



CONTAMINACIÓN EN LA BAHÍA DE CARTAGENA POR AGUA DE LASTRE DE LOS BUQUES

>> Resumen

En Colombia la Dirección General Marítima (DIMAR) a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), inició un programa de investigación para identificar las especies presentes en las aguas de lastre de los buques que arriban a puerto colombiano.

La primera fase del proyecto se ejecutó en el año 2002 y en esta se analizaron muestras provenientes de 12 buques de tráfico internacional que arribaron a la Bahía de Cartagena, determinando el componente bacteriano, fitoplanctónico y zooplanctónico.

Los resultados indican la presencia en las aguas de lastre de las bacterias patógenas *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella* sp, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Enterobacter* sp, *Klebsiella pneumoniae* y *Aeromonas hydrophilla*. Se reportan especies fitoplanctónicas que no hacen parte de la flora típica de la bahía como las diatomeas *Chaetoceros messanensis*, *C. glandazzi*, *C. tortissimus*, *Odontella aurita*, *Hemidiscus cuneiformis*, *Ditylum brightwelli*, *Paralia sulcata*, *Planktoniella sol*, *Asterionellopsis glacialis* y *Pseudoeunotia doliolus* y el silicoflagelado *Dictyocha polyaetis*. De igual manera se encontraron especies zooplanctónicas no reportadas como fauna típica para la bahía como los copépodos *Eucalanus elongatus*, *Euterpina acutifrons*, *Lucicutia clausi*, *Oithona ovalis* y *O. plumifera*, el chaetognato *Sagitta planctonis* y el decápodo *Lucifer typus*.

>> Abstract

In Colombia the Dirección General Marítima (DIMAR) with the Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), initiated a research program to identify the presence of species in ships' ballast water that arrive at Colombian ports.

During the first stage of the project executed during year 2002, samples of 12 international ships that arrived at the Cartagena Bay were analyzed determining the bacterial, phytoplanktonic and zooplanktonic components.

In the samples were found pathogenic bacteria like *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella* sp, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Enterobacter* sp, *Klebsiella pneumoniae* and *Aeromonas hydrophilla*. As well, were found phytoplanktonic species not previously recorded in the bay like the diatoms *Chaetoceros messanensis*, *C. glandazzi*, *C. tortissimus*, *Odontella aurita*, *Hemidiscus cuneiformis*, *Ditylum brightwelli*, *Paralia sulcata*, *Planktoniella sol*, *Asterionellopsis glacialis* and *Pseudoeunotia doliolus* and silicoflagellate *Dictyocha polyaetis*. Also were found zooplanktonic species not previously recorded in the bay like the copepods *Eucalanus elongatus*, *Euterpina acutifrons*, *Lucicutia clausi*, *Oithona ovalis* and *O. plumifera*, *Sagitta planctonis* chaetognat and *Lucifer typus* decapod.

R. RENDON

T. VANEGAS

P.C. TIGREROS

CENTRO DE
INVESTIGACIONES
OCEANOGRÁFICAS E
HIDROGRÁFICAS CIOH
Cartagena

CIOH

www.cioh.org.co

>> Introducción

La construcción de buques cada vez mas grandes y rápidos que completan sus viajes en corto tiempo, combinado con el incremento del tráfico marítimo a nivel mundial, conduce a que las barreras naturales que impiden la dispersión de especies a través de los océanos hayan sido reducidas. Se estima que las embarcaciones mueven cerca del 80% de las mercancías y transfieren alrededor de 10 billones de toneladas de aguas de lastre alrededor del globo cada año, facilitando el desplazamiento de grandes biomásas de plancton entre los puertos (Ballast Water News, 2000). Esta actividad ha brindado al plancton una vía de expansión a la cual se le prestó atención hasta el momento en que se detectaron los efectos perjudiciales que esto generaba, siendo identificada por la Agencia Global del Medio Ambiente (Global Environment Facility, GEF) como uno de los principales problemas de los océanos del mundo.

