Tabla 16. Hidrocarburos en sedimentos (µg/g base húmeda)

Estación	Alifáticos resueltos	Alifáticos no resueltos	Aromáticos
Trampa Calamar	5,53	2,34	1,30
Pasacaballos espólon terminal	4,56	2,51	0,32
Pasacaballos	1,18	0,80	1,57

Fuente Campaña Carinsa-Incoplán. 24.-26.4.93

cultivos anuales de pan coger y posteriormente por cultivos perennes y frutales plantados.

En el área de Calamar se trata de tres islotes de reciente formación, en medio del río Magdalena frente a esta población (ver figura 6. p.11, capítulo *descripción del proyecto*). En el primero y más pequeño, 8 ha, ubicado frente a la difluencia del río y el canal, está dominado por *Hymenachne amplexicaulis*, con un dosel no mayor de 50 centímetros, posee un pequeño sector sembrado con maíz, que evidencia su formación reciente; el segundo, isla La Loca, ubicado 1

km al sur, tiene una extensión de 40 ha; predomina también *H. amplexicaulis* y algunas herbáceas dicotiledóneas (leguminosas y rubiáceas). Su ocupación es más antigua, existe una finca con frutales: *Carica papaya*, *Mangifera indica*, *Musa paradisiaca*, *Musa* sp. entre otros, con una cobertura ca. 20%.

Por último, la isla Becerra un poco más al sur (ca. 150 ha) separada de la anterior por un canal estrecho, puede considerarse la más antigua de las tres por su estructura vegetal; se encontraron rastrojos que no superan el dosel de los 5 m, donde predominan: *Samanea saman*, *Acacia farnesiana*, *Mimosa pigra* y *Gliricidia sepium* (leguminosas), *Triplaris americana*, *Lecythis ollaria* (Lecythidaceae) y *Crescentia cujete* (Bignoniaceae), intercaladas con amplios sectores de herbáceas de poca altura y diferentes especies, sometidos al pastoreo.

En general en estos hábitats por su carácter efímero, y en el caso de Calamar además por su alto grado de antropización, la fauna es escasa, limitada a especies generalistas y con pocas exigencias de hábitat: pequeños roedores, quirópteros, reptiles insectívoros; las orillas sin vegetación son sitio de anidación de aves

¹ El sistema Magdalena ha sido objeto de numerosos estudios ictiológicos en atención a la importancia social y económica de la pesca. (Arias, 1975; Beltrán & Beltrán, 1976; Kapetski, 1978; Arboleda, et al., 1984; Anzola & Contreras, 1989; INPA, 1989; Mejía, 1989; Valderrama & Villarreal, 1989; etc.). La ictiofauna del Magdalena es diversa y abundante, se conocen más de 140 especies, sin embargo sólo ca. 30 son utilizadas como alimento y 12 son objeto de comercialización. La gran mayoría de las especies de interés pesquero tienen su hábitat permanente en las ciénagas, y sólo se encuentran en el río durante las migraciones reproductivas (subienda), asociadas a los niveles bajos del río, y de repoblamiento (bajanza), durante aguas altas.

acuáticas y algunas especies de reptiles. Estos tres islotes tienen un valor ecológico mínimo por su deterioro actual y por la extensión del hábitat en el Magdalena.

Orillares del canal. Los orillares son unidades inestables de alta productividad, formadas en la margen conveja de un meandro por acumulación de material transportado o en la periferia protegida de la corriente en islas; el factor determinante es el continuo aporte de material y el cambio periódico del nivel de las aguas. Son praderas emergentes sobre diferentes substratos, donde predominan *Hymenachne amplexicaulis*, *Panicum elephantipes*, *Echinocloa cruz-pavonis*, *Leersia hexandra*, *Mimosa pigra*, *Cyperus surinamensis*, *Rhynchospora* sp. (substratos arenosos) y *Ludwigia erecta*, *L. decurrens*, *Phytolacca* sp, *Aeschynomene sensitiva*, *Mariscus ligularis*, *Fimbristylis littoralis* (substratos limosos) todas ellas especies anuales resistentes a la inundación. Esta vegetación posee una fauna abundante y diversa de insectos y otros invertebrados acuáticos importante como alimento de aves y peces

Los orillares del Dique son artificiales, producto de la acumulación de materiales de dragado de las rectificaciones recientes del canal (ver capítulo descripción del proyecto). En el área de influencia del proyecto –hasta el puente de Calamar– los orillares se encuentran fuertemente intervenidos por construcciones urbanas, zonas de descarga de aguas e incluso por la fuerza del oleaje producido por los remolcadores. Su valor ecológico es escaso dados su status y la enorme extensión de este hábitat en el río Magdalena

Area de Pasacaballos

En esta zona se encuentran 4 hábitats asociados al proyecto de dragado: el canal, los orillares, el delta del canal y el área proximal de la bahía de Cartagena. Todos son de origen reciente, consecuencia del funcionamiento del canal (detalles de su origen y dinámica se presentan en otros apartes de este capítulo), son inestables, sucesionales y en una condición de disclímax asociada a las actividades anteriores de dragado y depósito de materiales.

El canal. El análisis del meiobentos en la zona de Pasacaballos tampoco presentó organismos vivos, por las mismas consideraciones anotadas para Calamar. Las muestras, lodos finos, presentaron gran cantidad de detritos de origen vegetal. Es posible que las tasas de acumulación de sedimento sean más rápidas por la menor pendiente y por la floculación inducida por las mareas, lo cual impide aún más el desarrollo del bentos.

La pesca artesanal, al igual que en Calamar, está limitada al uso de anzuelos, con pobres resultados. Esta zona del canal es un hábitat artificial relativamente reciente, utilizado por algunas especies de peces en incursiones río arriba, pero que no representa una ruta migratoria conocida.

Orillares. Son totalmente artificiales, consisten en espolones de madera unidos para evitar la erosión lateral que produce el oleaje generado por la navegación y para concentrar el flujo del agua por el centro del canal.

En algunos puntos se observan cubiertos por macrófitas *Oriza* sp y *Paspalum* spp. que no se consolidan en el medio, pero que tampoco desaparecen, en una especie de disclímax.

Delta del canal. La sedimentación intensa por floculación en la desembocadura y los depósitos, han creado

una zona con características ecológicas especiales cuya vegetación avanza, principalmente en la margen izquierda. Esta es sucesional, semejante a la presente en islas fluviales nuevas pero con elementos tolerantes de salinidad: *Panicum maxima*, *Thypha* spp, *Cyperus* spp y leguminosas (*Mimosa pigra*, *Acacia* sp. y *Prosopis juliflora*) arbustivas o arbóreas en desarrollo con un dosel < 3 m.

En la margen izquierda del canal se encuentra un manglar bien consolidado, con proyección hacia el mar; predominan *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle bobo), hay individuos aislados de *Rhizophora mangle* (mangle rojo). El manglar maduro, con ejemplares de *R. mangle* de 8 y 10 m de altura, llega hasta la orilla del canal en una pequeña franja a unos 500 m de la desembocadura.

En una zona localizada a 300 m del mar y 100 m del canal, en medio de un manglar joven, se encontraron restos de coral *Acropora* spp. y *Porites* spp. y bivalvos que provienen –según informan los moradores– de las actividades de vaciado, lo que indica el desarrollo del manglar sobre los llenos y los terrenos emergidos.

Individuos de *A. germinans* con dosel ca. 10 m en medio de otros < 6 m, sugieren una fuerte presión antrópica; de hecho, el corte de mangle y la pesca en el penacho de sedimentos son las actividades principales en Pasacaballos. Por otra parte, en fotos aéreas antiguas (anteriores a 1987) se aprecia una extensión mayor, reducida para alojar los estanques de la camaronera localizada entre el canal y ciénaga Honda.

La margen distal izquierda del delta, emergida recientemente –ver figura 14 p. 21, geomorfología– se ha con-

vertido en sitio de reposo de varias aves: *Casmerodius albus*, *Egretta thula*, *Pelecanus occidentalis* y *Fragata magnificens*, asociadas a la actividad pesquera en esa área.

Bahía de Cartagena (Estuario). Las comunidades de fito- y zooplancton, se encuentran en un ambiente limitante, de aguas someras, inestable, con cambios cíclicos en la penetración lumínica y en la concentración de sólidos en suspensión (ver subcapítulo *dinámica estuarina*); los finos del fondo se resuspenden constantemente con el paso de embarcaciones. Se esperan diferencias en la composición y abundancias de estas comunidades de acuerdo con el status del penacho de los sedimentos en la bahía, determinado por los caudales del canal y la frecuencia e intensidad de los vientos alisios. Durante los muestreos la situación era similar la de la imagen 2, figura 23, p. 26.

Los resultados del análisis del fitoplancton se presentan en la tabla 17. La diversidad y concentraciones fueron bajas, aunque es relevante el hecho que se trataba de células de gran tamaño.

Los resultados de la colección de zooplancton, (tabla 18.); indican abundancia media, con dominio de copépodos ciclopoideos pequeños -73%, pertenecientes a 4 especies no determinadas, tamaño *ca.* 300 μ m y frecuencia de hembras ovadas.

Otros grupos están pobremente representados; la presencia de algunos (*Moina*, cladóceros de agua dulce y larva de insecto) en la muestra es accidental (Caraballo, 1992), mientras que otros de mayor tamaño se considera (Brooks & Dodson,

Tabla 17. Fitoplancton en desembocadura del canal del Dique

Taxon	Estimado 1	Estimado 2	Estimado 3	células/ml
<i>Ceratium</i> sp	2	1	12	5
<i>Navicula</i> sp 1			7	3
<i>Navicula</i> sp 2		1		1
<i>Navicula</i> sp 3	1			1
<i>Nitzschia</i> sp 1	1		1	1
<i>Nitzschia</i> sp 2			1	1
<i>Coccus</i> sp		3		1
<i>Coscinodiscus</i> sp		1	1	1
<i>Licmophora</i> sp			1	1
<i>Pleurosigma</i> sp	1			1
<i>Rhizosolenia</i>	2	2	1	2
<i>Thalassionema</i> sp			9	3

Fuente Campaña Carinsa-Incoplán. 24.-26.4.93

1965) con abundancias reducidas por alta depredación por peces: *Evadne* (cladóceros) y copépodos calanoideos. El análisis de contenido estomacal mostró hábitos detritófagos para la sardina, lisa y chivo, carnívoros para el sable y zooplanctófagos para los juveniles de róbalo y pargo.

En la desembocadura del canal en la bahía la comunidad de pescadores de Pasacaballos es activa todo el año;

Tabla 18. Zooplancton en desembocadura del canal del Dique

Taxon	Estimado 1	Estimado 2	Estimado 3	individuos/l
Calanoida (3 spp)	147	60	27	7
Ciclopoidea (4 spp)	439	1.420	223	58
Harpacticoida	40	47	9	3
Nauplios copépoda	38	17	11	2
Larva anélida	13	15		1
Quetognatos		7	2	1
Cladóceros	3	5	5	1
Protozoa decápoda	3		1	1
Huevos de peces		3	1	1
Larva de insecto		1		1
Hidromedusas	1	1		1
Decápoda	1			1
Micromoluscos	3			1
Porcelánidos	1			1

Fuente Campaña Carinsa-Incoplán. 24.-26.4.93

el esfuerzo pesquero promedio es de 50 canoas/día, regularmente trabajan dos personas con anzuelo o atarraya. La producción pesquera en esa zona no ha sido evaluada, pero se basa en las siguientes especies:

<i>Trichurus lepturus</i>	sable
<i>Mugil</i> sp	lisa
<i>Centropomus undecimalis</i>	róbalo
<i>Lutjanus synagris</i>	pargo chino
<i>Bagre</i> sp	chivo
<i>Elops saurus</i>	macabí
<i>Eugerres plumieri</i>	mojarra.

sistema antrópico

El proyecto del dragado tiene una localización puntual en el sistema del Canal del Dique y los sitios de excavación y de vertido de los materiales son precisos. Aun cuando el canal es un sistema

complejo, las obras del proyecto se limitan a zo-nas del río y del canal con influencia menor sobre la población vecina y por otra parte, el mantenimiento de los accesos es una tarea rutinaria anual que no es nueva para los habitantes ribereños.

En consideración de lo anterior, el análisis del sistema antrópico se limitó a las poblaciones vecinas de Calamar y Pasacaballos, destacando las siguientes características, presentadas en la tabla 19: generalidades

sobre la población, actividades económicas, infraestructura, valores culturales y las relaciones entre la comunidad y el proyecto.

