



ARTÍCULO

## Caracterización del zooplancton en el agua de lastre de los buques internacionales que arriban al puerto de Santa Marta (Caribe colombiano)

### Zooplankton characterization in ballast water from international vessels arriving at Santa Marta port (Colombian Caribbean)

Fecha recepción: 2008-07-16 / Fecha aceptación: 2008-09-01

Mónica Montoya Aguirre, mmontoyaaa@yahoo.es  
Mendy Calero Navarro, mendycalero@yahoo.mx  
Carolina Uribe Acosta, uribeacosta\_carolina@yahoo.es  
Universidad del Magdalena  
Instituto de Investigaciones Tropicales INTROPIC  
Santa Marta, D.T.C.H.

### Resumen

Entre enero y septiembre de 2006 se monitorearon las aguas de lastre de 34 buques internacionales que arribaron a la zona del Puerto de Santa Marta (Caribe colombiano), con el fin de determinar su composición biológica, estableciendo cuáles especies no se encontraban reportadas para el área. Para ello, se efectuaron evaluaciones del zooplancton, así como mediciones de la salinidad, una valoración preliminar de riesgos de las especies y análisis de los formatos A.868 (1997) de la IMO. Entre los resultados, se ubicaron 25 puertos fuente de los cuales provenían buques del tipo Bulk carrier, Cape Size y General Cargo (97%), Oil tanker (2%) y Container (1%). De igual manera, se identificaron 56 especies, de las cuales 34 se definieron como nativas al figurar como reportadas para la región de Santa Marta y Caribe colombiano, 20 exóticas y dos criptogénicas. De otro lado, las mediciones de salinidad sugirieron que, en general, la mayor parte de las muestras analizadas provenían de áreas templadas, tropicales y subtropicales, con tendencia a ser marinas y costeras (30 – 31 UPS) y algunas estuarinas o dulces (<0.5 – 29 UPS). El análisis de los formatos A.868 (1997) de la IMO, permitió también establecer tiempos de confinamiento y métodos de recambio a bordo y su correlación con la abundancia del zooplancton.

**Palabras claves:** Agua de lastre, especies, zooplancton, buques, puertos, Santa Marta, Caribe colombiano.

### Abstract

Between January and September 2006 the ballast water was sampled from 34 international vessels that arrived in Santa Marta Port (Colombian Caribbean). The biological composition of the water was analyzed to look for species of zooplankton that have not been previously reported in the area. To achieve this, a zooplankton community characterization was made, together with salinity measurements, a preliminary risk assessment of species and an analysis of A.868 (1997) IMO formats. 25 source ports were determined for the vessels type Bulk Carrier, Cape Size and General Cargo (97%), Oil tanker (2%) and Container (1%). 56 species were identified, of which 34 were natives to Santa Marta and the Colombian Caribbean Region, 20 exotics and two cryptogenics. The salinity measurements suggested that, in general, most of samples came from temperate, tropical and

subtropical areas, seeing marine and coastal water (30 - 41 UPS), estuarine or freshwater (< 0.5 to 29 UPS). The analysis of A.868 (1997) IMO formats, also helped to establish confinement times and methods of exchange, and its correlation with the abundance of zooplankton.

**Key words:** Ballast water, species, zooplankton, Santa Marta, Colombian Caribbean.

## Introducción

La tendencia de la globalización en la economía mundial y el incremento en la demanda del transporte marítimo, han hecho que las barreras naturales y los patrones de distribución de especies que definen las biorregiones, sean también sobrepasados con la transferencia de toneladas de agua que llevan los buques en tanques de lastre [1,2]. Se estima que anualmente cerca de 10 billones de toneladas de esta agua acarrearán entre 3000 a 5000 organismos representados en diferentes formas de vida (bacterias, microalgas, peces, moluscos, crustáceos, entre otros), los cuales han demostrado viabilidad y sobrevivencia a pesar de los cambios drásticos de confinamiento a los que son sometidos. Después de la destrucción de hábitat, la introducción de especies es considerada por varios autores como la segunda causa de pérdida en biodiversidad [2] y una de las primeras cuatro amenazas para los océanos en el mundo [3-5].