La Organización Marítima Internacional (OMI) junto con la GEF y a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (United Nations Development Programme, UNDP) asiste a los países en desarrollo para reducir la transferencia de especies marinas invasoras por medio del Programa de Manejo de Aguas de Lastre (Global Ballast Water Management Programme, GLOBALLAST). Mediante la resolución A.774 (18) la OMI reconoció que la descarga no controlada del agua de lastre y sedimentos desde las embarcaciones ha ocasionado la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos que han causado daños a la salud pública, los bienes y el medio ambiente. Dichos organismos se encuentran como microalgas, huevos, estadios de resistencia, larvas o en alguna etapa de su desarrollo vital. Como consecuencia, la OMI aprobó la resolución A.868(20) de 1997 titulada "Directrices para el

control y la gestión del agua de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos", solicitando a los gobiernos tomar las medidas necesarias para aplicarlas, sin embargo, al no ser de carácter obligatorio son pocos los países que las han implementado.

Conforme a Wittenberg y Cock (2001) no se puede llegar a generalizar con el nombre de invasoras a todas las especies introducidas a un nuevo ambiente ya que muchas de ellas persisten en este entorno, adaptándose al equilibrio ecosistémico sin causar la extinción o perjuicio a otras especies; por el contrario, logran un aumento en la biodiversidad del mismo.

Colombia, siendo un país con tan grandes riquezas por explotar debe tomar conciencia a tiempo para implementar o adoptar las diferentes reglamentaciones sobre aguas de lastre dadas por la OMI, sobre todo si se tiene en cuenta el amplio volumen de tráfico marítimo que a diario recorre sus costas, pues de esto dependerá tanto la armonía de la biodiversidad como el mantenimiento de los recursos naturales explotables que hacen parte de la economía colombiana en desarrollo.

>> Área de Estudio

La primera fase del presente proyecto tuvo lugar en la Bahía de Cartagena localizada en la parte central del Caribe de Colombia entre los $10^{\circ}26'$ $10^{\circ}16'$ N y los $75^{\circ}30'$ $75^{\circ}36'$ W (Figura 1). Su profundidad promedio es de 16 m y abarca una superficie de 82 km². Presenta dos entradas de aguas oceánicas, Bocagrande localizada al norte y la entrada sur con tres estrechos dentro de los cuales el canal de navegación constituido por Bocachica es el más importante desde el punto de vista hidrodinámico de renovación de las aguas debido a sus mayores profundidades (Garay, 1997). Al sur se encuentra la desembocadura del Canal del Dique, componente artificial del sistema fluvial del río Magdalena, que aporta aguas continentales causantes de los más grandes cambios morfológicos en la bahía, al introducir elementos sedimentológicos adicionales que obligaron a que ésta comenzara a comportarse como un estuario típico en donde dominan condiciones de agua de mezcla.

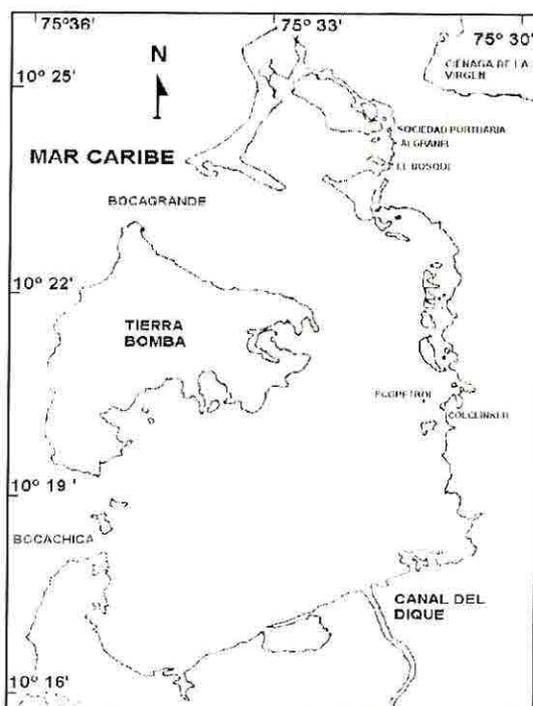


Figura 1. Ubicación de los muelles de la Bahía de Cartagena donde los buques fueron muestreados.

El clima de la región está determinado por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Durante los meses de febrero a abril, los vientos Alisios dominantes del Nor-Noreste soplan con intensidad dando lugar a una época seca, mientras que de septiembre a octubre disminuyen su fuerza presentándose una época de lluvias (Tuchkovenko et al., 2002).

Cartagena es uno de los puertos de mayor importancia en el Caribe colombiano. Para el año de 1997 existían 56 muelles entre oficiales y privados de tipo petrolero, pesquero, recreacional, de turismo, astilleros, para carga y descarga de combustibles y productos químicos, para carga general y contenedores y de actividades varias.

