



**INGENIERIA UC**

Organo de Divulgación Científica y Tecnológica  
de la Facultad de Ingeniería  
de la Universidad de Carabobo



FACULTAD  
DE  
INGENIERIA  
U.C.

## **POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL DRAGADO Y LA DESCARGA DEL MATERIAL DRAGADO**

**LANDAETA, Cruz J.**

**Instituto Nacional de Canalizaciones. Dirección de Proyectos e Investigación, Caracas – Venezuela**

### **Resumen**

El dragado y la descarga del material dragado puede ser definido como un proceso artificialmente inducido de erosión, transporte y deposición de los sedimentos. Este proceso tiene el potencial para producir directa o indirectamente impactos negativos y los positivos en el ambiente de las áreas dragadas y las zonas de descargas del material dragado así como en áreas cercanas.

La meta del presente trabajo es, partiendo de una revisión bibliográfica, identificar, describir y analizar los posibles impactos negativos generados en los medios acuáticos (ríos, lagos, lagunas y mares) durante y después del dragado y de la descarga del material dragado. Los objetivos específicos que se buscan con este trabajo son la identificación, descripción y análisis de los posibles impactos negativos producidos durante y después del dragado y la descarga del material dragado sobre la calidad del agua y sobre la vida acuática (flora y fauna), así como los posibles impactos negativos generados por el dragado y la descarga de sedimentos contaminados y los cambios físicos generados por el dragado, referidos al Canal de Navegación del Lago de Maracaibo.

Las operaciones de dragado y descarga tienen el potencial para alterar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas. EL dragado 8.0 millones de m<sup>3</sup>/año en el Lago (le Maracaibo puede generar impactos negativos puntuales en las características físicas, químicas y biológicas del ecosistema de las áreas de dragado y de bote. Considerando que ese dragado de mantenimiento se ha estado ejecutando durante más de cuarenta (40) años con dragas de rastras y de cortador, es de esperar que los organismos vivos presentes en la zona de dragado y descarga estén adaptados a las condiciones actuales de turbidez. Sin embargo, para verificar o descartar los impactos del dragado y la descarga sobre peces, flora y otros organismos del Lago de Maracaibo, se requieren ensayos y mediciones en las áreas de dragado y bote de sedimentos.

### **INTRODUCCION**

Por muchos años las operaciones de dragado y descarga del material dragado fueron consideradas inofensivas para el ambiente. Con la llegada del movimiento conservacionista en la década de los 60, esas operaciones comenzaron a considerarse como causantes de muchos problemas ambientales y a tener serios problemas con el ambiente.

En general, es aceptado que todos los métodos de dragados y descarga de material dragado tienen el potencial para generar directa o indirectamente ciertos impactos negativos al ambiente. Esos impactos generan cambios en las características físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas.

La meta del presente trabajo es, partiendo de una revisión bibliográfica, identificar, describir y analizar los posibles impactos negativos generados en los medios acuáticos (ríos, lagos, lagunas y mares) durante y después del dragado y la descarga del material dragado.

Los objetivos específicos que se buscan con este trabajo son la identificación, descripción y análisis de los posibles impactos negativos producidos durante y después del dragado y la descarga del material dragado sobre la calidad del agua y la vida acuática (flora y fauna), así como los posibles impactos negativos generados por la suspensión de sedimentos contaminados, y los cambios físicos del fondo acuático, con referencia al dragado en el canal de navegación del Lago de Maracaibo.

Con este trabajo se pretende contribuir con el entendimiento y con la forma de atacar los posibles impactos ambientales generados durante y después del desarrollo de las operaciones de dragado y descarga del material dragado en el mantenimiento de canales de navegación, áreas portuarias y otros ambientes acuáticos.

## **LEGISLACIÓN AMBIENTAL VENEZOLANA REFERIDA A LAS ACTIVIDADES DE DRAGADO Y DESCARGA DEL MATERIAL DRAGADO**

Los principios que rigen la política ambiental venezolana están contenidos en la Ley Orgánica del Ambiente, promulgada en 1976 y en la Ley Penal de Ambiente promulgada en 1992. La Ley Orgánica del Ambiente define los principios del estado en materia ambiental y propicia el tratamiento, defensa y mejora integral de los recursos naturales. La Ley Penal de Ambiente tipifica como delitos los hechos que violen disposiciones relativas a la conservación del ambiente, establece las sanciones penales correspondientes y dicta las medidas precautelativas, de restitución y de reparación.