Una especie nativa o exótica, autóctona, no nativa, no indígena, naturalizada o inmigrante, entre otros términos, se considera nociva o invasora, cuando genera un impacto negativo en un área diferente a su origen al cual ha sido transferida o trasladada [5,6]. En la mayoría de los casos, esta introducción de especies ha ocasionado graves problemas y daños en la salud pública, los recursos pesqueros, el turismo, la recreación, bienes e infraestructura y la ecología (cambios en la biota y pérdida de la biodiversidad) con sus respectivas repercusiones económicas [5,7,2].

En lo referente a la salud humana, se ha predicho que la transferencia de organismos patógenos vía agua de lastre se triplicará en la próxima década ante el incremento del comercio exterior y, por consiguiente, de la actividad marítima. Al respecto, se considera que los países en desarrollo serán los más vulnerables, debido a la globalización de la economía y el

desarrollo de nuevos mercados [8]. Un caso concreto fue el inicio de la epidemia del cólera en Latinoamérica en 1994, al ingresar por puertos peruanos la bacteria *Vibrio cholerae* luego de un siglo de estar ausente. Esta enfermedad se extendió rápidamente en Ecuador, Colombia, Chile, Argentina y Brasil, pasando luego a cerca de 21 países [3,9].

La introducción de especies vía agua de lastre se reconoció por primera vez en 1903, después de aparecer un *bloom* de algas de origen asiático en el mar del Norte, pero hasta 1970 fue cuando realmente se observó como un verdadero problema. En 1973, se adoptó el primer Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por Buques (MARPOL 73/78), en la que se aprobó una resolución según la cual “puede darse el caso del agua de lastre tomada en lugares que tal vez contengan bacterias de enfermedades epidémicas y cree, al ser descargada en otra área del mar, el peligro de la propagación de dichas enfermedades a otros países” [resolución 18] [3]. Lo anterior, aunado a un sinnúmero de esfuerzos hechos por la IMO en los años siguientes, permitieron el reconocimiento del problema y la creación de las Directrices para el Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques [resolución A.868(20) 1997]. Estos avances continuaron en el 2000 con la creación del Programa Globallast, cuyo objetivo es asistir a los países en desarrollo en reducir la transferencia de especies invasoras, preparando un régimen de regulación que adopte el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques, el cual fue ratificado por IMO [10] en marzo de 2004.

En Colombia ya se han reportado casos en los que sugieren al agua de lastre como vector. Tal es el caso del camarón *Hippolyte zostericola*, procedente de otras locaciones del Atlántico; el cangrejo *Charybdis helleri*, proveniente del Indo-Pacífico e Israel y el bivalvo *Electroma sp.* del Indo-Pacífico e Israel. Asimismo, se reporta al pez *Omobranchus punctatus* trasladado del Indo-Pacífico al noreste de la costa de Sur América (Springer y Gomon) [11].

A nivel internacional ya se han adelantado diversas investigaciones sobre el tema desde la década de los 70's. Entre los últimos reportados se encuentra la primera fase del proyecto del Programa Globallast (IMO/GEF/UNDP) en seis puertos pilotos ubicados en cada continente durante los años 2001 a 2004, siendo el de América en Puerto Sepetiba (Brasil). En

sus resultados obtenidos identificaron 25 regiones de varios puertos fuente de donde provenían 136 a 193 especies que fueron introducidas en Puerto Sepetiba, principalmente de Canadá (66 introducidas, 9 en sospecha y 10 nocivas), Estados Unidos (66 introducidas, 9 en sospecha y 10 nocivas) y Australia (39 introducidas, 4 en sospecha y 14 nocivas). Colombia también figuró con los Puertos de Santa Marta y Cartagena como origen de ocho especies introducidas, tres en sospecha y seis nocivas. De igual manera, identificaron algunos organismos con posible riesgo encontrados en el área marina y costera de Puerto Sepetiba, de los cuales 25 se reportaron como introducidos, 12 de ellos conocidos como nocivos y siete sospechosos nocivos [12].