Según Garay y Giraldo (1997), debido a la cantidad de tráfico marítimo es de esperar que se enfrenten problemas de contaminación por la operación de buques y muelles debido, entre otras razones, a vertimientos voluntarios e involuntarios de residuos líquidos de los buques fondeados o en movimiento, donde se incluyen sentinas, lodos semisólidos, lastres, combustibles y aguas residuales, convirtiéndose en una fuente adicional de contaminación directa externa para la bahía.

>> Materiales y Métodos

La toma de muestras se realizó en cinco muelles de la ciudad de Cartagena de Indias D.T. Y C. (Figura 1), en donde se recolectaron muestras de agua de lastre correspondientes a dos de 12 buques de tráfico internacional. La procedencia y el tipo de buques que fueron tenidos en cuenta para el presente estudio se encuentran relacionados y descritos en la Tabla 1.

Buque	Procedencia del agua de lastre	Tipo de buque
M/T VRITI AMETHYST	Panamá	Tanquero
LPG VIATOR	Las Minas (Panamá)	Gasero
SAN SEBASTIAN	Kingston (Jamaica)	Tanquero Combustible
MARGRANEL	Kingston (Jamaica)	Cementerero
JO MAPLE	Santo Tomás (Guatemala)	Tanquero Químico
CIELO DEL CARIBE	Guayaquil (Ecuador)	Carguero
SEA PUMA	Miami (Estados Unidos)	Carguero
PANTELIS P	Salvador	Cementerero
CIELO D'AMERICA	Puerto Caldera (Costa Rica), Manzanillo (Panamá)	Carguero Containero
CSAV CALLAO	Manzanillo (Panamá)	Carguero Containero
RADESINGEL	Port Everglades (Estados Unidos)	Carguero Containero
MV CALA PANAMA	Los Santos (Brasil), Barranquilla (Colombia), Santo Tomás (Guatemala)	Carguero Containero

Tabla 1. Procedencia del agua de lastre en los diferentes buques muestreados durante el proyecto.

La toma de muestras en las embarcaciones es diferente al muestreo en el medio ambiental natural, este proceso no es siempre sencillo y es altamente variable entre embarcaciones, es así como durante la primera fase del proyecto se presentaron cuatro variantes a la hora de realizar los muestreos en los tanques de aguas de lastre (Figura 2). De manera general las muestras para el análisis cuantitativo de los componentes microbiológico y planctónico se recolectaron mediante botella Niskin de 6 lt. de capacidad o recipiente volumétrico de 12 lt..