Los Artículos 28, 30, 31, 32, 35, 36, 42 y 43 de la Ley Penal de Ambiente tienen aplicación directa sobre las actividades de dragado y descarga del material dragado. De la misma manera, es aplicable el Decreto No. 1257, "Normas sobre Evaluación Ambiental de las Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente", que reglamenta los estudios de impacto ambiental.

## **PRINCIPIOS GENERALES DE DRAGADO Y DRAGAS HIDRÁULICAS**

El dragado puede ser definido como la remoción, succión, transporte y descarga del material del fondo de áreas acuáticas utilizando para ello una draga. El principio general de las dragas hidráulicas es mezclar los sedimentos con agua para formar un líquido el cual es succionado, bombeado y transportado a través de las tuberías y finalmente depositado en una área preestablecida. Las dragas hidráulicas pueden ser agrupadas en: dragas autopropulsadas de tolvas, dragas estacionarias de cortador con tubería de descarga y dragas autopropulsadas con brazo de descarga lateral (sidecasting).

**Dragas autopropulsadas de tolvas:** consisten en un barco con un sistema de bombas y tolvas donde descargar el material dragado. Este tipo de draga remueve el material del fondo acuático usando rastras, lo succiona y bombea usando una bomba centrífuga y lo deposita dentro de la draga en las tolvas, para finalmente descargarlo en las zonas de bote definidas previamente, en agua o tierra.

Los posibles impactos ambientales generados durante y después de las operaciones de dragado y descarga con las dragas de tolvas son: turbidez, suspensión de sedimentos contaminados, cobertura y/o remoción de los organismos vivos presentes en la zona de dragado y de descarga del material dragado. El grado de esos posibles impactos dependerá del tipo de material a remover y del sitio de bote (agua o tierra). Las desventajas ambientales más importantes de este tipo de draga son: la turbidez generada por la suspensión de los sedimentos finos a través del rebose de las tolvas (overflow) y por las rastras durante la remoción del material; y la cobertura de la biota cuando la descarga es directamente en agua. Estos impactos se pueden reducir con el uso de rastras ambientales y el control de rebose.

**Dragas estacionarias de cortador:** consisten en un tipo de gabarra con un sistema de bombas y tuberías para transportar el material dragado. En este tipo de draga el material del fondo acuático es removido y mezclado con agua usando el cortador y luego succionado y bombeado con la bomba centrífuga y descargado a través de la tubería en zonas establecidas para tal fin, en agua o tierra.

Los posibles impactos ambientales generados durante y después de las operaciones de dragado con las dragas de cortador son: turbidez, suspensión de sedimentos contaminados y remoción de los organismos vivos presentes en la zona de dragado con el cortador. Los impactos dependerán del tipo y cantidad del material a remover. Una de las desventajas ambientales más importante de este tipo de draga es la turbidez producida por la rotación del cortador de la draga durante el dragado. Sin embargo se han desarrollado cortadores que minimizan la suspensión de sedimentos durante el dragado.

**Dragas autopulsadas de brazo (sidecasting):** consiste en un barco con un sistema de bombas y un brazo para descargar el material dragado. Este tipo de draga usa el mismo principio que usan las dragas de tolvas para remover y succionar el material dragado sólo que la draga de brazo no almacena el material dragado en tolvas, sino que lo descarga en las cercanías de la zona de dragado a través de un brazo o tubería y luego las corrientes de agua transportan y distribuyen ese material. La gran ventaja de este tipo de draga es que puede dragar continuamente.

Los posibles impactos ambientales generados durante y después de las operaciones de dragado y descarga con las dragas de brazo son: grandes niveles de turbidez, suspensión y distribución de sedimentos contaminados y cobertura y/o remoción de los organismos vivos en áreas de dragado. El nivel de impactos dependerá del tipo y cantidad de material a remover y del porcentaje de sólidos presentes en la mezcla (suelo-agua) descargada. La desventaja ambiental más importante de este tipo de draga es la gran cantidad de sedimentos finos suspendidos en la columna de agua que generan altos niveles de turbidez.