En el ámbito nacional, el único estudio reportado hasta la fecha es el realizado por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas-CIOH en diferentes fases desde el año 2002 en el Puerto de Cartagena (13-15). Entre sus resultados identificaron 249 especies de fitoplancton y 118 de zooplancton, siendo en su mayoría reportes de la fauna y flora habitual de la Bahía de Cartagena. En lo concerniente a la ciudad de Santa Marta, el presente trabajo es el primero en realizarse en el departamento del Magdalena y segundo a nivel nacional, cuyo objetivo principal fue determinar la composición fitoplanctónica y zooplanctónica de las aguas de lastre de 34 buques internacionales que arribaron a la ciudad de Santa Marta (Caribe colombiano), estableciendo cuáles especies no se encontraban reportadas para el área (estado regional) y si poseían algún reporte de estado de amenaza en listados o bases de datos especializados. De esta manera, se logró contribuir al esfuerzo que ha venido haciendo el CIOH de la DIMAR para generar conocimiento base que permita tomar decisiones y crear un plan de acción nacional para la prevención y control de las bioinvasiones a través de las aguas de lastre.

### *Área de estudio*

El puerto de la ciudad de Santa Marta posee una jurisdicción marítima sobre 175 km de línea de costa en el Caribe colombiano, comprendida desde Cabo

San Agustín (11° 15'45" NL; 73° 45'30" WL) hasta el Punto "D" (11° 01'05" NL; 74° 36'20" WL) (figura 1) [19]. Actualmente, cuenta con cinco terminales portuarios (tabla 1) y 33 agencias marítimas que han contribuido a que figure como el primero en Colombia en exportar los mayores volúmenes de carbón. Al respecto, durante los años 2004 y 2005 el total de las exportaciones (25872396 toneladas) correspondieron al 96% del total de comercio exterior (27087161 ton), de las cuales el 97% fueron de carbón (26611247 ton). Entre sus actividades comerciales, sobresalen las exportaciones de granel seco (carbón, café, entre otros), banano (408.150 ton) y granel líquido (114597 ton). De otro lado, el total de importaciones para el mismo período correspondió al 4% del total de comercio exterior (1214765 ton), representado principalmente en vehículos y químicos [16,17].

Generalmente, los buques internacionales que arriban y zarpan en el área de jurisdicción son del tipo Dry/Liquid Bulk Carrier, General Cargo, Cape Size (carboneros), Oil/Chemical Tanker (tanqueros), Container y Reefer (contenedores), procedentes de Estados Unidos, Israel, Bélgica, Holanda, Alemania, Italia, Reino Unido, Francia, España, Suecia, Canadá, Puerto Rico, República Dominicana y Perú, registrándose un total aproximado de 1172 arribos durante el año 2006 [18,19].

La región de Santa Marta presenta características biofísicas típicas de áreas marinas y costeras tropicales, albergando ecosistemas de arrecifes de coral, manglares y pastos marinos. Entre diciembre y abril predomina un clima seco generado por los vientos Alisios provenientes del Noreste (NE).

Cuando se reduce el efecto de los Alisios se inicia luego la época de lluvias menores en mayo y las mayores precipitaciones entre septiembre y noviembre. Por su cercanía a la Ciénaga Grande de Santa Marta, la Sierra Nevada de Santa Marta y desembocaduras de algunos ríos (Gaira y Manzanares), presenta también influencia de aguas continentales que conducen a cambios fisicoquímicos del agua de carácter estuarino [21-23].

**Tabla 1.** Descripción general de los cinco terminales portuarios ubicados en la zona jurisdiccional de Santa Marta (Caribe colombiano) [18,20].