Tabla 19. Información básica componente antrópico

Aspectos	Calamar	Pasacaballos
Generalidades		
Historia	Territorio originalmente posesión de la tribu Macaná. Fundada hacia 1848 con una población inicial de 600 habitantes. Erigido en distrito en 1854 y en municipio en 1932. El ferrocarril Cartagena-Calamar le imprimió importancia y gran desarrollo hasta su suspensión en 1.951.	En época de la colonia era lugar de asentamientos de los trabajadores de las haciendas San Francisco del Tejadillo y Bolívar, quienes posteriormente compraron sus tierras y se expandieron hasta poblar las orillas del dique. el pueblo fue formalmente fundado en 1959 por pescadores y agricultores.
Límites	Norte: Municipio Suán (Atlántico) y Canal del Dique; Sur: Municipio San Juan Nepomuceno (Bolívar); Oeste: Municipios de Mahates y Soplavientos (Bolívar); Este: Municipio de Pedraza (Magdalena) y río Magdalena.	Norte: Bahía de Cartagena; Sur: Bahía de Baracoas; Oeste: Canal del Dique; Este: Zona industrial de Mamonal.
Población	1.985: Total: 23.600 (Urbana: 8.400; Rural: 15.200) (DANE, 1985) 1.990: Total: 23.400 (Urbana: 8.800; Rural: 14.600) (Carinsa, 1990)	Total: 5.350 (DANE, 1985) 64% mayor de 20 años.
Actividad económica		
Población económicamente activa (PEA)	Total= 33% Comercio = 32% Agricultura = 12% Pesca = 17% Transporte = 17% Gobierno = 7% Otros = 16%	Total= 36% Agricultura = 22%* Pesca = 7% Mamonal = 55% Corte mangle = 12%* Otros = 4% *Combinada con pesca
Sectores	Agricultura : Maíz, yuca, plátano, ahuyama en pequeña escala Ganadería : Extensiva, actividad importante Comercio : 93 establecimientos Industria : 1 planta de conservación de leche	Sin información
Infraestructura		
Vial	(Carretera: estado, superficie) Malagana-Calamar: regular, destapada; Carreto-Calamar: bueno, asfaltada; B/quilla-Calamar: bueno, asfaltada; excepto dos calles internas, las demás calles: malo, destapadas.(Fluvial) río y canal	(Carretera: estado, superficie) Cartagena-Pasacaballos: bueno, concreto; Rocha-Pasacaballos: malo, destapada; excepto dos calles internas, las demás calles: malo, destapadas.(Fluvial) Canal del Dique.
Servicios públicos	Acueducto: cobertura: 97%; conectados: 73%; fraudulentos: 10%; sin servicio: 17%. Alcantarillado y recolección de basuras: no. Energía: redes; 96%; conectados: 83%; fraudulentos: 12%. Teléfono: larga distancia	Acueducto: sin información. Alcantarillado y recolección de basuras: no. Energía: redes; 97%. Teléfono: larga distancia.
Servicios sociales	Educación: 5 escuelas primaria y un colegio de bachillerato. salud: un centro. Recreación: no hay escenarios ni equipamiento	Educación: 2 escuelas primaria y un colegio de bachillerato. salud: 2 centros. Recreación: un campo de futbol y una biblioteca.
Valores culturales		
Históricos	Algunas edificaciones con arquitectura republicana, muy deterioradas.	Ninguno
Arqueológicos	Ninguno	Cercana a zona arqueológica de Monsú
Comunidad vs. proyecto		
Opinión del proyecto	La comunidad no ha percibido perjuicios por colmatación del canal paralelo al frente del muelle. La comunidad está acostumbrada al dragado anual.	No quieren que el material dragado se vierta en margen derecha porque taponan canales de acceso al pueblo. El proyecto no presenta perjuicio.
Opinión del impacto	Crean que no habrá impactos en casco urbano. Algunos campesinos que cultivaron en islas saben de riesgo por inundación. Pescadores no temen.	Los únicos posibles afectados serían los pescadores, pero ellos siempre se ubican lejos de las dragas.

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).

La demanda ambiental asociada al proyecto de dragados del canal se determinó mediante el procedimiento esquematizado en la figura 26.

1. En primer lugar, se efectuó la desagregación del proyecto en actividades o procesos para definir aquellos potencialmente causantes de deterioro ambiental. Se

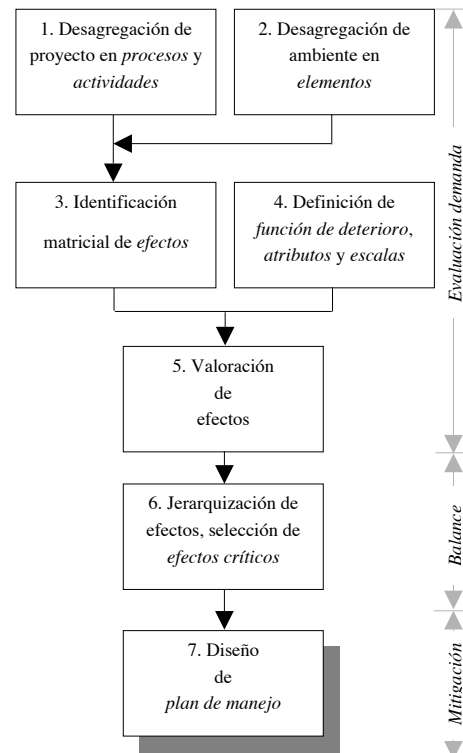


Figura 26. Procedimiento de evaluación ambiental

demanda ambiental del proyecto de dragado

Tabla 20. Actividades y procesos del proyecto

Actividades	Procesos	Descripción
Instalación	Movilización y alistamiento	Transporte de equipos, materiales y personal hasta los sitios de obra. Ajuste de motores. Preparación de draga, tuberías y equipos complementarios. Adecuación de componentes en tierra o flotantes
	Localización y referenciación	Adecuación de terrenos para levantamientos topográficos y batimétricos en cada sitio de obras 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
	Descarga	Acción del vertido de la mezcla de agua y sedimento en agua o tierra
Terminación	Desmovilización	Desmonte de tuberías y preparación del transporte final de equipos, materiales y personal; retiro general

consideraron 7 actividades secuenciales (ver tabla 20.).

2. Luego se efectuó la desagregación de los sistemas abiótico, biótico y antrópico del medio ambiente en componentes y elementos susceptibles de alteración.

Para esta desagregación se tomó como base la desarrollada por Integral (op. cit.). Se adicionaron los elementos propios de los componentes marino, estuarino y fluvial de las zonas del proyecto y los asociados a la utilización de los recursos en ellos contenidos. Se consideraron 22 elementos. La tabla 21., p. 34, presenta los 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. Mediante la discusión de cada caso, el grupo de trabajo tomó la decisión de incluir una interacción en la matriz de identificación.

Algunas interacciones (efectos) no son comunes a Calamar y a Pasaca-

ballos, por diferencias de oferta y demanda, i.e., la existencia en Pasacaballos de manglares y otros componentes estuarinos, con usos particulares no existentes en Calamar y por el origen de la barra de sedimentos en Pasacaballos. Para la evaluación ambiental por tanto, se prepararon sendas matrices de identificación, tablas 22a. y 22b., p. 35, respectivamente, donde se destaca con un • la existencia de interacción. Sobre un total de 154 interacciones posibles, el grupo de trabajo identificó 72 efectos (47%) en Calamar y 79 (51%) en Pasacaballos.

4. La función de deterioro (Integral op. cit.) expresa el grado de alteración que imprimen las acciones del proyecto a la condición actual de cada elemento. Esta alteración está referida únicamente a los efectos

1. La división del medio en elementos es arbitraria en el sentido de que no corresponde a esquemas preestablecidos. Se definen como elemento sólo aquellas características estructurales o funcionales del medio que en concepto del grupo de trabajo son susceptibles de ser afectadas por el proyecto. Su agrupación en categorías mayores (componentes y sistemas) utiliza conceptos de urbanismo, planeación regional, antropología, ecología, etc. y están definidas en las referencias citadas.

Tabla 21. Elementos ambientales y descripción de efectos potenciales

Sistema	Componente	Elemento	Descripción de efecto
Abiótico	Atmósfera	Aire	Incremento de concentraciones de gases (SOx, COx, NOx)/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, sedimentables por agitación de lodos durante succión/descarga
		Biodegradables	Incremento de sustancias biodegradables por agitación de lodos durante succión/descarga y vertimiento de aguas residuales/basuras
		Tóxicos	Aumento en las concentraciones de sustancias tóxicas (combustibles y lubricantes) durante aprovisionamiento
		Dinámica fluvial	Modificaciones en comportamiento hidráulico natural del cauce y en repartición de caudales líquidos y sólidos
		Dinámica estuarina	Alteración de sistema de circulación en bahía por vertido de materiales de dragado
	Suelo y fondos	Contaminación	Alteración de características físicoquímicas por disposición de materiales de dragado
		Morfología	Cambios en niveles, áreas, pendientes, perímetros, topografía o batimetría por disposición acumulativa de materiales de dragado en desembocadura e islas
	Biótico	Acuático/terrestre	Organismos
Hábitats			Intervención de entornos de poblaciones/comunidades acuáticas/terrestres por actividades/obras del proyecto
Procesos		Interferencia con procesos de reproducción, alimentación, migración, etc.	
Antrópico	Recursos	Vegetación	Limitación, reducción o pérdida de acceso u oferta a recursos asociados a vegetación (natural/cultural) y disminución de rendimientos económicos
		Agua	Limitación, reducción o pérdida de acceso u oferta, calidad, posibilidades de usos, o sobrecostos en utilización de recurso
		Pesca	Limitación, reducción o pérdida de acceso u oferta de recursos hidrobiológicos y disminución de rendimientos económicos
		Turismo	Alteración del paisaje en zona estuarina por resuspensión de sedimentos y acumulación de depósitos en delta artificial
	Infra-estructura	Vías	Modificación o restricción del río o del Canal del Dique como medio de comunicación y transporte comercial y menor
	Estructura	Generación de ingresos	Modificación en estructura de ingresos y producción por aumento en oferta de trabajos temporales no tradicionales. Encarecimiento de productos locales por aumento de poder adquisitivo y por afluencia de personal
		Ocupación terrenos	Poseción de terrenos emergidos recurrentemente en delta artificial y en islas del río por depósitos esporádicos
		Movilidad	Cambios en medios o rutas de movilización utilizados por personas para obtener sus recursos, desarrollar sus actividades productivas, comunicarse o recrearse
	Super-estructura	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.)
		Interrelación social	Deterioro de mecanismos de relación social y de comunicación, por desacuerdos en negociaciones sobre precios de cultivos, tierras, empleo, etc. Detonación de conflictos por presencia de personas y entidades extrañas

inmediatos que produce la actividad de una manera directa y no a los secundarios que ésta desencadena.

El valor de la función de deterioro de cada interacción se definió con base en 8 atributos del efecto. De éstos, 7 son adversos: *probabilidad, duración, velocidad, reversibilidad, recuperabilidad, magnitud y extensión espacial*, a los cuales se les asignó un valor entre 1 y 4 según la apreciación del grupo de trabajo. Igualmente, se consideró el atributo *carácter benéfico del efecto*, cuya calificación varía entre 0 y -4.

Por otra parte, la contribución de cada atributo al valor de la función de deterioro se definió mediante un *factor de ponderación* –entre 0,0 y 1,0– resultante de promediar las apreciaciones de los miembros del grupo de trabajo para cada uno de los atributos. No se establecieron

diferencias en este aspecto para Calamar y Pasacaballos.

En la tabla 23. se presentan la descripción de los atributos, su escala de calificación y el factor de ponderación.

5. El valor de la función de deterioro correspondiente a una interacción; o sea, el efecto producido por una actividad sobre un elemento ambiental, es la sumatoria de las calificaciones de los 8 atributos, multiplicadas por su factor de ponderación. Su expresión matemática es la siguiente:

$$\Phi_i = \sum C_{ij} p_j$$

en donde:

Φ_i = función de deterioro asociada a la interacción *i* de un elemento ambiental con una actividad del proyecto

Tabla 23. Atributos de la función de deterioro

Atributo: ponderación	Descripción	Escala y Calificación
(P) Probabilidad: 0,08	Indica en términos probabilísticos la ocurrencia de los efectos ambientales por causa de las actividades del proyecto	Baja 1
		Media 2
		Alta 3
		Muy alta 4
(D) Duración: 0,12	Representa la permanencia temporal del efecto dentro del componente o elemento ambiental afectado	Muy corta-horas 1
		Corta-días 2
		Larga-meses 3
		Muy larga-años 4
(V) Velocidad: 0,05	Es el tiempo que tarda el efecto en alcanzar la máxima perturbación luego de realizada la acción incidente del proyecto	Muy lenta-meses 1
		Lenta-días 2
		Rápida-horas 3
		Instantánea 4
(RV) Reversibilidad: 0,20	Capacidad del elemento ambiental de regresar a en forma <i>natural</i> a la condición previa	Reversible 1
		Irreversible 4
(RC) Recuperabilidad: 0,10	Potencial de revertir <i>artificialmente</i> el elemento ambiental a la condición previa	Recuperable 1
		Irrecuperable 4
(M) Magnitud: 0,20	Grado de alteración generada por las actividades del proyecto sobre las condiciones o características iniciales de los componentes o elementos afectados	Baja 1
		Moderada 2
		Alta 3
		Muy alta 4
(EE) Extensión espacial: 0,10	Volumen, área o longitud que alcanza el efecto tomando como referencia el sitio donde él se generó	Puntual <500 m 1
		Local 500-1000 m 2
		Extensiva 1,5-10 km 3
		Regional > 10 km 4
(B) Carácter benéfico: 0,15	Beneficio de la actividad sobre un elemento diferente del elemento afectado	Nulo 0
		Bajo -1
		Medio -2
		Alto -3

C_{ij} = Calificación asignada al atributo j para la interacción i
 p_j = Factor de ponderación del atributo j , común para todas las interacciones.

La ecuación establecida para el dragado en el Dique es la siguiente:

en donde :

0,08; 0,12; 0,05; ... =

Factores de ponderación de atributos, *constantes*

P,D,V,RV,RC,M,EE,B =
 Calificación de los atributos, *variables*.

Los resultados de la evaluación de las funciones de deterioro de las interacciones se presenta en las tablas 24a. y 24b. para Calamar y Pasacaballos, respectivamente.