## **TIPOS DE DESCARGAS DE MATERIAL DRAGADO**

El material dragado puede ser descargado en agua o en tierra, la selección de tipo y método para depositarlo depende, entre otras consideraciones de: las características físico-químicas de material dragado, la cantidad de material a descargar, las restricciones ambientales y la disponibilidad de áreas cercanas para ser usadas como zonas de descarga. La descarga en agua o en tierra puede hacerse en áreas confinadas o áreas sin confinamiento. La descarga en tierra del material dragado en áreas confinadas es el método mas seguro que minimiza impactos ambientales. Además, la descarga en tierra en áreas confinadas es siempre recomendada cuando el material dragado requiere tratamiento posterior y/o se busca evitar daños ambientales a zonas cercanas. En muchos de esos casos los suelos de las zonas confinadas requieren de impermeabilización para evitar la percolación de contaminantes. Los más importantes impactos ambientales asociados con la descarga del material en tierra en áreas no confinadas son: ahogamiento y/o cobertura de la flora y de los organismos vivos presentes en la zona de descarga, contaminación de los suelos a través de la percolación de contaminantes presentes en el material dragado, contaminación de los cursos de agua, cierre de quebradas o caños de agua y contaminación de las aguas subterráneas.

La descarga del material dragado en agua es siempre la opción más económica pero cada día hay mayores restricciones ambientales a este tipo de descarga. La descarga en agua en áreas confinadas es requerida cuando es necesario evitar que el material descargado sea llevado a otras zonas por efecto del oleaje y las corrientes. Los más importantes impactos ambientales asociados con la descarga del material en aguas en áreas confinadas o no son: incremento de la turbidez, suspensión y distribución de contaminantes, disminución del oxígeno disuelto y ahogamiento y/o cobertura de los organismos vivos presentes en la zona de descarga.

## **POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL DRAGADO Y LA DESCARGA DEL MATERIAL DRAGADO**

Los procesos de dragado y de descarga del material dragado tienen el potencial para generar impactos negativos en las características físicas, químicas y biológicas del ambiente. Los potenciales impactos negativos generados son: **impactos sobre la calidad del agua, suspensión y distribución de sedimentos contaminados, impactos sobre peces, flora y otros organismos y cambios físicos del fondo acuático.**

### **Impactos sobre la calidad del agua**

Las operaciones de dragado y descarga del material dragado tienen el potencial para provocar importantes cambios físicos y químicos sobre la calidad del agua.

**Cambios físicos sobre la calidad del agua:** durante y después del dragado y la descarga del material dragado, los sedimentos del fondo son mecánicamente removidos y suspendidos en la columna de agua. Los sedimentos más pesados como gravas y arenas rápidamente se sedimentan pero los sedimentos finos como arcillas y limos permanecen en suspensión. Esos sedimentos finos son transportados por las corrientes y el oleaje cubriendo grandes áreas, algunos estudios han reportado hasta 5 kilómetros cuadrados de la nube de sedimentos (Morton, 1977), generando turbidez y por ende reducción de la penetración de la luz necesaria para los procesos de fotosíntesis y cambios en el calor de radiación. La turbidez es el cambio físico más importante generado sobre la calidad del agua (Goodwin y Micaelis, 1984). Para estimar los impactos generados por la turbidez sobre la calidad del agua y sobre algunas especies del ambiente es necesario medir los cambios de densidades en la columna de agua, el pH y la temperatura del agua y a través de un estudio visual de imágenes de satélite, estimar el diámetro de la nube de sedimentos finos suspendidos que permanecen flotando en la superficie del agua (Fuhrer y Evans, 1990). La importancia de esos cambios en un determinado estuario es una función de la relación área dragada, el área total y los volúmenes de agua.

**Cambios químicos sobre la calidad del agua:** los cambios de las características químicas del agua generados por el dragado y la descarga del material son difíciles de estimar, monitorear y controlar debido a la naturaleza de los procesos y parámetros involucrados. Algunos de los parámetros que reflejan los cambios químicos sobre la calidad del agua, producto del dragado y la descarga son: la demanda de oxígeno, el aumento de nutrientes, presencia de trazas de metales pesados y pesticidas en la columna de agua y la modificación de los niveles de salinidad.

Para predecir los cambios químicos de la calidad de agua generados al descargar, directamente en agua, el material dragado con dragas de tolvas, se recomienda realizar el ensayo de Eluato estandarizado (Elutriate test). Este ensayo consiste en la mezcla de una parte de sedimentos con cuatro partes de agua, ambas muestras tomadas del área a dragar, permitiéndose por espacio de una hora su sedimentación para luego filtrar y analizar la composición química del material, (Fuhrer y Evans, 1990).