Terminal portuario	Ubicación	Descripción
Sociedad Portuaria de Santa Marta	11° 15' NL y 74° 13' WL, en el extremo Noroccidental de la ciudad de Santa Marta.	Exportador e importador. Operaciones de carga general a granel seco (carbón, café, entre otros), líquido (aceite vegetal) y en contenedores. Presenta siete muelles con calados de 70 a 120 pies (20 a 36m) y capacidad para buques de hasta 42000 toneladas.
Drummond Ltda.	Al sur de Punta Brava, 4 km del aeropuerto Simón Bolívar de la ciudad de Santa Marta.	Exportador. Únicamente para el cargue de carbón. Constituido por un único muelle con un calado máximo de 12 pies (4m), adecuado solo para remolcadores, botes de tripulación y barcazas. En éste se utiliza el método de transbordo de barcaza, la cual se carga de carbón desde el muelle para luego ser llevada hasta el buque receptor. La zona de fondeo de los buques internacionales se encuentra a 3.8 km de la línea de costa con una profundidad de 64 pies (19.5 m).
Ecopetrol S.A.	Al sur de la Bahía de Gaira en el sector de Pozos Colorados, a 8 millas Suroeste de la ciudad de Santa Marta.	Exportador. Únicamente para el cargue de petróleo crudo. Consta de siete boyas de amarre sujetas al lecho marino con anclas de fondeo y ubicadas a 2.3m de la línea de costa. Calado máximo de 45 pies (15m) y capacidad para tanqueros con eslora de hasta 400 m y manga de 35 m.
Prodeco S.A.	A 15 km de la ciudad de Santa Marta, en el sector conocido como Puerto Zúñiga.	Exportador. Únicamente para el cargue de Carbón. Ofrece dos zonas de fondeo ubicadas a 1.5 y 2.5 millas desde la línea de costa con una y cuatro boyas, respectivamente. Calado máximo aproximado de 63 pies (21 m) y capacidad máxima para buques Bulk Carrier con eslora de hasta 310 m, manga de 43 m y calado de 18m.
Sociedad Portuaria de Cié-naga S.A.	En el municipio de Ciénaga, kilómetro 64 (vía troncal del Caribe Barranquilla-Santa Marta).	Exportador. Únicamente para el cargue de carbón. Utiliza el sistema de grúas flotantes y transbordo de barcazas, ubicando los buques en zonas específicas de fondeo.

**Figura 1.** Ubicación del puerto de la ciudad de Santa Marta (Caribe colombiano) y de los terminales portuarios que se encuentran bajo su jurisdicción [19]. Los círculos azules ilustran una aproximación de las áreas de influencia del agua de lastre, en donde se ubican los muelles y/o boyas (zonas de fondeo), respectivamente.



## Metodología

### Tamaño de la muestra y selección del tipo de embarcaciones

Teniendo en cuenta que para la época de muestreo en la zona del puerto de Santa Marta aun no se tenían valores definidos sobre la cantidad de naves que deslastran al año, en el presente trabajo se planteó monitorear 34 buques durante enero a septiembre del año 2006, de acuerdo a las condiciones logísticas que se presentaban en la actividad marítima y portuaria de esta jurisdicción [24,25]. Una de ellas fue en materia de seguridad, pues la zona portuaria de Santa Marta es considerada bajo este aspecto como de “alto riesgo”, además que la mayoría de los buques a muestrear (carboneros) siempre se inspeccionan en la zona de fondeo donde no hay muelles que faciliten su acceso.

Los tipos de embarcaciones seleccionados fueron de tipo Bulk Carrier, Cape Size o General Cargo que son los que exportan carbón y siempre requieren descargar el volumen total de tanques de lastre en el Puerto de Santa Marta. En menor proporción se muestrearon dos Oil/Chemical Tanker que cargan aceite vegetal y sólo un buque Reefer (tabla 2). Las limitaciones logísticas presentadas en seguridad y tiempo en la zona de fondeo para visitar las naves influyeron en la definición de la cantidad de tanques de lastre por buque, muestreando solamente un tanque por embarcación [24,25].