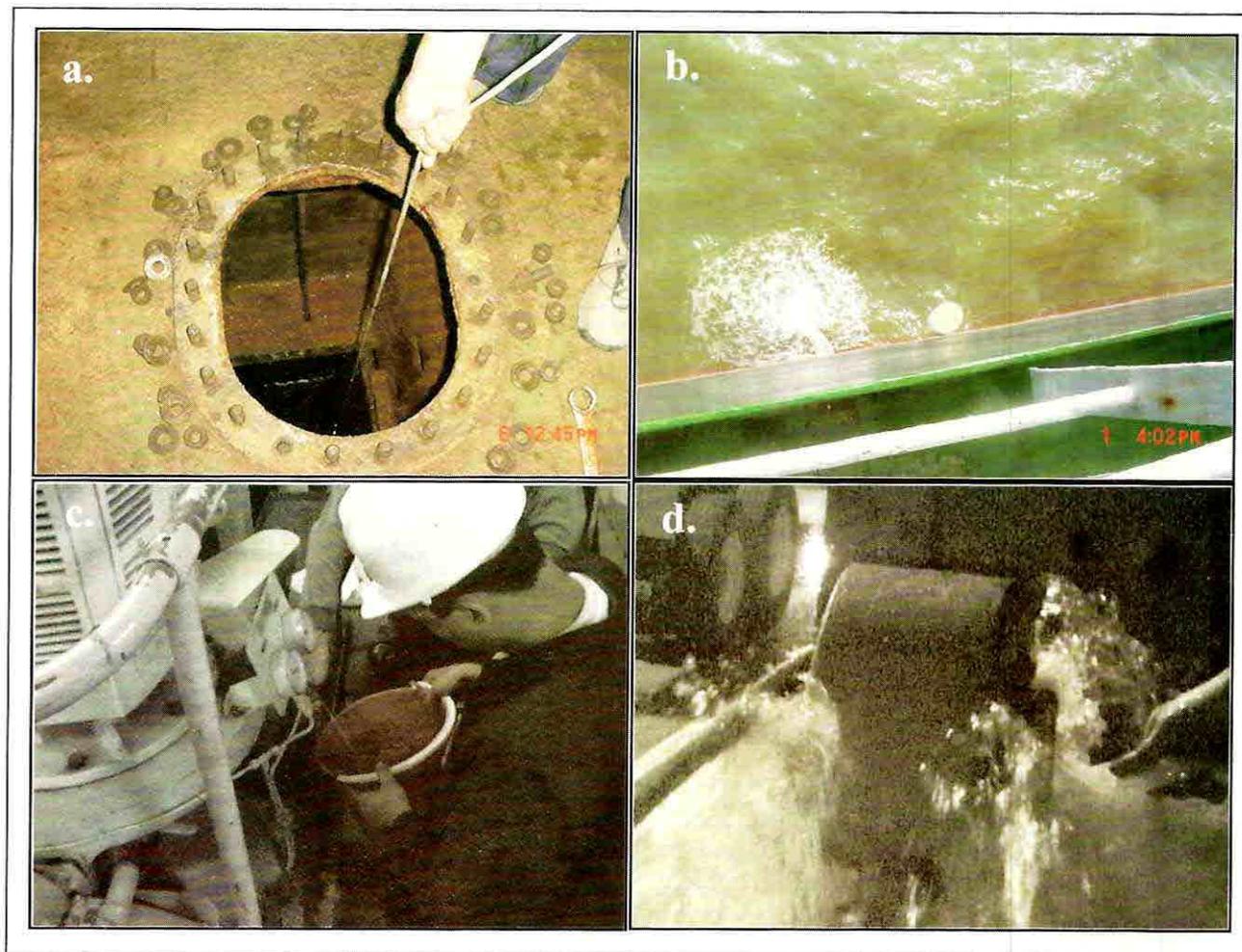


Figura 2. Mecanismos de acceso a los tanques de aguas de lastre. a) Buque cementero MARGRANEL mediante los manholes. b) Buque tanquero M/T VRITI AMETHYST al momento de ser deslastrado al exterior. c) Buque carguero SEA PUMA mediante las bombas de lastre. d) Buque containerero M/V CALA PANAMA al momento de ser deslastrado en cubierta.

>> Comunidad Bacteriana

Las muestras recolectadas fueron almacenadas en neveras de icopor con hielo para su transporte hasta el laboratorio. Las muestras fueron procesadas para la identificación de las siguientes bacterias:

Coliformes totales y *Escherichia coli*, empleando agar Chromocult y confirmando las colonias presuntivas de *E.coli* mediante prueba de indol en caldo Triptófano y crecimiento a $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

Pseudomona sp., utilizando agar base para *Pseudomona* adicionado con suplemento selectivo CFC y confirmando con prueba oxidasa.

Vibrio sp., en agar TCBS selectivo y sometidas a test de oxidasa, arginina dihidrolasa e hidrólisis de la esculina.

Salmonella sp y *Shiguella sp.*, sembrando en caldo Tetratonato y confirmando con pruebas bioquímicas (movilidad, indol, citrato, TSI, LIA).

Enterobacterias patógenas, empleando agar VRB, aislamiento en agar EMB, sometiendo a pruebas bioquímicas (movilidad, indol, citrato, TSI, LIA) y finalmente identificando con el sistema API 20E.

Comunidad fitoplanctónica

Las muestras se filtraron *in situ* en colectores de 55 micrometros de poro de malla y se fijaron con formalina al 4% neutralizada con glicerina y bórax. La identificación de los organismos se realizó hasta el nivel taxonómico de especie mediante la observación en barrido de 3 alícuotas montadas en placa SR (Sedgwick Rafter), cada una con un volumen de 2 ml, empleando un microscopio óptico con ocular de 25 X y objetivos de 5 X y 10 X. En caso necesario los organismos se extrajeron y fueron analizados a mayores aumentos.