### **Suspensión y distribución de sedimentos contaminados**

El agua es el mayor vehículo de transporte de contaminantes y el medio en el cual esos contaminantes pueden desarrollar reacciones químicas y físicas. Usualmente, los sedimentos localizados en puertos y canales de navegación ubicados en las cercanías de grandes ciudades con complejos industriales o petroleros, altos volúmenes de tráfico comercial y descarga directa de aguas servidas presentan altos niveles de contaminación. Una de las causas de esta situación es la presencia de partículas de arcillas y limos con cargas negativas, las cuales tienden a absorber los contaminantes. En consecuencia, los procesos de dragado y descarga no incorporan nuevos contaminantes al medio acuático simplemente tienen el potencial para poner en suspensión y distribuir los sedimentos contaminados por las fuentes de polución antes citadas.

Durante y después del dragado y descarga de suelos con contenido de arcillas y limos, tiende a producirse pérdida incontrolada de dichos sedimentos los cuales de contener contaminantes provocarán la polución de las áreas donde se depositen. La extensión del área afectada es función del contenido y clase de los contaminantes, la velocidad de caída de las partículas, los mecanismos de transporte de sedimentos (corriente, oleajes y mareas) presentes en la zona, y de la salinidad, la temperatura y el ph del agua.

Para evitar la contaminación de nuevas áreas con sedimentos contaminados dragados se recomienda descargar el material en tierra, en zonas confinadas. Cuando el material a dragar presenta alto nivel de contaminación se recomienda confinar la zona a dragar y utilizar un proceso de dragado que minimice la suspensión y distribución de las partículas finas contaminadas.

Para estimar el potencial de contaminación de los sedimentos a dragar no basta con conocer la concentración total de los contaminantes presentes, por lo que se recomienda combinar éste con los resultados de varios ensayos, como Eluato test y la caracterización biológica de los sedimentos.

Para el dragado y manejo de materiales contaminados los países industrializados poseen fuertes regulaciones ambientales y han desarrollado tecnologías que permiten minimizar los impactos provocados. Esta situación produce incrementos de costos de las operaciones de dragado y descarga, puesto que los contaminantes presentes requieren diferentes tratamientos. Por ejemplo, para dragar sedimentos con alto contenido de metales pesados y otros contaminantes en algunos puertos de los Estados Unidos, las autoridades ambientales imponen ciertas condiciones, entre las que destacan: confinar la zona a dragar, evitar la suspensión de los sedimentos dragados, depositar los sedimentos dragados en áreas confinadas en tierra y luego incinerarlos, controlando el nivel de contaminación atmosférica generado por los gases expulsados a la atmósfera. Todos esos procesos incrementan el costo de mantenimiento de esos puertos y los hacen poco competitivos.

En consecuencia, la recomendación mayor para evitar dichos costos y minimizar los impactos ambientales por el dragado y la descarga de sedimentos contaminados es el control ambiental de las fuentes generadoras de contaminantes como son las industrias, la descarga de aguas residuales sin tratamiento y las actividades agrícolas.

### **Potenciales impactos sobre peces, flora y otros organismos vivos**

Los sistemas acuáticos son muy diversos, dinámicos y cambiantes en espacio y tiempo por ello los cambios físicos y químicos generados durante y después del dragado y la descarga del material dragado pueden afectar la distribución de las diferentes especies presentes. Esos impactos son complejos y difíciles para predecir motivado a los procesos naturales que están involucrados y a la carencia de adecuados procedimientos para obtener muestras representativas que sirvan para estudiar en laboratorios los potenciales efectos de dragado y la descarga del material dragado sobre las especies. Otra complicación es el grado de tolerancia de cada especie o de cada miembro de una especie.

Durante el dragado y descarga se pueden producir cambios en los nutrientes y en la rata de renovación del agua en el área de dragado y descarga, destrucción del hábitat por efecto de la remoción de los suelos, cobertura de los organismos vivos por efecto de las descargas, altos niveles de turbidez (mayor cantidad de sedimentos en suspensión), cambios de temperatura y de los contenidos de sal, los cuales pueden ser intolerados por muchas de las especies vivas del área. Igualmente, la suspensión de los sedimentos del fondo durante y después del dragado y la descarga produce un enriquecimiento en los nutrientes presentes en la columna de agua, lo cual puede generar la presencia de mayor cantidad de especies y por ende una demanda mayor de oxígeno.

Para estimar los impactos del dragado y la descarga del material dragado sobre las especies presentes se recomienda realizar una caracterización biológica de los sedimentos dragados, monitorear las comunidades

benticas en las zonas de dragado y descarga puesto que ellos proveen una crucial unión de la cadena alimenticia y usando pruebas de bioacumulación estudiar las respuestas de los organismos vivos presentes en las áreas a afectar. Las pruebas de bioacumulación consisten en exponer, por un tiempo determinado, a organismos vivos al material a dragar y medir su respuesta a esas condiciones y determinar la presencia o no de los contaminantes en la especie evaluada.