### Monitoreos en los tanques de lastre a bordo de los buques

Los monitoreos se realizaron siguiendo a [25], [24], [26] y [27], los cuales variaron según la logística que tenía la nave y el puerto en el momento (tabla 2). En cada muestreo se solicitó una copia del formato A.868 (20) 1997 IMO [3] y se aplicaron los siguientes tres métodos de extracción de muestras a bordo, según disponibilidad logística del buque: extracción a través de la abertura del tanque o manhole, deslastrado en cubierta y extracción desde la bomba de lastre de los tanques.

Aunque Guisado [28] considera adecuado obtener un volumen mínimo aproximado de 5L por tanque, en todos los métodos de extracción se recolectaron 9L de agua de lastre en un recipiente volumétrico de plástico, con el fin de tener una mayor probabilidad de captura de organismos. En el método a través del

manhole, se efectuaron tres lances con botella van Dorn de 3L para recoger agua del fondo, profundidad media y superficie del tanque, hacer una mezcla y recolectar las muestras de zooplancton, las cuales se filtraron previamente con un tamiz de  $63\mu$  [25]. Durante esta fase de campo, también se midió *ex situ* la salinidad con un salinómetro marca Orión modelo 145At de precisión  $\pm 0.01$ .

### Caracterización del zooplancton

Las muestras fueron fijadas en laboratorio con una solución de formol y bórax al 4% diluida con agua de mar previamente filtrada, para luego efectuar un análisis cualitativo y cuantitativo mediante observaciones en placa Bogorov de 5 ml. Para ello, se recurrió a un esteroscopio marca LEIKA modelo z45v y microscopio marca Nikon modelo YS100, con cámara digital incorporada marca NIKON modelo Eclipse 2000 en aumentos de 4x, 10x y 40x. La identificación se efectuó hasta la taxa más baja posible siguiendo claves, reportes, bases de datos y listados internacionales especializados como los de [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36] y [37], entre otros. Para facilitar la visualización de estructuras se adicionó en algunos casos rosa de bengala y se aplicó la técnica de disección para los copépodos. En el análisis cuantitativo, la abundancia se calculó en términos de densidad, en número de individuos por litro (ind/L). El tratamiento de estos datos se dirigió a un análisis exploratorio, descriptivo y comparativo, recurriendo a valores de máximos y mínimos y coeficientes de variación.

De otro lado, a cada una de las especies identificadas se les realizó un análisis de riesgo preliminar y cualitativo, basado en el método propuesto por el Proyecto *Globallast* [12] en el que se tienen en cuenta los siguientes criterios para determinar el posible riesgo de una especie:

- **Estado regional.** A partir de la identificación taxonómica y de la biorregión de distribución se establece si la especie es: a) Nativa, b) Exótica o c) Criptogénica. Este último término se refiere a una especie con distribución geográfica desconocida (falta de información), generando ambigüedad en la definición de nativa o introducida [38].

- **Estado de amenaza.** Mediante registros en publicaciones, listados o bases datos institucionales o gubernamentales, verificar si la especie se reporta

**Tabla 2.** Buques internacionales monitoreados que arribaron al puerto de Santa Marta durante el año 2006, teniendo en cuenta el método de extracción de muestras: deslastrado en cubierta (n=15), manhole (n=17), bomba lastre (n= 2).