Comunidad zooplanctónica

Se siguió el mismo procedimiento de colecta utilizado en el caso del fitoplancton. Aunque estos métodos de muestreo son poco usuales para el análisis cuantitativo de esta comunidad, se debió recurrir a ellos debido al acceso restringido, y en algunos casos imposibilidad de acceso a los tanques de lastre. De igual manera, aunque se lograra introducir una red de zooplancton, estos compartimentos poseen una serie de accesorios, tipo escaleras, en los cuales se corre el riesgo de enredar y perder el material empleado para la toma de la muestra.

La composición de taxa de la muestra se estableció observándola en su totalidad o por medio de alícuotas utilizando una placa Bogorov de 4 ml con ayuda de un estereoscopio de 10 a 40 X y un microscopio óptico, hasta la categoría taxonómica más baja posible. Para validar el método se utilizaron curvas de diversidad acumulada, en las cuales se empleó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') (Ludwig y Reynolds, 1988).

Comunidad bacteriana

En las muestras de aguas de lastre analizadas se detectó la presencia de Coliformes totales, *E.coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella sp*, *Proteus mirabilis*, *P.vulgaris*, *Enterobacter sp*, *Klebsiella pneumoniae* y *Aeromona hydrophilla*.

Comunidad fitoplanctónica

En los tanques de lastre se identificaron 86 especies de diatomeas, 19 de dinoflagelados, 3 de silicoflagelados, 6 de cianofitas y 2 de clorofitas, además de 5 morfotipos de estructuras de resistencia de dinoflagelados. A excepción de las diatomeas *Chaetoceros messanensis*, *C.glandazzi*, *C.tortissimus*, *Odontella aurita*, *Hemidiscus cuneiformis*, *Ditylum brightwelli*, *Paralia sulcata*, *Planktoniella sol*, *Asterionellopsis glacialis* y *Pseudoeunotia doliolus* y del silicoflagelado *Dictyocha polyaetis* todas las especies encontradas en los tanques de lastre han sido reportadas previamente para la Bahía de Cartagena. En aguas del Caribe colombiano estas diatomeas no se consideran entre las de mayor abundancia y a excepción de *Ditylum brightwelli*, *Paralia sulcata*, *Planktoniella sol* y *Asterionellopsis glacialis* su información es escasa; sin embargo para el mar Caribe han sido reportadas por Navarro y Hernández-Becerril (1997).

Se encontraron estructuras de resistencia pertenecientes al grupo de los dinoflagelados, pero la especie no se pudo determinar ya que para esto se requiere del proceso de germinación de los mismos.

Comunidad zooplanctónica

En los tanques de lastre fueron identificados 46 morfotipos distribuidos en 39 especies, 3 estadios naupliares de copépodos, 1 de Penaeidae, 1 de Brachyura, 1 de Mollusca y 1 de Anellida. Se encontraron especies que potencialmente pueden ser introducidas a la

Bahía de Cartagena como son los casos de la Clase Copepoda en donde se incluyen *Eucalamus elongatus*, *Euterpina acutifrons*, *Lucicutia clausi*, *Oithona ovalis* y *O.plumifera*, el chaetognato *Saggita planctonis* y el decápodo *Lucifer typus*.

>> Análisis de Resultados

Comunidad bacteriana

El riesgo potencial para la salud pública de las bacterias tenidas en cuenta en el presente proyecto, radica en la capacidad que tienen algunos géneros de sobrevivir aun después de varios días de haber sido capturadas y de estar enfrentados a las condiciones adversas que se pueden presentar en los tanques de aguas de lastre como son los valores altos de salinidad y temperatura y los valores bajos de oxígeno.

La identificación de *E.coli* en las aguas de lastre de 11 de los 12 buques monitoreados evidencia que el agua recibió contaminación fecal. Esta bacteria, gracias al antígeno K que permite su adherencia al intestino delgado, se desarrolla en el ser humano y otros animales homeotermos y por lo tanto su presencia en el agua indica este tipo de contaminación (Tuchkovenko y Rondón, 2002). Posiblemente el lastre fue tomado en cuerpos de agua con influencia de aguas residuales domésticas, en donde igualmente, la presencia de virus, bacterias y protozoos puede ser la causa de problemas de salud pública y por ello debe ser manejada con precaución ya que al ser descargada en la bahía representa un factor potencial de riesgo, convirtiendo al agua de lastre en otro factor de contaminación de este cuerpo de agua.