Elemento	Aire	Ruido	Inertes	Bio-degradables	Tóxicos	Dinámica fluvial	Dinámica estuarina	Contaminación	Morfología	Organismos	Habitats	Procesos	Vegetación	Agua	Pesca	Turismo	Vías	Generación ingresos	Ocupación terrenos	Movilidad	Generación expectativas	Interrelación n.º	Σ Efectos
----------	------	-------	---------	-----------------	---------	------------------	--------------------	---------------	------------	------------	----------	----------	------------	------	-------	---------	------	---------------------	--------------------	-----------	-------------------------	-------------------	-----------

Tabla 22a. Identificación de efectos del proyecto de dragado en Calamar

Actividad o proceso	Aire	Ruido	Inertes	Bio-degradables	Tóxicos	Dinámica fluvial	Dinámica estuarina	Contaminación	Morfología	Organismos	Habitats	Procesos	Vegetación	Agua	Pesca	Turismo	Vías	Generación ingresos	Ocupación terrenos	Movilidad	Generación expectativas	Interrelación n.º	Σ Efectos
Movilización/alistamiento	•	•		•	•			•										•			•	•	8
Localización/referenciación					•					•											•	•	3
Señalización y balizaje	•				•					•	•							•			•	•	7
Colocación de tuberías	•	•			•	•		•		•	•							•			•	•	13
Succión	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•				•	•	•	•	•	17
Descarga			•	•	•	•		•	•	•	•	•	•					•		•	•	•	15
Desmovilización	•	•		•	•			•		•	•							•			•	•	9
Σ efectos	5	4	2	4	7	3	0	4	2	6	5	2	3	1	0	0	3	4	3	2	7	5	72

Tabla 22b. Identificación de efectos del proyecto de dragado en Pasacaballos

Actividad o proceso	Aire	Ruido	Inertes	Bio-degradables	Tóxicos	Dinámica fluvial	Dinámica estuarina	Contaminación	Morfología	Organismos	Habitats	Procesos	Vegetación	Agua	Pesca	Turismo	Vías	Generación ingresos	Ocupación terrenos	Movilidad	Generación expectativas	Interrelación n.º	Σ Efectos
Movilización/alistamiento	•	•		•	•			•								•					•	•	9
Localización/referenciación					•					•											•	•	3
Señalización y balizaje	•				•					•	•							•			•	•	8
Colocación de tuberías	•	•			•	•		•		•	•		•					•			•	•	14
Succión	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	18
Descarga			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					•		•	•	•	18
Desmovilización	•	•		•	•			•		•	•							•			•	•	10
Σ efectos	5	4	2	4	7	3	2	4	1	6	5	2	2	1	2	6	3	4	3	2	7	5	80

$$\Phi_i = [0,08P+0,12D+0,05V+0,20RV+ 0,10RC+0,20M+0,10EE+0,15B]$$

Tabla 24a. Evaluación de efectos del proyecto de dragado en Calamar

Actividad o proceso	Aire	Ruido	Inertes	Bio-degradables	Tóxicos	Dinámica fluvial	Dinámica estuarina	Contaminación	Morfología	Organismos	Habitats	Procesos	Vegetación	Agua	Pesca	Turismo	Vías	Generación ingresos	Ocupación terrenos	Movilidad	Generación expectativas	Interrelación n.º	Σ Efectos
Movilización/alistamiento	1,02	1,12		1,02	1,72			1,07										1,20			1,37	1,02	9,5
Localización/referenciación					1,60					1,00											1,37		4
Señalización y balizaje	1,02				1,60					1,00	0,95							1,20			1,37	1,55	8,7
Colocación de tuberías	0,90	1,00			1,60	0,90		0,95		1,00	0,95		1,23				1,79	1,20	1,07		1,37	1,55	16
Succión	1,09	1,24	1,32	1,32	1,94	1,35			1,83	1,62	1,29	1,57	1,19	1,94			2,77		1,34	2,19	1,37	1,92	27
Descarga			1,42	1,42	1,94	1,35		1,78	1,68	1,90	1,65	1,65	1,29				1,79		1,09	1,79	1,37	1,52	24
Desmovilización	1,02	1,12		1,02	1,72			1,07		1,12	1,07							1,20			1,37		11
Σ efectos	5,05	4,48	2,74	4,78	12,1	3,6	0	4,87	3,51	7,64	5,91	3,22	3,71	1,94	0	0	6,35	4,8	3,5	3,98	9,59	7,56	

Tabla 24b. Evaluación de efectos del proyecto de dragado en Pasacaballos

Actividad o proceso	Aire	Ruido	Inertes	Bio-degradables	Tóxicos	Dinámica fluvial	Dinámica estuarina	Contaminación	Morfología	Organismos	Habitats	Procesos	Vegetación	Agua	Pesca	Turismo	Vías	Generación ingresos	Ocupación terrenos	Movilidad	Generación expectativas	Interrelación n.º	Σ Efectos	
Movilización/alistamiento	1,02	1,12		1,02	1,72			1,07								2,25		1,20			1,37	1,02	12	
Localización/referenciación					1,06					1,00											1,37		3,4	
Señalización y balizaje	1,02				1,06					1,00	0,95							1,20			1,37	1,55	9,9	
Colocación de tuberías	0,90	1,00			1,06	0,90		0,95		1,00	0,95		1,23				2,35	1,79	1,20	1,07	1,37	1,55	17	
Succión	1,09	1,24	1,32	1,32	1,94	1,35	1,60			1,62	1,29	1,57		2,52	1,47		1,02	2,77		1,34	2,04	1,37	1,92	29
Descarga			1,42	1,42	1,94	1,35	2,10	1,78	2,50	1,90	1,65	1,65	1,37		1,72		2,25	1,79		1,09	1,79	1,37	1,52	31
Desmovilización	1,02	1,12		1,02	1,72			1,07		1,12	1,07							1,20			1,37		13	
Σ efectos	5,05	4,48	2,74	4,78	10,5	3,6	3,7	4,87	2,5	7,64	5,91	3,22	2,6	2,52	3,19	11,9	6,35	4,8	3,5	3,83	9,59	7,56		

Se analizan en este capítulo las matrices de identificación de efectos y de la función de deterioro, para determinar los elementos del ambiente más afectados y las actividades del proyecto de mantenimiento potencialmente más impactantes, con el objeto de definir alternativas y pautas de manejo ambiental.

Identificación de efectos

El mayor número de interacciones, 62%, es producido por las actividades del dragado (*colocación de tuberías, succión y descarga*), frente al 25% y 13% que producen, en su orden la *instalación y terminación*. Los procesos de *succión y descarga* representan el 45%.

En cuanto a sistemas ambientales, Calamar y Pasacaballos presentan en su orden, para el *abiótico*, 31 y 32 interacciones, y para el *biótico* el mismo número 13. Para el *antrópico*, Calamar tiene 28 y Pasacaballos 35.

Desde el punto de vista de los elementos del ambiente, se pronostica el mayor número de efectos en los *tóxicos del agua*; se refleja en realidad la posibilidad de derrames accidentales de combustibles y lubricantes (hidrocarburos) de la maquinaria empleada en todos los procesos del proyecto y la incertidumbre existente en cuanto a la nocividad de los contenidos de metales pesados, básicamente el mercurio.

En segundo lugar está la *generación de expectativas* en la población vecina; se produce en todas las actividades y procesos del proyecto en relación con la posible creación de empleos para personal de apoyo, y con la apropiación de tierras emergidas, con las descargas esporádicas en los playones de las islas en Calamar y en Pasacaballos por la amplia-

ción del delta por el efecto acumulativo de la descarga de materiales de dragado.

Análisis de los valores la función de deterioro

Con el objeto de establecer comparaciones en cuanto a la adversidad de los efectos en los dos sitios de dragado, se jerarquizaron los valores de la función de deterioro (ver figura 26.. p.33, capítulo *demanda ambiental del proyecto*) y se establecieron tres clases, como se indica en la tabla 25.

En las tablas 26a. y 26b.. p. 37 se presentan para Calamar y Pasacaballos respectivamente, las funciones de deterioro jerarquizadas.

En Calamar hay un solo efecto *severo* y en Pasacaballos 3.

El efecto *severo* de Calamar se encontró en la interacción *succión-vías*, limitado al programa de mantenimiento de este año, o cuando se

lantar una draga en operación aumenta el riesgo de encallamiento de embarcaciones. Otros dos efectos severos se dan en la actividad de *dragado*: por *succión* sobre el *recurso agua* (penetración de la cuña salina hasta las captaciones de agua localizadas en cercanías de la desembocadura a ambos lados del canal) y por *descarga* sobre el elemento *morfología* debido a la acumulación permanente e inevitable de materiales dragados en el costado izquierdo del delta artificial. El efecto es *severo* independientemente del método de disposición de materiales de dragado –depósito en la faja litoral o arrastre inducido hacia la bahía por las obras de encauzamiento actualmente adelantadas. Sin embargo el primero conlleva el establecimiento de vegetación terrestre, colonización por organismos y eventualmente uso por la comunidad, mientras que el segundo no posee ninguna ventaja que mitigue su impacto.

Tabla 25. Jerarquización de los valores de la función de deterioro

Categorías	Rangos	Color	Calamar	Pasacaballos
Leve	0, 25 < Φ < 1,40	Verde	45 (63%)	45 (56%)
Moderada	1,41 < Φ < 2,40	Amarillo	26 (36%)	32 (40%)
Severa	2,41 < Φ < 3,4	Rojo	1 (1%)	3 (4%)
Total			72	80

formen islas frente a Calamar, porque en caso de no poder organizarse un horario de trabajo para el dragado del canal paralelo, muy seguramente se obstaculizará el tráfico fluvial de convoyes. De ahí la recomendación de la UEF-BEX de dragar previamente el canal alterno.

En Pasacaballos hay un efecto *severo* en la interacción *succión-vías*, porque el canal de acceso entre los dos espigones sumergidos no está señalizado, la maniobra de ade-

A nivel de elementos

En Calamar, la Φ del elemento *tóxicos del agua* presenta el mayor valor, seguido por la Φ del elemento *generación de expectativas*, por las razones arriba expuestas. Son, en su orden, de carácter *moderado y leve*, pero se dan en todos los procesos del proyecto.

En Pasacaballos, el elemento *turismo/ paisajismo* tiene el más alto valor de Φ , seguido de una

situación similar a la de Calamar.

Los elementos del sistema *biótico* tienen valores intermedios con interacciones de *moderadas* a *leves*. El dragado sólo remueve el material de fondo, en donde la productividad biológica es escasa por la velocidad de la corriente que lava el material y la continua precipitación de los sedimentos que forman las barras.

En el sistema *antrópico* los elementos de la *estructura* y *superestructura* también presentan valores intermedios, con interacciones en su mayoría *leves*, a excepción del elemento *interés social*, que tiene carácter moderado en cuatro interacciones, debido a que el relleno de playones puede generar conflictos sociales entre los vecinos por su ocupación y explotación.

Debe tenerse en cuenta que la calificación considerada en este punto es la suma de las funciones de deterioro y que aunque su valor puede ser de intermedio a alto, es sólo la suma de funciones y no la expresión de un fenómeno acumulativo de efectos sobre el elemento.

A nivel de actividades y procesos

La actividad de mayor efecto es el *dragado*. Dentro de ésta, los procesos de *succión* y de *descarga* presentan las calificaciones más altas y es aquí donde se presentan los efectos severos. Los procesos de la *instalación* y de la *terminación* presentan los valores más bajos y se dan en su mayoría sobre los elementos del sistema *abiótico*.

Tabla 26a. Evaluación de efectos del proyecto de dragado en Calamar

Elemento \ Actividad/proceso	Aire	Ruido	Inertes	Biodegradables	Tóxicos	Dinámica fluvial	Dinámica estuarina	Contaminación	Morfología	Organismos	Hábitats	Procesos	Vegetación	Agua	Pesca	Turismo	Vías	Generación Ingresos	Ocupación terrenos	Movilidad	Generación expectativas	Interrelación social	
Movilización/alistamiento																							
Localización/referenciación																							
Señalización y balizaje																							
Colocación de tuberías																							
Succión																							
Descarga																							
Desmovilización																							

45 (leves)
 26 (moderados)
 1 (severos)

Tabla 26b. Evaluación de efectos del proyecto de dragado en Pasacaballos

Elemento \ Actividad/proceso	Aire	Ruido	Inertes	Biodegradables	Tóxicos	Dinámica fluvial	Dinámica estuarina	Contaminación	Morfología	Organismos	Hábitats	Procesos	Vegetación	Agua	Pesca	Turismo	Vías	Generación Ingresos	Ocupación terrenos	Movilidad	Generación expectativas	Interrelación social	
Movilización/alistamiento																							
Localización/referenciación																							
Señalización y balizaje																							
Colocación de tuberías																							
Succión																							
Descarga																							
Desmovilización																							

45 (leves)
 32 (moderados)
 3 (severos)

El manejo descrito más adelante no es aplicable al *efecto severo acumulativo de materiales de dragado en el delta artificial de Pasacaballos*, causado por la limpieza periódica, durante un lapso indefinido del canal de acceso. Tal como se indicó en el capítulo *balance oferta vs. demanda*, el efecto es residual (no mitigable). Existen, además del encauzamiento y del dragado tradicional, otros métodos para impedir la formación de barras o para su remoción, que también exigen su uso permanente y no están exentos de implicaciones ambientales semejantes a las aquí evaluadas:

- *Dragas tolva*. Almacenan abordo el material dragado para depositarlo en un sitio diferente. No se recomiendan por el alto costo del transporte y por las implicaciones ambientales de los depósitos dondequiera que estos se localicen.
- *Resuspensión* de las barras por chorros de agua a presión y transporte hacia la bahía por corrientes de bajamar. Sus implicaciones ambientales son semejantes a las del encauzamiento.

Este efecto, si bien es el más severo en términos relativos de todos los asociados al proyecto de mantenimiento del canal, es menor, comparado con los efectos de la acumula-

ción de sedimentos finos por floculación en las bahías y otras zonas del área de influencia del Canal del Dique. La única forma de mitigar estos efectos es impidiendo el ingreso al canal en Calamar, *i.e.*, devolviéndolos al río Magdalena.

Por esta razón se emprendió el estudio de las implicaciones del canal en la gran área, detallado en los capítulos siguientes, p. 44 y ss. La retención de sedimentos antes de ingresar al sistema del Dique, no sólo evitaría la necesidad de mantenimiento en Pasacaballos sino que conllevaría beneficios adicionales a todos los usuarios del canal (figura 5., p. 8) y minimizaría impactos regionales (*v. gr.*, sobre los corales de las islas del Rosario) cuya ocurrencia es aún objeto de estudios por parte de diversas entidades.

El manejo ambiental de los demás efectos del proyecto está constituido por los planes de *manejo, seguimiento y monitoría y contingencia*, como se explica a continuación.