Código	Nombre del buque	Último puerto	Tipo de buque	Método de extracción
B1	Balder	Pto. Quetzal (Guatemala)	Bulk Carrier	Deslastrado cubierta
B2	Fantasy Star	Jacksonville (Florida, US)	Bulk Carrier	Bomba lastre
B3	Cape Carmel	Gibraltar y Hadera (Israel)	Cape Size	Deslastrado cubierta
B4	Bestore Tre	Mobile (Alabama, US)	Bulk Carrier	Manhole
B5	Genco Carrier	Newark (US)	Bulk Carrier	Manhole
B6	Castillo de San Jorge	Hamburgo (Alemania)	Bulk Carrier	Manhole
B7	Vera B	Río Haina (R/Dominicana)	Oil/Chemical Tanker	Bomba lastre
B8	King Fisher	Maracaibo (Venezuela)	Bulk Carrier	Manhole
B9	Cape Saturn	Hamburgo (Alemania)	Bulk Carrier	Deslastrado cubierta
B10	Dubai Faith	Puerto Plata (R/Dominicana)	Bulk Carrier	Deslastrado cubierta
B11	Panam Atlantic	Oquendo (Perú)	Oil/Chemical Tanker	Deslastrado cubierta
B12	Darya Bhakti	Puerto Everglades (Florida)	Bulk Carrier	Deslastrado cubierta
B13	Hansa Luebeck	Antwerp (Bélgica)	Reefer/Container	Manhole
B14	Penelope	Ámsterdam (Holanda)	Bulk Carrier	Deslastrado cubierta
B15	Energy	New Orleans (US)	Bulk Carrier	Deslastrado cubierta
B16	Bestore tre	Mobile (Alabama, US)	Bulk Carrier	Manhole
B17	Estefanía	New Orleans (US)	Bulk Carrier	Deslastrado cubierta
B18	Ballangen	Brunswick, (US)	General Cargo	Deslastrado cubierta
B19	Ariana	Taranto (Italia)	General Cargo	Manhole
B20	Sheila Ann	Puerto Quetzal (Guatemala)	General Cargo	Manhole
B21	Gaia	Dunkerque (Francia)	Bulk Carrier	Manhole
B22	Sophie Oldendorff	Las Mareas (Puerto Rico)	Bulk Carrier	Manhole
B23	Gdansk	Brayton Point (US)	Bulk Carrier	Manhole
B24	Epos Breeze	Mobile (Alabama, US)	Bulk Carrier	Manhole
B25	Christoffer Oldendorff	Mobile (Alabama, US)	Bulk Carrier	Manhole
B26	Energy Enterprise	Newport News (US)	Bulk Carrier	Deslastrado cubierta
B27	Willi Salamon	Charleston (US)	Bulk Carrier	Bomba lastre
B28	Cape Condor	Immingham (Reino Unido)	Cape Size	Deslastrado cubierta
B29	Gypsum Centenal	Cementon (New York, US)	Bulk Carrier	Manhole
B30	Jadran	Mobile (Alabama, US)	Bulk Carrier	Manhole
B31	Epos Breeze	Mobile (Alabama, US)	Bulk Carrier	Manhole
B32	Sophie Oldendorff	Las Mareas (Puerto Rico)	Bulk Carrier	Bomba lastre
B33	CSL Atlantic	Manatee (Florida, US)	Bulk Carrier	Manhole
B34	Nymphe	Ashkelon (Israel)	Bulk Carrier	Deslastrado cubierta

como: a) No sospechosa, b) Sospechosa nociva o c) Nociva o invasora. Este estado de amenaza puede

estar definido también en niveles de la siguiente manera:

**a) Bajo:** Nivel establecido para especies que no han presentado un reporte de estado de amenaza especial pero que ya han sido reportadas como “introducidas” en al menos una biorregión y adicionadas por primera vez a una base de datos.

**b) Medio:** Asignado a especies reportadas como “sospechosa nociva o invasora” y en las biorregiones donde figura como “nativa” e “introducida”.

**c) Alto:** Especies que son conocidas como “nocivas o invasoras” y se encuentran reportadas en publicaciones especializadas, listados y/o bases de datos institucionales o gubernamentales pertinentes.

Para dicho análisis se revisaron reportes, trabajos previos, listados y bases de datos globales en biodiversidad y de especies invasoras, tales como *Global Invasive Species Database, NAS - Nonindigenous Aquatic Species List, National Introduced Marine Pest Information System (NIMPIS), Nonindigenous Species in the Gulf of Mexico Ecosystem (NSGM), Marine Invader Tracking Information System, Aquatic Invasions Research Directory (AIRD), Global Biodiversity Datasets, IUCN-The World Conservation Union*, entre otros, además de los listados de los seis puntos focales de la primera fase del proyecto Globallast (IMO/GEF/UNDP).