De acuerdo a Jonh B. Herbich, 1992, los posibles impactos negativos generados durante y después del dragado y descarga del material dragado sobre los peces y otros organismos vivos son:

- Migración de peces
- Cambios en la demanda de oxígeno
- Recolonización de las áreas afectadas por especies oportunistas que se adaptan a las nuevas condiciones
- Interferencia con los procesos respiratorios de los peces
- Interferencia con los procesos migratorios de los peces, por efecto de la turbidez generada durante y después de dragado y la descarga de material
- Destrucción de hábitat acuáticos
- Cobertura de la vegetación
- Ingestión y acumulación de contaminantes como pesticidas y metales pesados por parte de la biota.

### **Potenciales cambios físicos del fondo acuático**

Los ecosistemas acuáticos como sistemas integrales y dinámicos generan respuestas físicas a las alteraciones producidas por los procesos de dragado y descarga del material dragado. Las alteraciones en la topografía de los fondos acuáticos dragados, entre otros cambios, pueden modificar los patrones de flujo de las zonas afectadas. Esta situación genera cambios en los perfiles transversales y longitudinales de los canales o sea físicamente los canales muestran por ejemplo dunas, contradunas y barras. La distribución de sedimentos que resulta de los cambios de patrones de circulación no siempre es predecible, por lo cual se pueden generar efectos indeseados. La descarga del material dragado, directamente en agua, ecosistema. en áreas no confinadas, provoca los mayores cambios morfológicos. Las investigaciones de Baker, McCown, Paddock y Ditmers en 1984 reportaron que el cambio morfológico más importante generado por ese tipo de descarga de material dragado es la modificación del sistema de dunas y contradunas. Los potenciales cambios en la geomorfología de los canales naturales por efecto del dragado y descarga del material son:

- Cambios en la sección transversal de los canales
- Cambios en las pendientes longitudinales de los canales Relleno de cauces menores
- Relleno de caños Formación y consolidación de barras
- Cambios en la batimetría del área dragada y/o en la zona de descarga .
- Cambios en los patrones de circulación del agua. Modificación de la cuña salina

Para estimar esos cambios físicos del fondo acuático se recomienda desarrollar modelos matemáticos de las zonas a afectar. Además, los modelos matemáticos permiten seleccionar los sitios de bote para el material dragado.

## **POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES DEL DRAGADO EN EL CANAL DE NAVEGACION DE MARACAIBO**

Los procesos de sedimentación del Lago de Maracaibo depositan en el Canal de Navegación 8.0 millones de m<sup>3</sup>/año de sedimentos que deben ser dragados. El tipo de sedimento varía en cada uno de los tramos (Canal Exterior y Canal Interior) del Canal de Navegación del Lago de Maracaibo, principalmente por efectos de las corrientes y de las condiciones geomorfológicas.

Actualmente, en el dragado de mantenimiento del Canal Interior se utilizan dragas autopropulsadas de tolvas y en el Canal Exterior se usa dragas de tolvas y de brazo. El material dragado con dragas de tolvas entre el Km. 10 N y el Km. 15 S es depositado en agua en la Zona de Bote Norte, ubicada frente al Km. 18 N y el material dragado con dragas de tolvas entre el Km. 15 S y el Km. 42 S es descargado en agua en la Zona de Bote Sur. Actualmente, la draga de cortador "Carabobo" se utiliza para extraer el sedimento en las zonas de los taludes de los canales. Este material es descargado mediante tubería directamente en agua o en tierra en las Islas Pescadero y Pájaros.

Esos procesos de dragado y de descarga en ambos tramos del Canal de Maracaibo pueden generar impactos negativos puntuales en las características físicas, químicas y biológicas del ecosistema.

### **Posibles impactos sobre la calidad del agua en el Canal de Maracaibo y zonas de bote**

En el Canal de Maracaibo, los procesos de dragado y descarga, pueden generar cambios físicos y químicos puntuales en la calidad del agua. Entre las posibles alteraciones destaca, la producción de altos niveles de turbidez en las zonas de dragado con las dragas de tolvas, las cuales no poseen los equipos especiales como rastras anti-turbidez. Esta situación también se presenta en las zonas de descarga del material dragado, ya que el material es descargado directamente en agua por las dragas de tolvas y algunas veces por la draga de cortador.