El plan de manejo contiene medidas para mitigar los efectos moderados y severos generados por las actividades del proyecto sobre los elementos ambientales durante la ejecución de las obras, de acuerdo con los resultados del balance oferta vs. demanda.

Igualmente, se recomiendan investigaciones adicionales orientadas a recabar información sobre la nocividad de los tóxicos, para mejorar el control ambiental de las obras.

Medidas Recomendadas

El plan de manejo se ejercerá mediante la implantación de medidas tendientes a mejorar la supervisión ambiental de las obras y el control de los efectos. Las medidas son:

- Condicionantes ambientales previos (CAP)
- Actividades y procesos adicionales (APA)
- Normas de manejo ambiental (N)
- Medidas de mitigación.

Condicionantes ambientales previos

Son medidas que el MOPT a través de la UEF-BEX ha incorporado en los diseños básicos del proyecto para mitigar algunos efectos (Tabla 27.), que si bien pueden afectar la navegabilidad del canal, tienen un carácter netamente ambiental.

Actividades y procesos adicionales

Son acciones que deben incorporarse en el diagrama de flujo normal para la realización de las obras, con el objeto de prevenir implicaciones de carácter ambiental y mejorar el manejo, mitigación y control de los efectos adversos.

1. Manejo ambiental en los contratos de obra

Los planes de manejo y contingencias serán incluidos en los términos de referencia, pliegos de condiciones y contratos para obligar a consultores y contratistas al cumplimiento general de las normas y recomendaciones ambientales.

2. Supervisión ambiental (SA)

Tabla 27. Condicionantes ambientales previos

Medida	Descripción
CAP 1	Dragar previamente el canal alterno según especificaciones del MOPT, de no ser factible la organización de un horario de trabajo que permita el dragado y el tráfico fluvial en el canal paralelo de Calamar
CAP 2	Para evitar la penetración de la cuña salina en Pasacaballos no se excavará la trampa de sedimentos, sino la sección mínima estricta requerida para la navegación
CAP 3	El material de dragado en Calamar deberá verterse en el río Magdalena en sitios con profundidad mayores de 5,0 m.

Nota: Otros CAP's pueden ser introducidas con base en los resultados de la monitoría permanente ejercida por el UEF-BEX

Será creada por el MOPT y financiada con cargo al proyecto. Su contratación se hará con una firma especializada y debe contar con asesoría permanente de UEF-BEX y de la Unidad Ambiental del MOPT.

Operatividad. Puesto que el área de trabajo es jurisdicción de INDERENA-Bolívar, se debe involucrar a esta entidad o a su reemplazo con la creación del Ministerio del Medio Ambiente, en la SA para:

- Verificar el plan de manejo ambiental previsto en el contrato de las obras y establecer la condición inicial de los elementos ambientales.
- Ratificar decisiones de carácter ambiental que se tomen en desarrollo de la obra e imprevistas en el contrato y en el plan de manejo.
- Verificar las condiciones del medio una vez finalizadas las obras.

Estas tres actividades implican la visita conjunta al frente de obra de los responsables de la SA y del INDERENA-Bolívar, y la firma de un acta que incluya el objeto de la inspección de campo, los pormenores y discusiones y las conclusiones. Así se dará cumplimiento a lo establecido en el decreto 1541 de 1978, reglamentario del Código de los Recursos Naturales, que obliga al MOPT a coordinar con INDERENA las medidas de carácter ambiental referentes a obras hidráulicas de mantenimiento de canales o vías para navegación fluvial (§ 104).

Personal requerido. El responsable de la SA, debe ser profesional universitario en ciencias ambientales, con experiencia de campo no inferior a cinco años, familiarizado con la problemática de ríos y dragados y oriundo o conocedor de la región. Será apoyado por un inspector permanente en cada frente de obra, entrenado en asuntos ambientales y

con experiencia en trabajos de campo. El inspector supervisará el cumplimiento de las Normas de Manejo Ambiental y deberá contar con un medio de comunicación permanente y ágil con el responsable de la SA.

Normas de manejo Ambiental

Estas normas se basan en las desarrolladas por el consorcio para el EIA del tramo Barrancabermeja-La Gloria¹. Ver tabla 31., pp. 41-42.

El listado contiene normas de carácter general relacionadas con la responsabilidad legal del contratista de las obras y normas específicas para cada componente ambiental. Este listado es de estricto cumplimiento por parte del contratista y será el soporte técnico para la supervisión ambiental por parte de la SA.

Medidas de mitigación.

En la tabla 28. se presenta un listado de los impactos atribuibles al proyecto, referidos a los diferentes elementos ambientales y a las actividades del mismo, más la indicación de las iniciales y número de orden correspondientes a las medidas de mitigación adoptadas para minimizarlo CAPs o Ns.

Plan de Seguimiento y Monitoría

Las recomendaciones de la tabla 29. tienen por objeto precisar los requisitos de monitoría para mejorar el conocimiento de aquellas interacciones definidas como inciertas en el desarrollo de la evaluación:

- dinámica de los sedimentos,
- concentración y translocación de metales pesados (Hg) en agua y

1. Estas se adaptaron de L.C. García Lozano. 1982. Política ambiental de ISA en relación con el planeamiento y desarrollo de proyectos hidroeléctricos. Primer Congreso Nacional de Ecología. Bogotá. Las normas originales han sido mejoradas y complementadas en varios estudios v. gr., Integral 1992.

Tabla 28. Medidas de mitigación

Sistema	Componente	Elemento	Actividad	Medidas			
Abiótico	Agua	Inertes	Succión	N 21, 22			
			Descarga	N 15-17, 22			
			Biodegradables	Movilización y alistamiento	N 11-14		
		Tóxicos		Succión	N 12,13		
				Descarga	N 12,13		
				Desmovilización	N 10, 13, 14, 24, 26, 35		
				Movilización y alistamiento	N 4, 10-14, 25, 39		
				Localización/referenciación	N 10,12-14		
				Señalización y balizaje	N 10,12-14		
		Dinámica estuarina		Colocación de tubería	N 10,12-14, 23, 32		
				Succión	N 5, 10, 14, 23, 25		
				Descarga	CAP 3, N 5, 10, 14, 18, 23, 25, 30		
	Suelos y fondos	Contaminación	Desmovilización	N 10, 14, 23, 26, 35			
			Succión	N 15, 19, 21			
			Descarga	N 15-17, 19, 20			
		Morfología		Movilización y alistamiento	N 4, 10-13		
				Colocación de tubería	N 4, 10, 22, 26, 32		
				Descarga	CAP 3, N 5, 15-17, 23, 33, 34		
Biótico	Acuático/terrestre	Organismos	Desmovilización	N 10, 13, 14, 23, 24, 26, 35			
			Succión	N 15, 18, 21, 28			
			Descarga	N16-20, 27			
			Localización/referenciación	N 18, 29, 33			
			Señalización y balizaje	N 18, 29, 33			
			Colocación de tubería	N 4, 18, 29, 32			
		Hábitats		Succión	N 4, 21, 22, 26-29		
				Descarga	CAP 3, N 23, 26, 33, 34		
				Desmovilización	N 27, 32, 33, 36		
				Señalización y balizaje	N 18, 34		
				Colocación de tubería	N 18, 33, 34		
				Succión	N 21, 22, 27-29		
	Procesos		Descarga	CAP 3, N 16, 22, 33, 34			
			Desmovilización	N 14, 23, 27, 31, 35, 36			
			Succión	N 21, 22, 27, 29			
			Descarga	CAP 3, N 17, 23, 31			
			Succión	CAP 2, N 2-4, 10, 20-22			
			Descarga	N 2, 3, 21, 22, 29, 30			
Antrópico	Recursos	Agua	Descarga	CAP 3, N 29-31			
			Pesca	Movilización y alistamiento	N 4, 18, 34, 45		
			Turismo/paisajismo	Señalización y balizaje	N 4, 18, 34, 45		
				Colocación de tubería	N 4, 18, 32, 34		
				Succión	N 3, 4, 21, 23, 45		
				Descarga	N 3, 4, 16, 31, 32, 34, 45		
				Desmovilización	N 18, 23, 35		
				Infraestructura	Vías	Colocación de tubería	CAP 1, N 3, 18, 32, 45
				Succión	CAP 1, N 3, 5, 45		
		Estructura	Movilidad	Descarga	CAP 1, CAP 3, N 3, 16, 45		
				Succión	N 2, 6, 8, 9, 22		
				Descarga	CAP 3, N 16, 17, 45		
	Superestructura			Interrelación social	Movilización y alistamiento	N 3, 4, 18, 26, 43, 46-49	
	Señalización y balizaje			N 8, 18, 45-47			
	Colocación de tubería			N 3, 4, 8, 18, 32, 46, 47			
			Succión	N 3-5, 9, 45, 46			
			Descarga	CAP 3, N 3, 4, 16, 37, 48-50			

Tabla 29. Programas de seguimiento y monitoría

Problemática	Justificación	Objetivo	Entidad	Programación	Costo estimado
Dinámica de sedimentos	Transporte de sedimentos es función de: hidrología de río, colmatación de accesos y dragados de mantenimiento de éstos. MOPT (UEF–BEX) monitoría permanentemente algunos de estos aspectos en río y canal	Continuar con monitoría e incluir escenarios de régimen de transporte con colmataciones y dragados	MOPT (UEF–BEX)	• Iniciación inmediata • A definir por MOPT (UEF–BEX) de acuerdo con régimen hidrológico y programa actual	Costo marginal de programa actual
Mercurio	• Origen y concentraciones de Hg en agua/sedimentos son conocidos. • Se desconocen: intercambio fase líquida-fase sólida y nocividad de concentraciones registradas.	1. Seguimiento concentraciones Hg en agua/sedimentos vertidos 2. Medir acumulación diferencial Hg en tejidos de plantas: playón contaminado vs. playón natural	INDERENA (o entidad que asuma sus funciones)	1. Muestréos pre- y post-dragado. 3 estaciones en agua, 3 en sedimentos. 2. Muestréos en 6 estaciones (3 con, 3 sin vertido), 1 año después.	\$ 3.600.000
Manglares	Vertido de dragado, avance de delta y leñateo afectan manglar del delta	Discriminar efectos cualitativa y cuantitativamente, cambios espacio-temporales (zonación/sucesión). Diseño de medidas de conservación.	INDERENA (o entidad que asuma sus funciones)	• Iniciación inmediata • Duración 3 meses	\$ 11.000.000

sedimentos,
• status de manglares.

Plan de contingencia

Las obras de mantenimiento del Dique se realizarán adoptando medidas para evitar contingencias ambientales. Sin embargo, existe la posibilidad de accidentes que causen una emergencia.

El análisis de las actividades del proyecto concluyó que la única contingencia probable es un derrame de hidrocarburos, no obstante que las normas de manejo contemplan medidas para prevenirlo.

Análisis de los riesgos

El derrame de combustibles puede presentarse por a. hundimiento o choque de la embarcación que transporta combustible a la draga, o, b. por choque de un convoy transportador de hidrocarburos con las dragas u otros equipos del proyecto. La magnitud del derrame depende de la capacidad del depósito accidentado y del tiempo transcurrido antes de su detección.

Caso a. Las embarcaciones de suministro de combustibles para la maquinaria del dragado transportan, desde un carro-tanque surtidor en la orilla hasta la draga, un número limitado de canecas de 55 galones, 5 a 12, herméticamente cerradas (1,0-2,5 m³/viaje). La probabilidad de que todo el combustible se derrame en un accidente es despreciable, aún así, es una cantidad pequeña que no puede considerarse como emergencia ambiental.

Caso b. El riesgo es significativo sólo para los convoyes de ECOPEPETROL que suben hacia Barrancabermeja con gasolina. Los hidrocarburos aromáticos que bajan hacia la refinería de Manoná son más densos que el agua y son sólidos a la temperatura ambiente. Las gabarras, por razones de seguridad y navegabilidad, tienen la carga distribuida en varios tanques de 100-150 m³ de capacidad cada uno. La probabilidad de ruptura simultánea de todos los tanques es negligible.

Recomendaciones de manejo

La interventoría ambiental deberá, previo a la iniciación de actividades del dragado, definir con los funcio-

narios de ECOPEPETROL-Cartagena encargados del control de derrames, los canales de comunicación, las acciones de contención y recuperación de hidrocarburos, la localización y operación de alertas y demás actividades previstas por dicha entidad.

Para sortear exitosamente una contingencia el contratista debe:

- entrenar a su personal, asignar tareas y responsabilidades individuales y efectuar simulacros.
- disponer de equipos para minimizar los volúmenes derramados y su dispersión (tabla 30., p. 41).
- contener el derrame en el depósito accidentado (v. gr. recuperando la caneca a superficie, taponando el escape, cerrando válvulas, etc.)
- evitar la dispersión del derrame en el agua mediante el uso de barreras antidispersantes, con sus flotadores y anclajes, (tabla 30.) colocadas aguas abajo del derrame, si es en el canal o en el río, o sotavento si es en la bahía. En caso de incendio del derrame el contratista deberá sofocarlo y localizar centinelas a distancias prudenciales de la conflagración para mantener alejada a la población.
- recuperar el combustible derramado

mediante el uso de sorbentes (tabla 30.), con colectores manuales o motobombas y depositarlo en tanques colapsables para su posterior disposición.

Las anteriores recomendaciones se aplican a derrames pequeños como los del caso a. Para accidentes mayores, la compañía naviera y ECOPE-TROL disponen de procedimientos especializados y de personal entrenado exclusivamente para atender este tipo de contingencias. El contratista informará inmediatamente a ECOPE-TROL y ponerse a su disposición.

La SA deberá reportar el evento al INDERENA, efectuar la evaluación de daños a terceros y al ambiente y definir el plan de indemnización o restauración a que haya lugar que incluye la disposición de los combustibles recuperados.