El género *Pseudomona* es patógeno oportunista y causa infección cuando se presenta inmunodeficiencia o heridas en la piel. Se desarrolla bien en ambientes húmedos y se ha visto implicada como causante de otitis en nadadores. *Paeruginosa* se asocia con infecciones del tracto urinario y respiratorio (Madigan *et al*, 1999).

Los Vibrios son en su mayoría acuáticos y se encuentran en hábitats marinos. *V.cholerae* es considerado patógeno, se transmite a través del agua y posee una enterotoxina causante del cólera, manifestándose en un cambio en el equilibrio iónico que genera una importante pérdida acuosa por parte del organismo afectado y que puede desencadenar una deshidratación extrema y muerte sino se realiza el tratamiento adecuado y oportuno (Madigan *et al*, 1999). Recientemente se ha descubierto que *V.cholerae* puede invadir algunas especies de algas, las cuales entran a un estado de dormancia a la espera de condiciones favorables que faciliten su reactivación como agente infeccioso (Monroe y Colwell, 1996).

La *Salmonella* causa en los seres humanos la fiebre tifoidea y la gastroenteritis. Los géneros *Proteus* y *Enterobacter* se asocian con patologías del tracto urinario. Las Klebsiellas se encuentran corrientemente en el suelo y en el agua, la especie *K.pneumoniae* es la causante de neumonía en los humanos. Las Aeromonas se han encontrado como causantes del deterioro microbiano de carnes frescas, aves y pescado (Madigan *et al*, 1999).

De acuerdo a Casale (2002), la presencia de estas bacterias es una evidencia razonable para concluir que los patógenos son transportados en las aguas de lastre. Aunque existen reportes sobre la relación entre estos patógenos y las enfermedades humanas, el grado en el cual estas se desarrollan en las poblaciones costeras como resultado de la transmisión de patógenos alóctonos no ha sido totalmente evaluado y solo recientemente los países han prestado un interés en la posibilidad de que su población sea afectada por este tipo de patógenos humanos.

Comunidad fitoplanctónica

Es complicado definir si las especies reportadas en las aguas de lastre puedan convertirse en bioinvasoras, nocivas o tóxicas. La comunidad científica se refiere a estos eventos como Floraciones Algales Nocivas FAN (Harmful Algae Blooms, HABs). Para Reguera (2002) cualquier especie fitoplanctónica que alcance

densidades formadoras de manchas constituye un peligro potencial para los peces cultivados en jaulas flotantes o para los organismos bentónicos sí: 1) Posee apéndices espinosos que erosionan físicamente e irritan las agallas de los peces, aumentando el riesgo de infecciones patógenas, 2) Segrega sustancias mucilaginosas que vuelven viscosa el agua de mar afectando el sistema filtrador/branquial de los organismos u ocasionan acumulaciones de espuma en las playas, 3) Alcanza altas densidades alterando los niveles de oxígeno, pH y nutrientes del medio; o por su biomasa hace disminuir la penetración de la luz afectando negativamente a los productores bentónicos y 4) No es consumida por los herbívoros y al morir libera niveles importantes de amonio o causa fermentaciones del fondo.

Los registros históricos del fitoplancton de la Bahía de Cartagena han reportado especies que bajo las condiciones propicias, resultarían formadoras de eventos FAN, aunque los reportes de casos en que estos eventos han sucedido son escasos; sin embargo, esto puede ser reflejo del poco interés prestado hacia este tema. Por lo tanto, no todos los casos de FAN que se han presentado o se presenten en la bahía deben ser atribuidos a los organismos acarreados en las aguas de lastre. No obstante, no se debe dejar de prestar atención a esta importante vía de transporte de bioinvasores ya que en muchos casos se ha comprobado su responsabilidad en la transferencia de organismos que han causado daños ecológicos, económicos o de salud pública en los ecosistemas tropicales, como los expuestos por Mack *et al.*, (2000) y Wittenberg y Cock (2001). Es posible que cierto porcentaje de los organismos autótrofos que viajan en los tanques de lastre mueran debido a las condiciones de oscuridad; sin embargo, parámetros adicionales tenidos en cuenta en el proyecto como son la concentración de pigmentos fotosintéticos y de nutrientes reflejan la presencia de fitoplancton vivo. Si esto es así, esta comunidad potencialmente puede soportar al zooplancton no siendo extraño que estos organismos se encuentren vivos al momento del muestreo. Con estos procesos tróficos se soporta la biota de los tanques y por lo tanto el espectro de organismos bioinvasores se amplía.