Las áreas afectadas por la turbidez, así como el tiempo de duración del impacto de la turbidez pueden ser estimadas con mediciones de campo (densidades, ph, temperatura) en combinados con observaciones de imágenes satelitales, hasta el momento en el Canal Maracaibo no se ha desarrollado este tipo de estudio, por lo cual no podemos cuantificar este impacto. Sin embargo, considerando que el dragado de mantenimiento en el Canal de Maracaibo se ha estado ejecutando durante más de cuarenta (40 ) años con dragas tolvas y brazo con rastras, y con dragas de cortador, es de esperar que los organismos vivos presentes en la zona de dragado y descarga estén adaptados a las condiciones de turbidez generadas. Igualmente, es de suponer que por la relación entre el volumen de mezcla descargado contra el volumen total de agua en las zonas de bote, el efecto de la turbidez debe ser de corta duración.

### **Suspensión y distribución de sedimentos contaminados en el Canal de Maracaibo y zonas de bote**

En la cuenca del Lago de Maracaibo se desarrollan una serie de actividades industriales, agrícolas y residenciales, entre las que destacan la industria petroquímica y la exportación petrolera, las cuales generan desechos que contienen, entre otros contaminantes, plomo, mercurio, cadmio y residuos de petróleo. Las actividades agrícolas de esa cuenca generan elementos contaminantes como pesticidas, que son recogidos por los cursos naturales y depositados en el lago. Así mismo, esta cuenca no cuenta con las adecuadas instalaciones para procesar todas las aguas residuales que produce, por lo cual gran parte de esas aguas llega al lago sin el debido tratamiento. Según los patrones de corriente del Lago de Maracaibo, muchos de esos contaminantes pueden llegar al canal de navegación y ser absorbidos por los sedimentos finos presentes en él.

Los métodos de dragado (tolvas, brazo y Cortador) usados en el mantenimiento de las profundidades del Canal de Maracaibo tienen el potencial para poner en suspensión esos sedimentos contaminados que luego por efecto de las corrientes, oleajes y mareas son transportados y depositados en áreas dentro y fuera del canal, con el consiguiente impacto ambiental. Igual situación, se presenta con la descarga. Sin embargo, hay que destacar que el grado de esos impactos depende del tipo y cantidad de los contaminantes presentes en los sedimentos dragados. Hasta el momento, no se ha realizado una evaluación química de los sedimentos dragados en el canal, por ello no se puede cuantificar este impacto. En consecuencia, se requiere desarrollar un programa de estudio físico-químico de los sedimentos del canal que incluya muestreo y pruebas de laboratorio.

### **Posibles impactos sobre peces, flora y otros organismos vivos del Canal de Maracaibo y las zonas de bote**

Por dragado de mantenimiento anual, en el Canal de Maracaibo, se remueven las capas de sedimentos de recién sedimentación, esto significa una constante modificación del hábitat de las comunidades benticas, lo cual puede eliminar y/o cambiar la fauna y flora acuática existente en el área de dragado. Con la descarga, directamente en agua, del material dragado se tiende a sepultar los organismos vivos de esas zonas de descarga y a generar nuevas condiciones que quizás permitan el establecimiento de otras especies.

La turbidez generada por la suspensión de sedimentos finos en la columna de agua puede interferir con los procesos migratorios de algunas de las especies de peces que habitan y/o usan el lago para la reproducción. De la misma forma, estos sedimentos finos pueden producir alteraciones respiratorias en algunas especies, y el contenido de contaminantes presentes en los sedimentos dragados puede provocar intolerancia y acumulación de contaminantes en las especies presentes en las zonas de dragado y descarga. Sin embargo, para verificar o descartar tales efectos es necesario hacer los ensayos y mediciones en las áreas de dragado y de bote del material.

### **Cambios físicos del fondo acuático del Canal de Maracaibo**

La topografía del fondo del Canal de Maracaibo y sus áreas cercanas fue modificada por el dragado de profundización en los años 1953-1956, por lo cual, considerando los volúmenes dragados anualmente, se puede suponer que actualmente, el dragado de mantenimiento del canal no produce significantes alteraciones del fondo del Canal y sus áreas adyacentes.

El control batimétrico de la descarga Norte reporta un comportamiento hidráulico eficiente que impide la pérdida de profundidad y permite el transporte hidráulico de los sedimentos descargados, no así el área de la descarga Sur, la cual presenta modificación significativa de las profundidades que dificulta las operaciones de descarga con las dragas de tolvas. Según el Estudio de la empresa INCOSTAS, ya para 1989 la descarga Sur estaba colmada a causa de la sedimentación del material descargado.