Tabla 30. Equipo recomendado para manejo de derrames de hidrocarburos

Equipo	Características	Cantidad
Barreras	de contención: • resistencia a la tracción de 5.000 libras • balasto de cadena de aluminio galvanizado de 1/4" y puntos de anclaje cada 10 metros	80 metros
	sorbentes: • en poliuretano soplado, con malla y cuerda como tensores y uniones de gancho rápido y cuerda	60 metros
Recolectores	Motobomba con motor diésel de 7 HP y bomba de diafragma de 3" x 3", mangera de succión de 3" x 10 m, con manguera de descarga de 3" x 20 m	1 por frente de dragado
Tanques	Portátiles, flexibles, capacidad 2.000 galones, en caucho o poliuretano, marco de acero galvanizado, negro o naranja	1
Auxiliar	Pacas de heno	5
	Rollos de cuerda 1/2" y 1/4"	100 m
	Bomba autocebante Palas, baldes plásticos, estacas de madera, aserrín, linternas, extinguidores, botas, botiquín,	1

Tabla 31. Normas de manejo ambiental

Nº	Norma
1	Estas Normas serán de obligatorio cumplimiento por parte del Contratista y estarán bajo la supervisión de la SA.
2	El Contratista es responsable de todas las contravenciones o acciones que originen daño o deterioro ambiental, daños a terceros y/o la violación de las disposiciones legales ambientales vigentes en el país, por parte del personal que labore en el proyecto.
3	Los costos de las acciones correctivas por daños ambientales atribuibles al proyecto, multas y reparación de daños a terceros, estarán a cargo del Contratista, quien deberá tomar las acciones pertinentes para remediarlas, según sea el caso, en el menor tiempo posible.
4	Es responsabilidad del Contratista asegurar un buen funcionamiento de los equipos utilizados en las obras con el objeto de evitar escapes de combustibles y sustancias nocivas que contaminen o dañen los suelos, los cuerpos de agua, el aire, los organismos, las personas o sus bienes.

Tabla 31. Normas de manejo ambiental (continuación)

Nº	Norma
----	-------

5	El Contratista deberá establecer un programa de control y mantenimiento de la maquinaria y los equipos que permita a la SA verificar su buen estado y funcionamiento.
6	El Contratista acatará las recomendaciones de la SA en relación con: zonas de riesgo para según actividades del proyecto y los planes de control y contingencia

Sistema abiótico*Componente atmosférico*

7	Están totalmente prohibidas las quemas a cielo abierto de materiales vegetales, basuras, combustibles, ma-teriales plásticos, cauchos, papel o cualquier otro desecho sólido.
8	Los equipos de combustión interna que utilicen combustibles que emitan partículas y/o gases al aire deberán estar provistos de filtros.
9	Los equipos y maquinaria deberán estar provistos de silenciadores para minimizar niveles de ruido superiores a las normas de seguridad laboral o ambiental.

Componente agua

10	El tanqueo y aprovisionamiento de combustibles y lubricantes para equipos y maquinaria, así como las operaciones de lavado y purga se efectuarán de tal manera que no se produzcan desechos o derrames que contaminen las aguas del canal, río Magdalena o conexas.
11	Todas las áreas de trabajo o campamentos, así sean temporales, deberán tener tanques sépticos, pozos de absorción, letrinas de hoyo seco cubiertas o instalaciones similares para disponer residuos domésticos. Su ubicación deberá ser acordada con la SA.
12	En todas las áreas de trabajo se deberá instalar sistemas de disposición de basuras y de residuos sólidos y líquidos. Estos no deben llegar a las corrientes de agua.
13	El Contratista deberá instruir a todo el personal sobre el uso adecuado de los sistemas de disposición de excretas y aguas residuales. Está prohibido arrojar en ellas basuras y residuos líquidos como aceites, grasas, etc. para evitar la impermeabilización del sistema y la contaminación de los suelos o las aguas freáticas.
14	Los residuos sólidos y basuras derivados de las obras no podrán enterrarse en las islas ni verterse al agua. La SA definirá con el Contratista los sitios en tierra para éste propósito.
15	En los sitios de eventual disposición de sedimentos en las islas se deberán mantener los drenajes y líneas de flujo acorde con las curvas de nivel hacia canales naturales. En caso contrario, deberán construirse obras civiles para la conducción de estas aguas.
16	No se permitirán vertimientos en islas en sitios diferentes a los definidos por la SA.
17	Está prohibido el vertimiento en tierra firme, excepto en aquellos casos de utilización benéfica del material y deberá ser aprobado por la SA.
18	El Contratista deberá ejecutar las obras de restauración y/o recuperación de las áreas de las islas afectadas por los vertimientos, trochas de acceso para colocación de tuberías, señalización y demás actividades.
19	Se deberá contar con la aprobación de la SA para desviar corrientes de agua en de las islas y deberán implementarse las acciones tendientes a mantener y/o recuperar condiciones ambientales adecuadas.
20	En épocas de aguas crecientes o cuando los flujos van desde el río hacia las ciénagas, no se podrá verter a menos de 1 km de distancia de las bocas de conexión de las ciénagas, aguas arriba por la línea de flujo.
21	La operación de dragado deberá efectuarse a la menor velocidad, compatible con la máxima eficiencia en la succión, para minimizar la resuspensión de sólidos en el sitio de corte.

Tabla 31. Normas de manejo ambiental (continuación)

Nº	Norma
22	Se suspenderá la operación de dragado para reparación inmediata de averías en la tubería de descarga o en sus uniones, que originen descargas incontroladas fuera del sitio aprobado para el vertimiento.
<i>Componente suelo</i>	
23	Está prohibida la disposición de grasas, aceites y combustibles en suelos de islas o tierra firme; se deben acumular en recipientes herméticos para ser evacuados a los sitios de disposición final acordados con la SA. En ningún caso se podrán arrojar estos recipientes al agua.
24	El Contratista deberá diseñar y someter a la aprobación de la SA un plan para la disposición de residuos.

25	En caso de derrames de hidrocarburos, deberán ejecutarse las acciones previstas en el Plan de Contingencia bajo la supervisión de la SA.
26	Todos los frentes de trabajo deberán disponer de recipientes para los diferentes tipos de residuos (basuras, chatarra, desechos orgánicos, etc.) que deberán ser periódicamente llevados a los sitios de disposición final acordados con la SA.
27	El Contratista mantendrá permanente vigilancia para advertir la ocurrencia de procesos erosivos acelerados o inusitados en las orillas y pondrá en práctica inmediata las recomendaciones de la SA.
28	Está prohibida la realización del corte en cajón (box-cut) o cualquier acción de dragado que favorezca los derrumbamientos de orillas.
Sistema biótico	
29	Están prohibidas para el personal de la obra la cacería, captura de animales, recolección de huevos, crías, mascotas o la utilización de artes ilegales de pesca.
30	Esta prohibido el empleo de agroquímicos para rocería o apertura de terrenos, control de plagas, etc.
31	Se prohíbe al personal del Contratista comprar, vender y/o recibir en calidad de regalo ejemplares de la fauna local.
Sistema antrópico	
<i>Recursos</i>	
32	La selección de rutas para el tendido de la tubería de descarga y la ubicación de sitios de disposición de sedimentos debe evitar en lo posible, áreas de cultivos, de conservación, bosques establecidos, viviendas, caminos y otra infraestructura.
33	La adecuación de áreas para obras en islas o tierra firme debe limitarse a remover la vegetación estrictamente necesaria con el objeto de reducir pérdidas en recursos u organismos.
34	Las áreas de vertimiento en las islas debe tener un tratamiento paisajístico final acorde con las características circundantes como pendiente del terreno y vegetación.
35	El contratista está obligado a recoger los escombros y materiales de desecho una vez terminadas las obras y desmantelados los campamentos o sitios de trabajo. Igualmente, está obligado a restaurar éstas áreas bajo la supervisión de la SA.

Tabla 31. Normas de manejo ambiental (continuación)

Nº	Norma
36	En caso de encontrarse restos arqueológicos en algún sitio de las obras, deberá suspenderse de inmediato la actividad y reportar el hecho a la SA para que decida sobre el rescate arqueológico respectivo.
37	En los casos donde sea posible suministrar los materiales de dragado a las comunidades se deberá consultar y solicitar aprobación de la SA.
<i>Salud y seguridad laboral</i>	
38	El Contratista deberá implementar recomendaciones de salud ocupacional, seguridad industrial e higiene laboral contempladas en su Reglamento Interno de Trabajo o aquellas incluidas en la normatividad laboral colombiana.
39	El Contratista deberá dotar e instruir a sus trabajadores sobre el uso obligatorio de aditamentos de seguridad tales como cascos, gafas, botas, overoles, tapaoídos, guantes, chalecos reflectores y salvavidas, etc.
40	El Contratista deberá disponer de un plan de acción inmediata para la atención de accidentes del personal o terceros que sean afectados por las actividades u obras del proyecto.
41	El empleo de menores de edad deberá ajustarse a las disposiciones legales laborales vigentes.

42	El Contratista verificará el estado de salud de sus trabajadores mediante exámenes médicos de ingreso y control periódico.
43	El Contratista deberá suministrar la atención médica al personal permanente y temporal contratado para las obras.
44	El Contratista deberá adquirir una póliza de seguro de vida que ampare todo su personal permanente, temporal u ocasional.
45	Como señal preventiva de restricción del tráfico nocturno, además de la pintura anticorrosiva señalada en las especificaciones técnicas del proyecto, se usará pintura reflectiva en los elementos metálicos.
46	El porte y uso de armas está prohibido dentro de las áreas de trabajo y por parte del personal del proyecto, a excepción del cuerpo de vigilancia autorizado para ello.
<i>Relaciones con la comunidad</i>	
47	La mano de obra no calificada necesaria para la realización de las obras del proyecto deberá ser preferiblemente contratada con personas de la localidad, a quienes se debe dar suficiente información sobre las tareas necesarias.
48	El Contratista mantendrá tener canales de comunicación activos y abiertos con la comunidad a través de la SA.
49	El Contratista deberá advertir a todo su personal que se abstenga de informar o comentar a las comunidades sobre el desarrollo de las obras. El único vocero autorizado para éste propósito es la SA y toda información deberá ser canalizada a través de ella.
50	Antes de la desmovilización, se requiere el visto bueno de la SA con el objeto de asegurar que no se presenten problemas con las comunidades por parte del Contratista y sus trabajadores.

En el capítulo *contexto regional*, p. 8, se mencionaron varios áreas y actividades muy vinculadas al Dique (ver tabla 28.) Esta innegable importancia regional del canal se ve disminuida por las avenidas periódicas y por su baja calidad. A continuación se hace una breve descripción de esta problemática (figura 27., p. 44)

Navegación y actividad portuaria

La bahía de Cartagena posee una zona industrial y portuaria en Mamonal y El Bosque, con un total de 53 muelles; la mayoría de ellos tienen además carácter fluvial. Actualmente el volumen movilizado por el canal es de 1,4 millones de Tm/año, el 72% corresponden a hidrocarburos.

En las zonas de atraque, maniobra y canales de acceso se ejecutan dragados periódicos para remover el sedimento depositado por el penacho de turbidez originado en el Dique. Adicionalmente, existen otros 10 km de línea de costa para futuro desarrollo portuario que verían mejoradas sus posibilidades si se redujera el sedimento que ingresa a la bahía.

Acueductos

En la actualidad cerca de un millón de habitantes de Cartagena y 21 poblaciones más utilizan las aguas del Dique en acueductos regionales y locales. Por otra parte, el futuro desarrollo urbanístico y turístico de la Zona Norte de Cartagena (150 mil habitantes) y de la isla de Barú también se surtiría del canal.

El canal también surte, vía el acueducto de Cartagena, a la zona industrial de Mamonal y los zocriaderos (babillas, iguanas, boas, etc.) localizados a lo largo de las conducciones de Gambo-te y Dolores.

En todos estos acueductos, los desarenadores representan una fracción importante de los presupuestos de construcción y operación.

Tabla 28. Actividades en áreas vinculadas al canal del Dique

Actividades \ Areas	Actividades																		
	Navegación mayor	Navegación menor	Navegación turística	Actividad portuaria	Abastecimiento agua potable	Riego	Agricultura	Ganadería	Industrial	Acuicultura	Zoocria	Pesca	Cacería	Leñateo	Agricultura tradicional	Formación de terrenos	Recreación primaria	Recreación secundaria	Paisajismo
bahía de Cartagena	0	0	0	-								-?					-	-	-
bahía de Barbacoas		0	0	-								-?					-	-	-
área urbana de Cartagena				+/-				+/-											
isla de Tierra Bomba				-								0	0						
isla de Barú				-					+/-			0	0						
parque Corales del Rosario		0	0									-?					-?	0	-?
islas del Rosario			0																0
isla del Covado				-	-				+/-			0	0						
zonas de manglares		-	-									+	0	+					+/-
cuenca drenaje del canal						+/-	+	+			+/-	0							
cauce del canal		+	+																-
bocas del canal		-	-									+				+			-
riberas del canal							-	-	+/-			0							
vegas del canal							-	-				0							
caños de ciénagas			-									+/-					+		-
ciénagas y playones							+	+				+/-	+		+	+			-

0 = Actividad presente, efecto del canal indiferente

+ = Actividad afectada positivamente por el canal

-- = Actividad afectada negativamente por el canal

? = Efecto asociado sin verificación adecuada

Distritos de riego

El HIMAT opera el Distrito de Riego de Repelón (Atlántico), con 3.800 ha para producción de arroz, sorgo, mijo, maíz, etc. El distrito se surte con aguas del Dique, vía la represa de El Guájaro, a través de una compuerta localizada en el km 27 del canal; los sedimentos que ingresan obstruyen la bocatoma e incrementan sus costos de operación.

Por otra parte, el HIMAT estudia la factibilidad de construir otro distrito de riego de 4.500 ha en el municipio de San Estanislao, en donde deberán construirse estructuras para retención de sedimentos.