Comunidad zooplanctónica

No es atípico que el mayor número de organismos encontrados en los tanques de lastre pertenezcan a la Clase Copepoda ya que este grupo alcanza porcentajes de entre 60 y 80% del total de la biomasa zooplanctónica tanto en regiones oceánicas como neríticas del mundo (Björemberg, 1981; Raymont, 1983). Debido a su gran abundancia, constituyen una parte considerable en la alimentación de muchas especies de medusas, sifonoforos y chaetognatos y algunas de interés comercial como es el caso de los peces, afirmando así la importancia de su función en el ecosistema y teniendo un efecto directo sobre las pesquerías de una región (Alvariño, 1980).

Para Campos y Suarez (1994), la probabilidad de establecimiento en el ecosistema marino de los copépodos introducidos no solo implica el riesgo de alteración en los eslabones tróficos. En zonas tropicales de alta productividad se ha evidenciado una asociación entre la posible introducción de enfermedades y algunos copépodos debido a que partes del cuerpo de estos organismos, como son la base de las antenas y de las patas natatorias, sirven de sustrato para que se acumulen bacterias patógenas como *V.cholerae*.

El Phylum Chaetognata estuvo representado en las aguas de lastre por la especie *Sagitta planctonis*. Al pertenecer a uno de los grupos carnívoros del plancton podría influir en la depredación de otros grupos zooplanctónicos, por lo tanto la acción trófica de este Phylum en un medio ambiente que no este adaptado a su presencia podría traer consecuencias al desarrollo normal de las funciones que cumplen todos los individuos del ecosistema. A este respecto Ciechowski (1981) encontró que los chaetognatos son los responsables de las altas mortalidades de las primeras etapas del ciclo de vida de los peces (huevos y larvas) logrando incidir directamente en la fuente de ingresos de la comunidad pesquera de una región.

De manera adicional se observó la larva de la Clase Brachiopoda *Pelagodiscus* sp. Esta larva

es poco común en las muestras de plancton. Wickstead (1965) la describe para aguas tropicales costeras y poco profundas. Aunque se conoce poco a cerca de la ecología de este individuo, el aspecto importante de esta observación es que al igual que *Pelagodiscus* sp muchas otras especies meroplánctónicas cumplen parte de su desarrollo vital en las aguas de lastre como en el caso de las larvas de Brachyura, Pelecypoda y Polychaeta, aunque estas no constituyeron reportes nuevos para la bahía. Por lo tanto, si no mueren durante el viaje, al ser descargadas se encuentran en un estado de desarrollo avanzado que les puede brindar una ventaja selectiva sobre aquellos organismos que se encuentran en las primeras etapas de vida.

La primera fase de este proyecto identifica la problemática de las aguas de lastre. Es claro el papel que pueden desempeñar en la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y de agentes patógenos. El número de estos organismos que se reportaron durante el proyecto puede verse incrementado significativamente si se tiene en cuenta que el rango geográfico de los buques monitoreados se enmarca dentro de puertos ubicados sobre el Mar Caribe y solo uno contenía agua de lastre del Pacífico. A los puertos de Colombia arriban buques procedentes de áreas geográficas con características oceanográficas diferentes a las del Caribe y por lo tanto la composición biótica de sus aguas difiere de la nuestra. Si dichas aguas sirven de lastre, como evidentemente lo es, estos buques deben ser tenidos en cuenta para ampliar el conocimiento de las bioinvasiones en el país.

>> Conclusiones

Se evidencia una nueva fuente de contaminación para la Bahía de Cartagena, la cual hasta el momento había sido ignorada, constituida por las aguas que sirven de lastre a los buques de tráfico internacional las cuales se convierten en el medio de introducción de bacterias patógenas, además de especies fitoplanctónicas y zooplanctónicas.

Los diferentes organismos encontrados en las aguas de lastre de los buques de tráfico internacional reportados como especies que potencialmente pueden ser introducidas a la Bahía de Cartagena pueden representar inconvenientes en la conformación natural del ecosistema marino si llegaran a sobrevivir, asentarse y reproducirse en las condiciones de este nuevo hábitat.

Además de las especies nuevas que potencialmente pueden ser introducidas, se detectó la presencia de organismos que hacen parte de la flora y fauna autóctonas de la Bahía de Cartagena, sin significar que no causen ningún tipo de efecto perjudicial ya que cada ecosistema está en la capacidad de albergar y mantener una cierta cantidad de organismos, y esta carga adicional puede incidir sobre el equilibrio ecosistémico.