## **CONCLUSIONES**

Las operaciones de dragado y descarga del material dragado tienen el potencial para generar impactos negativos sobre las condiciones físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas. La turbidez es el cambio físico más importante generado sobre la calidad del agua durante y después del dragado y la descarga del material dragado. Los cambios químicos de la calidad del agua se pueden estimar con: la demanda de oxígeno, el aumento de nutrientes, presencia de trazas de metales pesados y pesticidas en la columna de agua, y la modificación de los niveles de salinidad.

Los procesos de dragado y descarga, en sí mismo, no incorporan nuevos contaminantes al medio acuático simplemente pueden suspender y distribuir los sedimentos contaminados.



Para estimar el potencial de contaminación de los sedimentos contaminados no basta con conocer la concentración total de los contaminantes presentes, por lo que se recomienda combinar ésta con los resultados del Eluato test y la caracterización biológica de los sedimentos.

Los posibles impactos negativos generados durante y después del dragado y descarga sobre los peces y otros organismos vivos son: migración; interferencia con los procesos respiratorios; cambios en la demanda de oxígeno; destrucción de hábitat acuáticos; ingestión y acumulación de contaminantes por parte de la biota; y cobertura de vegetación.

Los cambios en la geomorfología, más importantes, en los canales naturales por efecto del dragado y descarga son: relleno de cauces menores y caños; formación y consolidación de barras; cambios en los patrones de circulación del agua; y modificación de la cuña salina. Estos cambios pueden ser estimados con el uso de modelos matemáticos.

Los impactos ambientales asociados con la descarga del material dragado en aguas son: incremento de la turbidez, suspensión y distribución de contaminantes, disminución del oxígeno disuelto y hundimiento y/o cobertura de los organismos vivos presentes en la zona de bote.

La descarga del material dragado en tierra en áreas confinadas es más segura pero la descarga en agua es siempre la opción más económica, sin embargo cada día hay mayores restricciones ambientales a ésta última.

Los procesos de sedimentación y erosión del Lago de Maracaibo depositan en el Canal de Navegación 8.0 millones de m<sup>3</sup>/año de sedimentos que deben ser dragados. Las operaciones de dragado y descarga de ese material tienen el potencial para generar impactos negativos puntuales en las características físicas, químicas y biológicas del ecosistema de las áreas de dragado y de bote.

En el Canal de Maracaibo, la turbidez generada por la descarga en agua de los sedimentos dragados debe ser de corta duración, a causa de la relación entre el volumen de mezcla descargado contra el volumen total de agua en las zonas de bote.

Considerando que el dragado de mantenimiento en el Canal de Maracaibo se ha estado ejecutando durante más de cuarenta (40 ) años con dragas de rastras y de cortador, es de esperar que los organismos vivos presentes en la zona de dragado y descarga estén adaptados a las condiciones actuales de turbidez.

Los patrones de corriente del Lago de Maracaibo permiten que los contaminantes originados en las actividades industriales, agrícolas y residenciales puedan contaminar los sedimentos finos del canal que luego son suspendidos por el dragado y descarga. Sin embargo no existe una evaluación físico-química de los contaminantes presentes en los sedimentos.

Para verificar o descartar los impactos del dragado y la descarga sobre peces, flora y otros organismos del Lago de Maracaibo, se requieren ensayos y mediciones en las áreas de dragado y bote de sedimentos.

Considerando los volúmenes dragados anualmente, se puede suponer que actualmente, el dragado de mantenimiento del Canal de Maracaibo, no produce significantes alteraciones del fondo del Canal y sus áreas adyacentes. Sin embargo, a causa de la sedimentación del material descargado, en la descarga Sur presenta una modificación significativa de las profundidades que dificulta las operaciones de descarga con las dragas de tolvas.

## RECOMENDACIONES

Considerando la escasa información sobre los parámetros que permiten verificar o descartar los posibles impactos negativos generados durante y después de las operaciones de dragado y de descarga del material dragado, en el Lago de Maracaibo, se recomienda preparar un plan de mediciones de parámetros ambientales en las áreas de dragado y en las zonas de bote del Canal de Maracaibo.

En la selección del tipo y método para depositar los sedimentos dragados se deben considerar: las características físico-químicas del material a dragar, la cantidad de material a descargar y las restricciones ambientales.