Acuicultura

La industria camaronera, con una producción de 5 Tm/ha año que proporciona al país divisas cercanas a los 17 millones de dólares anuales

(ACUANAL, 1993), se ha desarrollado en 5 áreas de la zona estuarina del del Dique: islas del Covado y de Barú, Canal del Dique, bahía de Cartagena y Bocacerrada. El desarrollo de la larva de camarón necesita agua con salinidades inferiores a la marina, suministrada por el Dique. Obviamente estas aguas deben contener mínimas concentraciones de sedimentos en suspensión para permitir la operación.

Humedales

Existen 10 sistemas cenagosos con 25 mil ha de inundación permanente, que alcanzan 60 mil ha en aguas altas. El ciclo de niveles del Dique (figura 22., p.25) y los depósitos de sedimentos juegan un papel determinante para su productividad biológica, reflejada en la economía regional, como soporte para la pesca artesanal, los cultivos transitorios en

los playones y como estructuras reguladoras de caudales, trampas de nutrientes y sedimentos.

Sin embargo, la alta carga de sedimentos del Dique bloquea los caños de conexión con el canal, reduce la profundidad de las ciénagas y el área de playones; por otra parte, induce a los lugareños a taponarlos completamente para desecar las ciénagas, acelera un proceso que en forma natural tomaría siglos, y crea conflictos sociales en detrimento del pescador. En la ciénaga de Los Negros (Calamar) los pescadores llevan más de 20 años de lucha para rescatar un humedal de 2.000 ha sin conseguir una respuesta decidida del Estado.

El pescador artesanal no encuentra una entidad estatal que tenga dentro de sus funciones el mantenimiento de los caños de conexión a los sistemas de humedales. Los gremios de pescadores, por su precario poder económico no consiguen una adecuada representatividad a nivel político para conseguir soluciones de fondo.

Turismo

El turismo, de indudable importancia para la economía local y regional, encuentra un gran potencial para desarrollar 7.500 ha en la isla de Barú, 2.000 en Tierrabomba, y otras 250 en el sector de Bocagrande. Las expectativas se han visto reprimidas porque el penacho de sedimentos, en Barbacoas y en la bahía de Cartagena desestimula su utilización para uso recreativo primario y secundario.

Areas de interés ecológico y cultural

Dentro de la zona estuarina asociada al Canal del Dique se encuentran los manglares del delta y de las bahías de Cartagena y Barbacoas. Estos además de su importancia como zona de desarrollo larval de muchas especies de peces e invertebrados acuáticos, aloja vertebrados terrestres (iguanas, aves acuáticas) y son fuente de madera y leña. Los sustratos generados por la sedimentación son colonizados por *Rhizophora mangle*, sin embargo la turbidez en los esteros limita

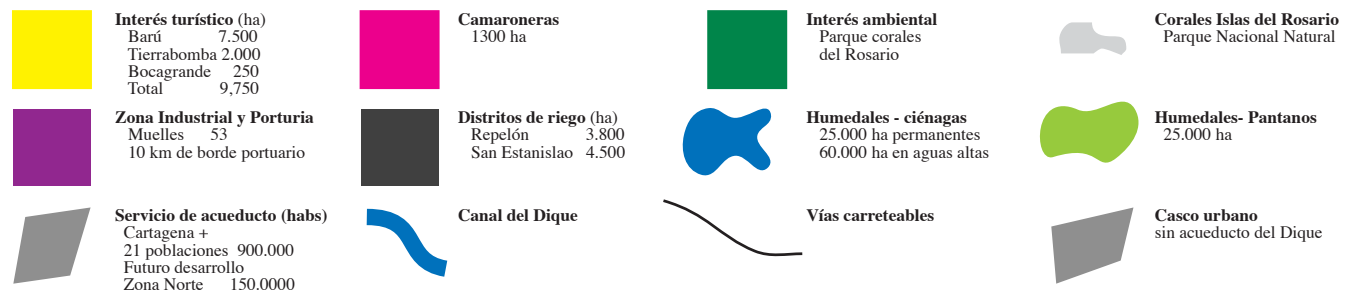
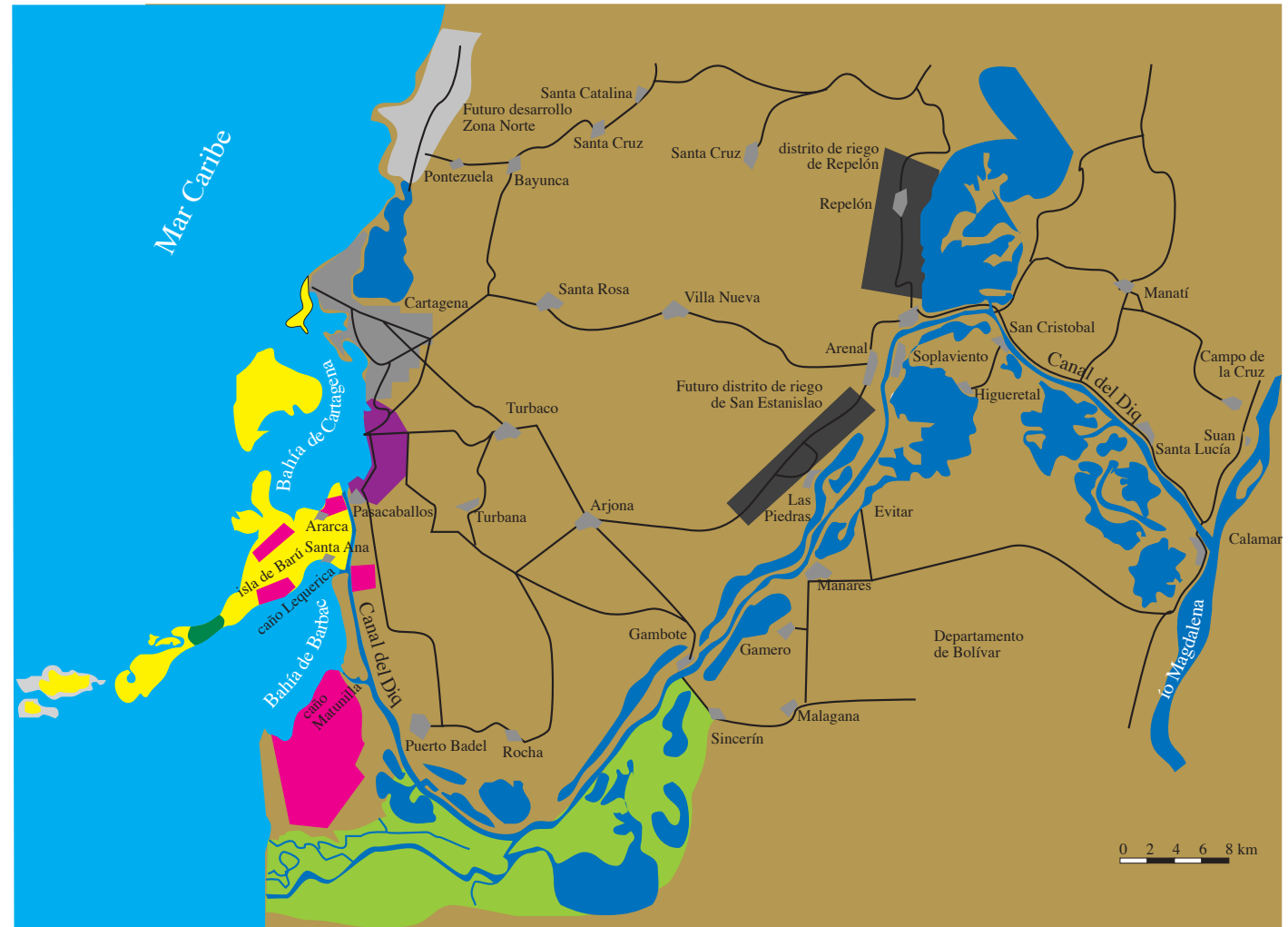


Figura 27. Medios naturales y culturales asociados al Canal del Dique

la función de área de cría del manglar.

En el Parque Nacional Natural Corales del Rosario, sobre el archipiélago y sus fondos coralinos se ha detectado un deterioro progresivo de los corales, atribuido por investigaciones de varias entidades (Museo del Mar, CIOH) al sedimento en suspensión del Dique, transportado por las corrientes desde la bahía de Barbacoas, Bocacerrada y, eventualmente, desde Bocachica, ver figura 23., p. 26. El sistema coralino sostiene la riqueza biológica y la productividad pesquera de la zona, además evita la erosión de las islas al reducir la energía del oleaje.

Finalmente, en proximidades del Dique, sobre la planicie de Monsú y alrededores de Puerto Badel, Mahates y Repelón, Reichel-Dolmatoff, 1985 y Legros, 1992, reportan yacimientos arqueológicos de los primeros pobladores de la costa Caribe y primeros alfareros conocidos del continente (s. XXXVIII-XXX a. C.). En la actualidad se adelantan investigaciones tendientes a establecer el proceso de transformación socioeconómica acaecido por el cambio de nomadismo a sedentariedad, asociado también al desarrollo de la agricultura., de la cual los artefactos cerámicos son el principal testimonio (Legros, *op. cit.*).

Remolcador canal del Dique

Sedimentación Bahía de Barbacoas

Foto aérea oblicua desembocadura Canal del Dique

Foto aspecto de islas del Rosario

Diapositiva de San Cristobal, canal del Dique

En este capítulo se establecen las actividades o procesos que se desarrollan a partir de la operabilidad del Canal del Dique como infraestructura para la navegación fluvial, y que ejercen efectos sobre los ecosistemas asociados, interfieren con los aprovechamientos actuales y limitan los usos potenciales.

La metodología es similar a la utilizada para la evaluación de las implicaciones del proyecto de dragado, con las siguientes modificaciones:

Se definieron 4 procesos:

- carga de sedimentos en el canal,
- acumulación de material de dragado en las bahías,
- floculación de sedimentos en suspensión y
- cambios en la salinidad de la zona estuarina.

Se desagregó el ambiente natural-cultural en 28 elementos descritos en la tabla 30. En la matriz de identificación de efectos se detectaron 78 interacciones sobre un total de 112 posibles (70%). Cabe destacar que el 90% de las interacciones están relacionadas con los sedimentos del canal. Ver tabla 31.

Para la función de deterioro se utilizaron los mismos atributos y factores de ponderación de análisis del proyecto de dragado, y se ajustaron las escalas de velocidad y duración. Ver tabla 29. La expresión matemática de la función es similar a la utilizada para el proyecto de dragados.

En el proceso de cálculo de la función de deterioro se establecieron algunos aspectos relevantes:

- La mayoría de los efectos son ciertos (*probabilidad*), permanentes (*duración*), lentos (*velocidad*) e irreversibles (*reversibilidad*).

Tabla 29. Función de deterioro: atributos

Atributo: ponderación	Escala y Calificación	
(P) Probabilidad: 0,08	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
	Muy alta	4
(D) Duración: 0,12	Muy corta-días	1
	Corta-meses	2
	Larga-años	3
	Muy larga-lustros	4
(V) Velocidad: 0,05	Muy lenta-años	1
	Lenta-meses	2
	Rápida-días	3
	Muy rápida-horas	4
(RV) Reversibilidad: 0,20	Reversible	1
	Irreversible	4
(RC) Recuperabilidad: 0,10	Recuperable	1
	Irrecuperable	4
(M) Magnitud: 0,20	Baja	1
	Moderada	2
	Alta	3
	Muy alta	4
(EE) Extensión espacial: 0,10	Muy local <500 m	1
	Local 500-1000 m	2
	Extensiva 1,5-10 km	3
	Regional > 10 km	4
(B) Carácter benéfico: 0,15	Null	0
	Bajo	-1
	Medio	-2
	Alto	-3
	Muy alto	-4

- La irreversibilidad se ha considerado en términos de la permanencia de la causa.
- La valoración de la magnitud y de la extensión espacial es un reflejo de la situación actual porque son problemas avanzados, y está sesgada por el conocimiento que tiene el equipo de trabajo de la situación actual.

demanda ambiental del sistema canal del dique

Tabla 30. Descripción de alteraciones factibles de los elementos ambientales

Sistema	Componente	Elemento	Alteración
Abiótico	Agua	Inertes	Presencia permanente o aumentos recurrentes de sedimentos en suspensión en canal, ciénagas, áreas estuarinas y marinas por hidráulica fluvial natural o dragados
		Bio-degradables	Aporte recurrentes de carbono orgánico disuelto y macrófitas a zonas estuarinas y marinas
		Tóxicos	Incorporación a ciénagas, áreas estuarinas y marinas de sustancias tóxicas presentes en agua/sedimentos del canal
		Dinámica fluvial	Modificaciones en comportamiento hidráulico natural de cauce por pérdida de regulación ejercida por sistema de ciénagas del Dique
	Dinámica estuarina	Cambios en sistema de corrientes de estuario por cambios morfológicos originados por descarga de sedimentos, avance del delta o vertido de materiales de dragado	
	Suelos y fondos	Contaminación	Introducción de sustancias que alteran las características físico-químicas, por descarga de sedimentos, avance del delta o vertido de materiales de dragado

Tabla 30. Descripción de alteraciones factibles de los elementos ambientales

Tabla 30. Descripción de alteraciones factibles de los elementos ambientales

Sistema	Componente	Elemento	Alteración
Biótico	Hábitats	Morfología	Cambios en niveles, áreas, pendientes, perímetros topografía o batimetría por descarga de sedimentos, avance del delta o vertido de materiales de dragado
		Ciénagas	Reducción productividad biológica por modificación de los ciclos de sequía inundación y restricción de conexiones
		Playones	Reducción productividad biológica por modificación de los ciclos de sequía inundación y restricción de conexiones
		Faja litoral	Cambio en las relaciones energéticas por vertido de dragados o por el avance natural del delta
		Bahías	Cambios en composición (flora/fauna) y dinámica (circulación/ciclos de nutrientes, O ² ...) por contaminación, disminución de salinidad, transparencia y estructura de fondos
		Corales	Deterioro y muerte de corales causada por turbidez, sedimentación, cambios en salinidad, temperatura...
		Manglares	Deterioro, pérdida o cambios sucesionales de manglares y organismos asociados por vertido de materiales de dragado o por colmatación vía aporte de sedimentos fluviales y disminución de salinidad
		Antrópico	Recursos
Suelo	Reducción, limitación o pérdida de la capacidad productiva de los suelos de playones por desecación de las ciénagas al colmatarse los caños de conexión con el canal		
Agua	Alteración o pérdida de oferta, calidad, posibilidades de uso múltiple y tratamiento. Sobrecostos en actividades de uso (riego, acuicultura, zootecnia...)		