#### **Análisis de los formatos A.868(20) 1997 de la IMO**

Con el fin de obtener una descripción inicial de los patrones de deslastrado de cada buque muestreado, se recopilaron los formatos A.868 (20) 1997 IMO [3] de cada nave internacional. De ellos se recolectó la siguiente información que luego se correlacionó con el componente biótico encontrado: tipos de buques, tiempo de confinamiento del agua, origen del agua, puertos “fuente” (de origen o último puerto de procedencia en donde lastró) y plan de gestión a bordo (sistemas de recambio empleados).

## **Resultados y discusión**

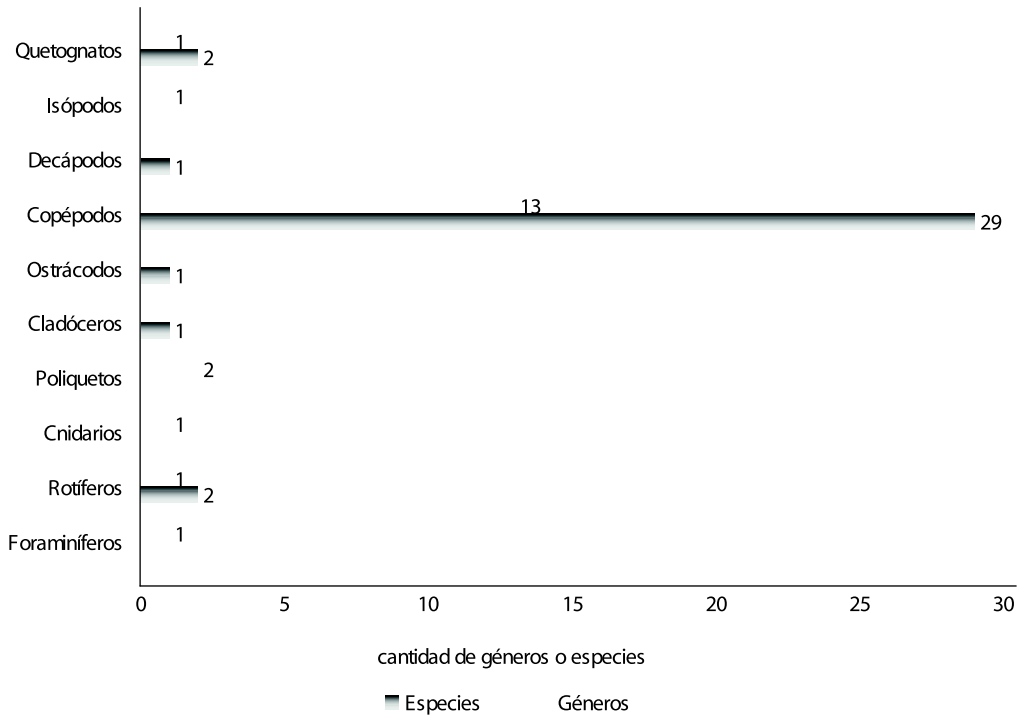
Del total de buques monitoreados sólo ocho evidenciaron una ausencia de organismos mientras que en los 26 restantes se identificaron inicialmente

los siguientes 17 grupos o morfotipos zooplanctónicos: foraminíferos, rotíferos, bivalvos, gasterópodos, poliquetos, cladóceros, ostrácodos, copépodos, decápodos, isópodos, quetognatos, sifonóforos, larvas de crustáceos, equinodermos y peces, huevos de peces y organismos incompletos. De ellos, se encontró un total de 59 taxa y nueve formas larvales distribuidos en 8 phylum, 14 clases, 14 órdenes, 28 familias y 33 géneros, de las cuales 36 se llevaron a nivel de especie. Debido al tamaño tan pequeño de los individuos, los moluscos sólo se lograron identificar hasta clase gasterópoda y bivalvia, respectivamente. El grupo de los copépodos fue el que presentó una mayor diversidad, conteniendo 13 taxa a nivel de género y 29 hasta especie (figura 2).