## BIBLIOGRAFIA

1. Allen, K; and Hardy, J. ( 1984) Impacts of Navigational Dredging on Fish and Wildlife: A Literature Review. U.S. Fish and Wildlife Service, Biological Services Program.
2. Baker, R.M., McCown, D.L., Paddock, R.A., and Dittmas, J.D., 1984. Thalweg Disposal: Demonstration of an Alternative. Proceedings of the First International conference on Dredging and Dredged Material Placement, Montgomery and Jaime W. Leach, editors, vol. II, pp 980-989.
3. Dieter, W., 1993, Dredging: A clean Up Technique for Contaminated Sediments. Terra et Aqua No. 42 April 1990. Pp. 10-20.
4. Engler, R.M, Patin, T. R., and Theriot, R. F., 1990, Update of the Corps Environmental Effects of Dredging Programs (FY89), Miscellaneous Paper D-90-2, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
5. Fuhrer, G., and Evans, D., 1990, Use of Elutriate Test and Bottom-Material Analyses in Simulating Dredging Effects on Water Quality of Selected Rivers and Estuaries in Oregon and Washington, 1980-1983. US Geological Survey Water-Resources Investigation Report 89-4051, Portland, Oregon
6. Goodwin, C., and Michaelis, D. ,1984, Appearance and Water Quality of Turbidity Plumes Produced by Dredging in Tampa Bay, Florida. US Geological Survey Water-Supply Paper; 2192.
7. Herbich, J.B., and Schiller Jr., R.E., (1974), Environmental Effects of Dredging. World Dredging Conference Association, 1974, V Proceedings of World Dredging Conference. San Pedro, California. pp 699-720.
8. Herbich, J.B., (1992). Handbook of Dredging Engineering.
9. INCOSTAS, (1992). Estudios y Proyectos para la zona de Descarga Sur de la Draga Catatumbo, Caracas, marzo de 1993.
10. Landaeta, C. 1995. Potential Environmental Impacts Generated by Dredging and Disposal Dredged Material Processes. Colorado, USA, octubre, 1995.
11. Lee, G.F., and Jones, R.A., 1984. Evaluating the Water Quality Significance of Dredged Material. Proceedings of the First International Conference on Dredging and Dredged Material Placement., Montgomery and Jaime W. Leach, editores, vol. II. pp 1050-1062.
12. Lee, G.F., and Jones-Lee, A., 1994. Contaminated Dredged Sediment Disposal Criteria. Proceedings of the Second International Conference on Dredging and Dredged Material Placement. E. Clark McNairs, editor. Vol. I, pp 121-130.
13. MARNR, 1992, Ley Penal del Ambiente y sus Normas Técnicas.
14. Morton, J. W., 1977, Ecological Effects of Dredged and Dredge Spoil Disposal: A Literature Review. US Department of the Interior Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
15. Otis, M.J., 1994. New Bedford Harbor, Massachusetts, Dredging/Disposal of PCB Contaminated Sediments. Proceedings of the Second International Conference on Dredging and Dredged Material Placement. E. Clark McNairs, editor. Vol. I, pp 579-587.
16. Paipai, E., 1995, Environmental Enhancement Using Dredged Water-Resources Material Terra et Aqua No. 59 June 1995. Pp. 5-21.

17. Parra, G., 1997. Opinión Suscinta sobre las Implicaciones Ambientales de un Cierre Total o Parcial del Lago de Maracaibo, Caracas, marzo de 1997.
18. Pecchioli, J.A., 1994. Disposal of Contaminated Sediments in NY/NJ Harbor. Proceedings of the Second International Conference on Dredging and Dredged Material Placement. E Clark McNairs, editor. Vol. I, pp 606-615.
19. Stewart, K. (1984) The Effects of Dredging Material disposal on Fisheries Resources in the New York State Barge Canal. Proceedings of the First International conference on Dredging and Dredged Material Placement, Montgomery and Jaime W. Leach, editors, vol. I, pp 579-588.
20. Tatem, H. E., 1990. Determination of the Chemical Suitability of a Dredged Material Containment Area for Aquaculture Technical Report EL-90-12, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
21. Thibodeaux, L.J., Reible, D.D., and Valsaraj, K.T., 1994. So You Want to Remediate Contaminated Mud. These are Your Five Choices. Proceedings of the Second International Conference on Dredging and Dredged Material Placement. E. Clark McNairs, editor. Vol. I, pp 588-598.
22. US Army Corps of Engineers, and US Environmental Protection Agency, 1992. Evaluating Environmental Effects of Dredged Material Management Alternatives: Technical Framework. Washington, DC.
23. US Department of Transportation, Maritime Administration, 1994. The Dredging Process in the United States: An Action Plan for Improvement. The Interagency Working Group on the Dredging Process, Diciembre, 1994.