Tabla 30. Descripción de alteraciones factibles de los elementos ambientales

Sistema	Componente	Elemento	Alteración
	Infra-estructura	Pesca dulce-acuícola	Reducción de potencial ictiológico económico por modificación de hábitats, procesos alimenticios, rutas de migración, capacidad reproductiva, etc.
		Pesca marina	Alteraciones en el potencial ictiológico económico por contaminación del agua, modificación de hábitats, etc.
		Turísticos y paisajísticos	Alteración o reducción de potencial por presencia de sedimentos en zona estuarina, coralina e insular
		Vías acuáticas	Deterioro por colmatación de caños, zonas estuarinas
		Estructuras de control	Colmatación de caños y deterioro de mecanismos en compuertas y en espolones de la desembocadura
		Zona portuaria	Colmatación de áreas de maniobra, embarcaderos y canales de acceso
	Estructura	Acueductos	Restricciones y sobrecostos en captaciones y tratamiento de agua para consumo humano
		Ocupación de terrenos	Cambio de patrones de uso de playones y de posesión en orillas del canal o estuario por alteración de régimen de inundaciones debida a colmatación natural o inducida de caños de conexión
		Movilidad	Cambios en rutas de movilización por deterioro de vías
	Super-estructura	Generación de expectativas	Expectativas de apropiación y/o adquisición de terrenos desecados en playones de las ciénagas
		Arraigo	Pérdida del atractivo del modo de vida de los pescadores por desecación de las ciénagas y por reducción de recurso pesca en zonas estuarinas
		Interrelación social	Generación de conflictos por desacuerdos en el uso de los terrenos desecados en las ciénagas

Tabla 31. Identificación de efectos del sistema Canal del Dique

Actividad/proceso	Elemento																						Σ Efectos								
	Inertes	Biodegradables	Tóxicos	Dinámica fluvial	Dinámica estuarina	Contaminación	Morfología	Ciénagas	Playones	Faja litoral	Bahías	Corales	Manglares	Recurso manglar	Agua	Suelo	Pesca continental	Pesca marina	Turísticos paisajísticos	Vías acuáticas	Estructuras de control	Zona portuaria		Acueducto	Ocupación terrenos	Movilidad	Generación expectativas	Arraigo	Interrelación social		
Transporte de sedimentos	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	27
Acumulación material dragado	•	•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•	•			•	•	•				•	•	•	•	•	•	•	20
Precipitación materiales suspensión	•	•	•		•		•		•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	22
Cambios en la salinidad					•				•	•	•	•	•	•				•												7	
Σ efectos	3	3	3	1	4	2	3	1	1	4	4	4	4	4	3	1	1	4	3	3	2	1	2	3	3	3	3	3	3	76	

Evaluación de efectos

De las 76 interacciones establecidas en la tabla 31., p. 47, el proceso de transporte de sedimentos del Canal del Dique presentó efectos en 27 de los 28 elementos considerados. El transporte de sedimentos incide con 27 efectos, la acumulación de materiales de dragado con 20, la precipitación de sedimentos en suspensión en el estuario con 22 y los cambios en la salinidad con 7. El sistema mas afectado es el antrópico con 39 interacciones, seguido del abiótico con 19 y del biótico con 18.

Análisis de la función de deterioro

La jerarquización de los efectos se llevó a cabo con la misma metodología empleada para la evaluación del proyecto de dragado (tabla 25. p., 36); en la tabla 32. se presenta la calificación de los efectos por sistema y en la tabla 33. por proceso.

Los resultados permiten establecer:

1. La existencia del Canal del Dique y su mantenimiento como vía para navegación fluvial están causando efectos severos (60,53% del total de efectos) en el ecosistema continental y estuarino asociado, la mayoría de ellos en el sistema antrópico.

2. El transporte de sedimentos afecta 27 de los 28 elementos del ambiente y causa el mayor número de efectos severos.

3. Más de la mitad de los efectos causados por la acumulación de los materiales de dragado en el delta y por la precipitación de sedimentos en suspensión, tienen el carácter de severo.

4. La mayoría de los efectos son *ciertos, permanentes, lentos e irreversibles*. Al aplicar las calificaciones correspondientes se observa

Tabla 32. Jerarquización de efectos por sistema

Categoría	Abiótico		Biótico		Antrópico		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Leve	2	2,6	0	0,0	0	0,0	2	2,6
Moderado	6	7,9	7	9,2	15	19,7	28	36,8
Severo	11	14,5	11	14,5	24	31,6	46	60,5
Total	19	25,0	18	23,7	39	51,3	76	100

Tabla 33. Jerarquización de efectos por procesos

Procesos	Leves		Moderados		Severos		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Transporte de sedimentos	1	1,3	5	6,6	21	27,6	27	35,5
Acumulación de material de dragado	1	1,3	12	15,8	7	9,2	20	26,3
Precipitación de sedimentos en suspensión	0	0,0	9	11,8	13	17,1	22	28,9
Cambios en salinidad	0	0,0	2	2,6	5	6,6	7	9,2
Total	2	2,63	28	36,8	46	60,5	76	100

que estos 4 atributos por si solos colocan los efectos asociados en el rango de *moderados* (1,41 a 2,40). Esto implica una alta tendencia a la *severidad* aún con calificaciones moderadas de los restantes atributos (*recuperabilidad, magnitud, extensión espacial o carácter benéfico*).

5. El transporte y la dinámica de sedimentos y la precipitación en las interfaces mar-canal y canal-ciénagas, generan múltiples efectos. A continuación se destacan los más importantes.

- Los *corales* de la bahía de Cartagena y sus zonas proximales, hoy influenciadas por el sistema estuarino, y muy posiblemente los del Parque Nacional Natural Corales del Rosa-río, como consecuencia de los sedimentos transportados por la corriente y que se precipitan sobre las zonas coralinas del estuario y por las reducciones de salinidad.

- La *dinámica estuarina*, por la alteración morfológica y cambios en el sistema de circulación que genera el

canal con sus aportes líquidos y sólidos.

- Los *ecosistemas de las bahías y la pesca marina* como consecuencia de los cambios en salinidad, la baja productividad de los fondos limosos, la reducción de la luminosidad, pérdida de volumen y espejo de agua en la bahía, etc. Estos efectos aunados a la contaminación por vertimientos de aguas servidas urbanas e industriales de Cartagena, están desplazando la flora y fauna originales.

- El *agua como recurso*, debido al sobrecosto de construcción y operación de desarenadores y otras estructuras de captación y tratamiento para diversos usos (acueducto, industria, riego, acuicultura) por las altas concentraciones de sólidos suspendidos en el canal.

- La navegación menor (embarcaciones < 100 Tm o de uso recreacional) en los caños Matunilla y Lequerica y la navegación con chalupas, canoas y otras embarcaciones pequeñas de uso familiar

**balance oferta-
demanda del sistema
canal del dique**

Tabla 34. Evaluación de efectos del sistema Canal del Dique

Elemento Actividad/proceso	Inertes	Biodegradables	Tóxicos	Dinámica fluvial	Dinámica estuarina	Contaminación	Morfología	Ciénagas	Playones	Faja litoral	Bahías	Corales	Manglares	Recurso manglar	Agua	Suelo	Pesca continental	Pesca marina	Turísticos paisajísticos	Vías acuáticas	Estructuras de control	Zona portuaria	Acueducto	Ocupación terrenos	Movilidad	Generación expectativas	Arraigo	Interrelación social	Σ Efectos
	Transporte de sedimentos	3,10	1,15	2,45	2,67	2,95	1,49	2,65	3,05	2,45	2,60	3,05	3,05	2,40	2,40	2,80	2,75	2,85	2,45	2,75	2,75	2,70		2,75	2,85	2,75	2,35	2,25	2,55
Acumulación material dragado	2,02	1,49	2,55		2,15	1,19	2,15			1,75	2,25	2,95	2,40	2,40	2,70			2,20	2,15	2,55				2,75	2,05	2,45	2,05	2,55	42,7
Precipitación materiales suspensión	2,95	1,95	2,55		2,75		2,85			2,05	3,05	3,25	2,25	2,25	2,65			2,75	2,63	2,65	2,63	2,45	2,23	2,65	2,05	2,35	2,05	2,15	52,2
Cambios en la salinidad					3,40					2,45	3,05	3,25	1,75	1,75				3,05											18,7
Σ efectos	8,1	4,6	7,6	2,7	11,3	2,7	7,7	3,1	2,5	8,9	11,4	12,5	8,8	8,8	8,2	2,8	2,9	10,5	7,5	8,0	5,3	2,5	5,0	8,3	6,9	7,2	6,4	7,3	

Tabla 35. Jerarquización de efectos del sistema Canal del Dique

Transporte de sedimentos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Acumulación material dragado	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Precipitación materiales suspensión	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cambios en la salinidad	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Efecto severo (> 2,41) ■ Efecto moderado (1,41-2,40) ■ Efecto leve (< 1,40) ■ Interacción no prevista □

campesino para transporte y pesca artesanal en los caños y ciénagas, se ven afectadas por la colmatación de las vías acuáticas.

- La *formación de terrenos no inundables* en los playones (por desecación de ciénagas) y en las fajas litorales del estuario (por avance del delta) generan conflictos entre la población campesina por su ocupación y tenencia. En las ciénagas se generan además conflictos entre agricultores y pescadores.

- El Dique induce la *incorporación de metales pesados* (Hg y Cr) a las ciénagas y a la zona estuarina. Existe incertidumbre sobre el efecto del

proceso acumulativo en los sedimentos y su posible paso a las cadenas tróficas.

- La *dinámica fluvial* del sistema se altera por las modificaciones en el comportamiento hidráulico natural de la corriente, causadas por la pérdida de la regulación que ejercen las ciénagas al desecarse.

- Probablemente el efecto más importante, en términos económicos y sociales, es la *reducción del potencial turístico* por deterioro de los valores escénicos y paisajísticos de las islas de Barú y Tierrabomba y el sector de Bocagrande.

- El *deterioro de muelles*, diques y embarcaderos, colmatación de atracaderos, área de maniobras y canales de acceso en la zona portuaria, incluyendo la zona industrial de Mamonal.

Las recomendaciones siguientes tienen como base la relativa imprecisión en la evaluación de las interacciones entre los procesos actuantes en el sistema del Canal del Dique y los elementos ambientales afectados. La información secundaria es escasa y desactualizada y se refiere a escenarios puntuales en el tiempo y en el espacio de los diferentes ecosistemas presentes, a excepción de la obtenida con la monitoría del MOPT a través de la UEF-BEX (véase el proyecto, p. 10).

Los beneficios, si bien amplios como se ha enfatizado en este estudio, sólo se contabilizan desde el punto de vista de navegación. No hay conciencia a nivel nacional de los perjuicios que causa en la región el mantenimiento del canal únicamente para el transporte fluvial. Allí se considera que la navegación es subsidiada a costa del bienestar ecológico y de las economías públicas y privadas regionales, sin tener en cuenta que éstas últimas, en gran medida, son materializadas por la existencia del canal.

No existen datos básicos adecuadamente compilados ni se han ensayado metodologías aplicables a tal evaluación económica. Hay aspectos en el impacto ambiental que se pueden contabilizar en la forma tradicional (sobrecostos en acueductos, pérdidas en agricultura, etc.); pero muchos otros requieren evaluaciones económicas heterodoxas y precisan el diseño de un procedimiento aplicable al sistema.

La evidencia manifiesta del efecto de los sedimentos sobre la mayoría de las actividades que se desarrollan en el área de influencia del Dique, hace prioritaria la evaluación de la viabilidad de reducir los sedimentos del canal, mediante un estudio corto, basado en información existente.

Este estudio corresponde a un proyecto de *Calidad Ambiental*, analizado

dentro del marco conceptual del Banco de Proyectos de Inversión Nacional (BPIN) del DNP. Deberá definir mejor las investigaciones y estudios detallados sugeridos más adelante para identificar la solución técnica, ambiental, económica, financiera e institucional más conveniente.

Plan de Manejo Integral (PMI)

Se recomienda la elaboración y ejecución de un Plan de Manejo Integral (figura 28.), orientado a la realización de los estudios de *prefactibilidad, factibilidad, organización institucional y diseño* de soluciones a la

problemática planteada y a la *ejecución y operación* de las obras y al *manejo* del área de influencia.