El riesgo de enfermedades que acarreen problemas para la salud pública de la población residente y turística de Cartagena, se incrementa teniendo en cuenta que algunos organismos planctónicos actúan como vectores de introducción de individuos nocivos o agentes patógenos.

El problema de las bioinvasiones mediadas por el agua de lastre de los buques que arriban a la Bahía de Cartagena y sus consecuencias se pueden extrapolar a los diferentes puertos ubicados sobre las costas del Mar Caribe y Pacífico colombianos magnificando esta problemática.

>> Bibliografía

Alvariño, A. The relation between the distribution of zooplankton predators and anchovy larvae. CaICOFI Rep., 1980, 21:150-160.

Ballast Water News. Global Ballast Water Management Programme. Issue 1, 2000.

Björemberg. Development stages of some tropical and subtropical planktonic marine copepods. Studies on the fauna of Curaçao and other copepods. Studies on the fauna of Curaçao and other Caribbean islands. Brasil, 1981, N°136.

Campos, A. y E. Suarez. Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe. I. Biología y sistemática. Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). México, 1994, 353 p.

Casale, G. Ballast water-a public health issue?. Ballast Water News. Global Ballast Water Management Programme. Issue 8, 2002.

Ciechowski, J. Ictioplancton. En: Boltovskoy (ed) Atlas del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial INIDEP. Mar del Plata, 1981, 936 p.

Garay, J. A. Estudio de la contaminación por plaguicidas, hidrocarburos y eutroficación en lagunas costeras del Caribe colombiano Fases I y II. Bahía de Cartagena, 1996-1997. Fondo para el Medio Ambiente Mundial Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Oficina de Servicio de Proyectos de Naciones Unidas (UNOPS), Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH). GEF/RLA/93/G41 UNOPS-CIOH, Cartagena, 1997, 133 p + anexos.

Garay, J.A. y L.N. Giraldo. Influencia de los aportes de materia orgánica externa y autóctona en el decrecimiento de los niveles de oxígeno disuelto en la Bahía de Cartagena, Colombia. Bol. Cient. C.I.O.H., 1997, 18: 1-13.

Ludwig, J. y J. Reynolds. Statistical Ecology. A primer on methods and computing. Jhon Wiley and Sons. New York, 1988, 337 p.

Mack, R.N., D. Simberloff, W.M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout, y F.A. Bazzaz. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. Ecological Applications, 2000, 10(3): 689-710.

Madigan, M., J. Martinko y J. Parker. Biología de los microorganismos, 8ª edición. Prentice Hall, INC. España, 1999, 986p.

Monroe, P.M. y R.R. Colwell. Fate of *Vibrio cholerae* 01 in seawater microcosms, 1996. In: Casale, G. Ballast water-a public health issue?. Ballast Water News. Global Ballast Water Management Programme. Issue 8, 2002.

Navarro, J.N. y D.U. Hernández-Becerril. Listados florísticos de México. XV. Check-list of marine diatoms from the Caribbean sea. Instituto de Biología. UNAM, 1997, 47 p.

Raymont, J. Plankton and productivity in the oceans. Vol II. Zooplankton. Pergamon Press Ltd. New York, 1983, 660 p.

Reguera, B. Establecimiento de un programa de seguimiento de microalgas tóxicas. En: Sar. E.A., M.E. Ferrario y B. Reguera. (eds.). Floraciones algales nocivas en el cono sur americano. Instituto Español de Oceanografía, 2002, 311 p.

Tuchkovenko, Y; S. Lonin y L. Calero. Modelo de eutroficación de la Bahía de Cartagena y su aplicación Práctica. Bol. Cient. C.I.O.H., 2002, 20: 28-44.

Tuchkovenko, Y. y S. Rondón. Estudio del comportamiento de la contaminación bacteriana en la bahía de Cartagena. Bol. Cient. C.I.O.H., 2002, 20: 56-67.

Wickstead, J. An introduction to the study of tropical plankton. Hutchinson Tropical Monographs. London, 1965.

Wittenberg, R., y M.J.W. Cock. (eds.). Invasive alien species: A toolkit of best prevention and management practices. CAB International, Wallingford, Oxon, U.K., 2001, XII - 228 p.

CIOH

www.cioh.org.co