Etapa de prefactibilidad

El PMI destaca la etapa de *prefactibilidad* para que el MOPT acometa con carácter prioritario el estudio preliminar de *calidad ambiental*, dirigido a establecer, de un lado la viabilidad técnica, ambiental, económica y financiera de controlar los sedimentos, manteniendo la navegabilidad, y del otro, a determinar los beneficios y beneficiarios por dicho control y las

**manejo ambiental:
sistema canal
del dique**

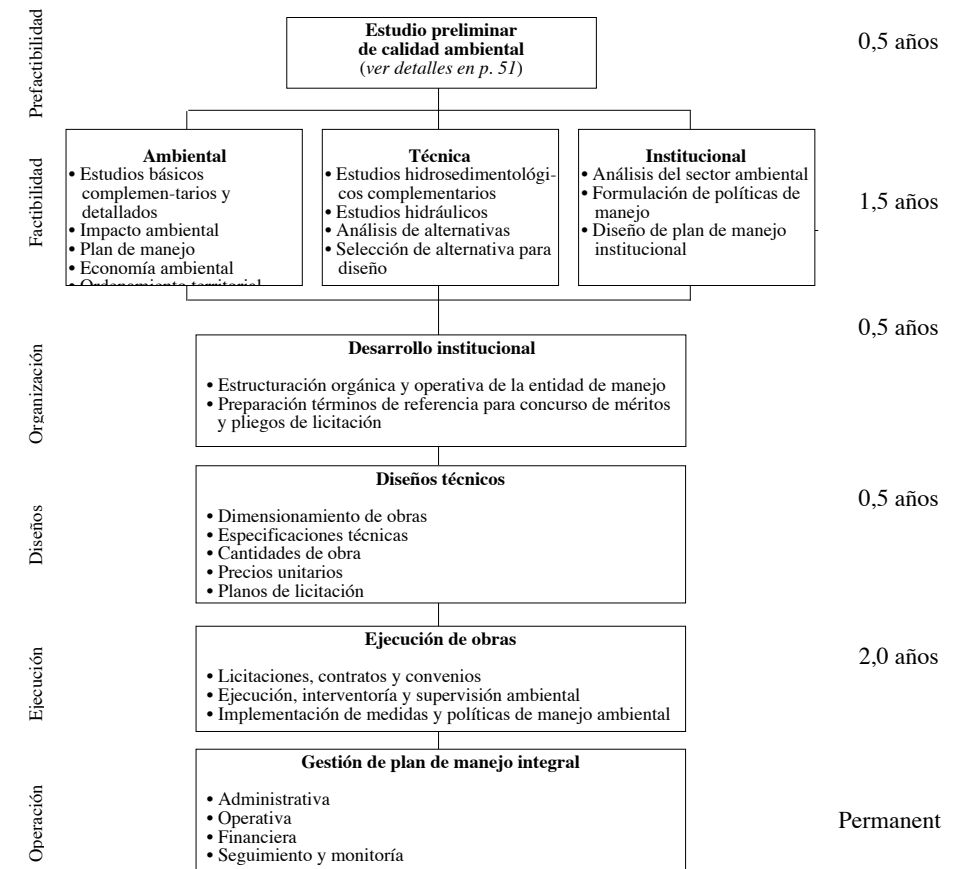


Fig 28. Plan de manejo integral

entidades responsables. A continuación se presentan sus términos de referencia.

1. **Objetivo** Realizar un estudio de calidad ambiental para evaluar, con base en información existente, los efectos de la vía navegable Canal del Dique en su área de influencia.

2. **Alcances**

- Identificar y caracterizar las áreas vinculadas con el Dique y sus usos actuales y potenciales.
- Cuantificar y evaluar los efectos positivos y negativos del canal del Dique, en particular los causados por su carga de sedimentos y establecer la relación entre la reducción de los efectos negativos y la variación de costos por dichos efectos.
- Establecer la relación entre el grado de reducción de sedimentos en el canal y los efectos resultantes en las áreas afectadas.
- Plantear a nivel de prefactibilidad soluciones para controlar los sedimentos y sus costos y deducir la relación *costo-efectividad*.
- Deducir el orden de elegibilidad de las soluciones analizadas en función de su relación *costo-beneficio*.
- Recomendar las acciones a seguir en el diseño y aplicación de la solución más favorable, estimar los costos correspondientes e identificar fuentes de recursos y los aportantes de acuerdo con los beneficios a recibir.

3. **Plazo y costo** Se estima un tiempo para realizar los estudios de 6 meses y un costo de \$100.000.000.

Etapa de factibilidad

Son evaluaciones complementarias detalladas de los aspectos *ambientales, técnicos e institucionales* logrados en la etapa anterior. Su objetivo es mejorar el nivel y estado de la información básica del ambiente mediante el acopio de información actualizada¹, implementar metodologías de análisis económico ambiental²; formular políticas de manejo y ordenamiento territorial del área de influencia; evaluar, a la luz de los resultados de estas investigaciones, las alternativas de control de sedimentos y pre-diseñar la alternativa seleccionada y por último, diseñar la estructura orgánica para el manejo institucional de las etapas subsiguientes del PMI.

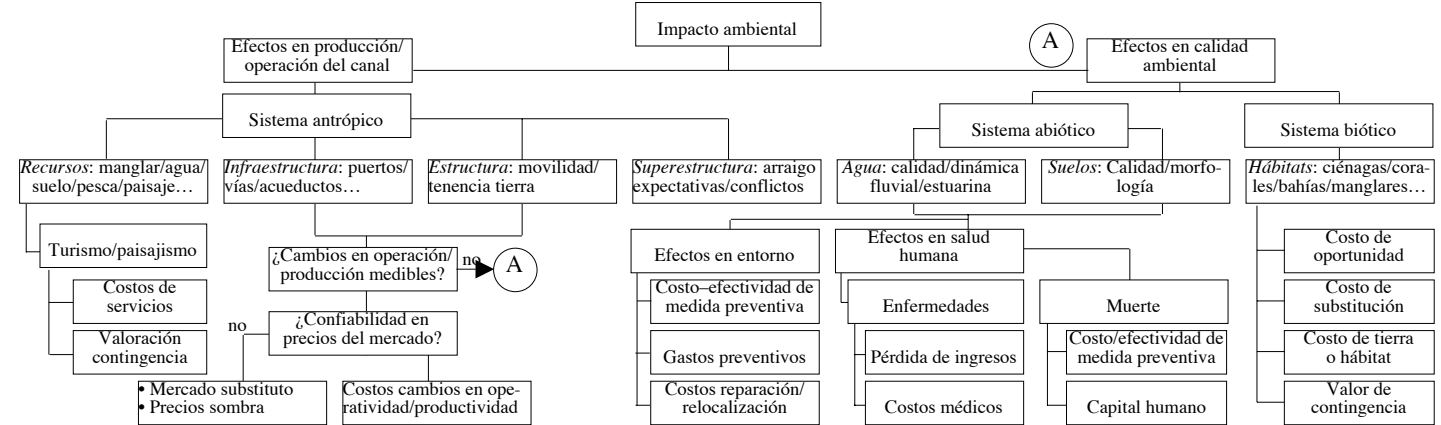


Fig. 29. Opciones de evaluación económica de costos y beneficios

Etapa de organización

En esta etapa deberá crearse la entidad encargada del manejo del área de influencia del Dique. Su gestión comienza con la contratación de los diseños de obras de control y de implementación del plan de ordenamiento territorial.

Para las demás etapas –*diseño, ejecución y operación*– se deberá proceder en la forma tradicional de otros proyectos de desarrollo; sus fases se indican en la figura 28., p. 50.

Cabe anotar que desde la etapa de factibilidad en adelante se puede modificar este esquema como resultado del estudio de *calidad ambiental* (prefactibilidad).

1. Se recomienda adelantar los estudios planteados en la tabla 35., para establecer la evolución histórica, estructura y fragilidad de los ecosistemas afectados por el canal.
2. Se sugiere la metodología de Dixon & Sherman (1990) para evaluación económica de áreas protegidas, ajustada a los elementos del sistema del Dique, ver figura 29.

Tabla 35. Estudios recomendados etapa de factibilidad

Tema	Información disponible	Información requerida	Recursos requeridos
Efectos sobre corales de islas del Rosario	• Turbidez/corrientes. CIOH • Mortalidad de corales. INDERENA/Museo del Mar/ONGs • Aforos líquidos, sólidos, batimetrías del canal. HIMAT/UEF-BEX	• Análisis actualizado de dinámica de sedimentos del estuario • Estado actual de los corales • Análisis actualizado hidrosedimentológico del canal	1. Imágenes SPOT de 1 ciclo hidrológico (12 meses). 2. Imágenes de satélite y datos de campo 3. Aforos líquidos y sólidos (7 estaciones x 12 meses)
Efectos sobre manglar	• Estudios sectoriales de manglares. INDERENA • Estudios sobre manglares de Barú.ONGs	• Estado/evolución de manglar en sistema estuarin	4. Serie diacrónica aerofotos canal y estuario 5. Verificación de campo de aerofotos
Desecación de ciénagas	• Area/capacidad de ciénagas. MOPT (LEH) • Aforos líquidos, sólidos, batimetrías del canal. HIMAT/UEF-BEX	• Actualización curvas área/capacidad de ciénagas y dinámica con el canal • Análisis de productividad de playones	• N° 3 y 4 6. Batimetrías de ciénagas/caños de conexión 7. Evaluación de biota en campo
Disminución de pesca continental y marina	• Informes pesca artesanal.INPA • Organización cultural/gremial de pescadores artesanales. SENA	• Evaluación de recurso pesquero (evolución, producción, rentabilidad), organización social y comercial de pescadores.	8. Datos de captura y esfuerzo 9. Producción histórica (especie y región) 10. Análisis socioeconómico/mercadeo
Tóxicos/contaminación	• Contaminación por metales pesados e hidrocarburos. INPA/INDERENA	• Concentraciones actuales Hg/Cu/Pb/Cr ... • Bioensayos en tejidos grasos y macerados	11. Ensayos de laboratorio en aguas/sedimentos (7 estaciones x 4 campañas)
Arqueología zona de Monsú	• Documentación hallazgos. IFEA/ICAN	• Prospección/datación conchales actuales en paleocosta zona del Dique	12. Sondeos/análisis especializados de laboratorio

Brooks, J. & S. Dodson. 1965. Predation, body size and composition of plancton. *Science* **150**:28-35.

Caraballo, P. 1992. Historia de Vida e Dinámica Populacional de *Daphnia gessneri* e *Ceriodaphnia cornuta* (CRUSTACEA-CLADOCERA) no Lago Calado, AM. Dissertacao de Mestrado, Pós-graduacão INPA/FUA, Manaus, Brasil.

CARINSA. 1991. Estudio de impacto ambiental y diseño del sistema de captación-bombeo-conducción desde el Canal del Dique hasta la maltería de Cartagena. Elaborado para BAVARIA S.A.-Maltería Tropical, Cartagena.

CARINSA-Incoplán Ltda. 1993. EIA Rehabilitación río Magdalena, tramo Barrancabermeja-La Gloria. Elaborado para MOPT-FONADE. 82 pp.

Dister E., & L.C. García Lozano. 1984. Ökologische Aspekte beim Ausbau des Río Magdalena / Kolumbien. *Biogeographica* **19**: 42-56

Esteves, F. de A. 1988. Fundamentos de Limnología. Interciencia: FINEP. Río de Janeiro.

Fisher, T.R. 1978. Plancton e produção primaria em sistemas aquáticos da bacia da Amazonia Central. Supl. *Acta Amazónica*. **8**:43-54.

Fittkau, E.J.; U. Irmler, W.J. Junk, F. Reiss & G.W. Schmidt. 1975. Productivity, biomass and population dynamics in Amazonian water bodies. pp 289-311 en: F.B. Golley & E. Medina (eds.). *Tropical ecological systems. Trends in terrestrial and aquatic research.* Springer-Verlag. Berlín.

Galvis, H. & A. Marzola. 1988. Cuantificación de metales tóxicos en ejemplares representativos de los diferentes niveles de la cadena trófica, Bahía de Cartagena. Trabajo de Grado. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de Cartagena.

García Lozano, L.C. & E. Dister. 1990. La planicie de inundación del medio-bajo Magdalena: restauración y conservación de hábitats. *INTERCIENCIA* **15**(6):396-410

Hill, G. & H. Rai. 1982. A preliminary characterization of the tropical lakes of the Central Amazon by comparison with polar and temperate systems. *Arch. Hydrobiol.* **96**(1): 97-111.

Instituto Nacional de Salud (INAS). 1977. Estudio de la contaminación con mercurio de la Bahía de Cartagena, Colombia.

INTEGRAL S.A. 1992. eia Proyecto Hidroeléctrico Porce II. Elaborado para Empresas Públicas de Medellín. Medellín. 57 pp +anexos.

Junk, W.J. 1980. Areas Inundáveis - Um desafio para a Limnología. *Acta Amazónica*, **10**(4): 775-795

Junk, W.J.; P.B. Bayley & R.E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems, pp.110-127. en D.P. Dodge (ed.) *Proceedings of the International Large River Symposium.* Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106.

Le Carpentier, et al. 1975. Estudio hidroclimatológico de la región Caribe. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.

Legros, T. 1992. Puerto Cacho et les premiers ceramistes amérindiens. Nouvelles données sur le formatif ancien du littoral caraibe de Colombie. Tesis Doctoral Université de Paris I-Pantheon-Sorbonne. **1**: 368 pp, 72 il. **2**: 180 pp tabl.

Moreno Beltrán, L.F.; L.C. García Lozano, G. Marquez Calle. 1987. Productividad e importancia del bosque ripario del complejo de ciénagas de Chucurí. (Departamento de Santander, Colombia). *Actualidades Biológicas* **16**:93-102.

Oster, R. 1979. Las Precipitaciones en Colombia. *Revista del Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. **6**(2), Bogotá.

Payne, A.I. 1988. Ecology of tropical lakes and rivers. John Wiley & Sons Ltd. 310 pp.

Pedraza Beltrán, G.S.; Márquez Calle, G., L.C. García Lozano. Aspectos hidro-limnológicos en las ciénagas de Chucurí y Aguas Negras (Magdalena Medio, Colombia) durante un ciclo anual. *Acta Biológica Colombiana* **1**(5):9-22

Ramírez, M. 1988. Caracterización del medio físico de la cuenca de la ciénaga de La Virgen. Elaborado para INDERENA, Regional Bolívar. Cartagena.

Reichel-Dolmatoff, G. 1985. Monsú, un sitio arqueológico. Biblioteca Banco Popular, Textos Universitarios. Bogotá, 226 pp.

Robertson, Kim. 1990. Geomorfología y Dinámica Fluvial. Sector Robles-Calamar. LEH-HIDROESTUDIOS.

Tovar, A. & G. Tous. 1989. Evaluación de la contaminación por metales tóxicos (Cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo, zinc) en el Bajo Cauca, Medio y Bajo Magdalena. Tesis de Grado. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de Cartagena.

Viers, G. 1975 *Climatología.* Oikos-Tau S.A. Ediciones, Barcelona