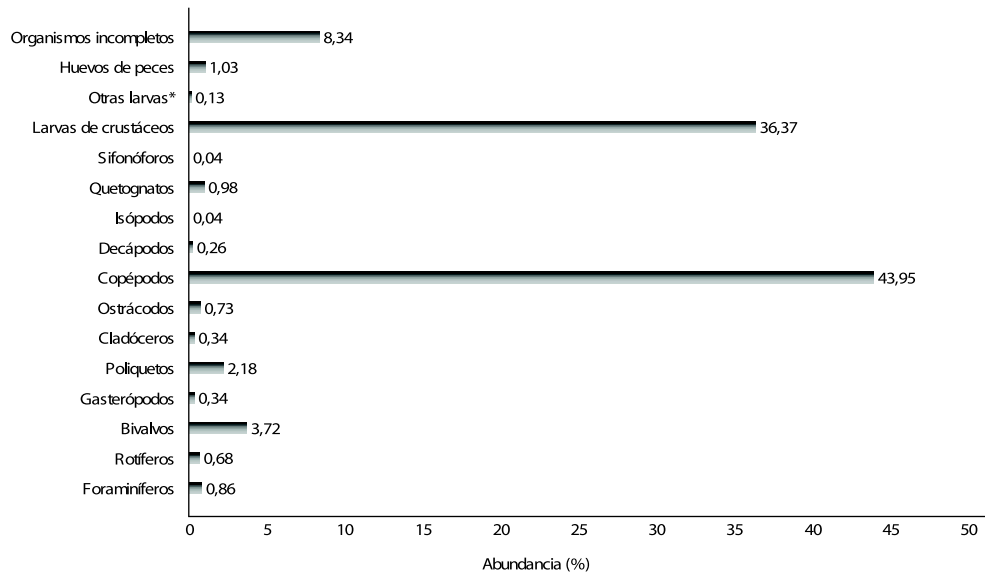
#### **Abundancia del zooplancton**

En general, las densidades totales de organismos fluctuaron en un rango de 1–551 ind/L (~1000–551000 ind/m<sup>3</sup>), con una gran heterogeneidad y dispersión de los datos durante todo el tiempo de muestreo (C.V. > 39.11%). El grupo de los copépodos fue el más numeroso (43.95%), seguido de las larvas nauplio (36.37%) y en menor magnitud estuvieron los sifonóforos (0.04%), isópodos (0.04%), larvas de peces (0.04%) y equinodermos (0.09%) (figura 3). Las concentraciones más altas de organismos (134–551 ind/L ~ 134000–551000 ind/m<sup>3</sup>) se detectaron en los buques B1 (Puerto fuente: Puerto Quetzal) y B16 (Mobile), los cuales tenían puertos “fuente” ubicados en el Océano Pacífico Noreste y Golfo de México - Sur de los Estados Unidos. El copépodo *Acartia spinata* fue la especie más abundante durante todo el monitoreo, principalmente por el agua procedente de la nave B25 (Mobile) que contenía 103 ind/L (~103000 ind/m<sup>3</sup>). Teniendo en cuenta la norma de eficacia de la gestión del agua de lastre [10] para individuos con tamaños 50 micras (tabla 3), el agua de estos buques no se encontraba dentro de los límites adecuados para ser descargada en la zona del puerto. Solo en ocho embarcaciones (B2, B3, B6, B19, B24, B30, B31, B33) se observó una ausencia de organismos, corroborando así una buena gestión del agua de lastre a bordo [10].

**Formas larvales.** Muchas de las especies introducidas llegan a través del vector de agua de lastre en diferentes estadios larvales, los cuales pueden ser exitosos al encontrar el medio adecuado para establecerse y desarrollarse [3, 39]. En el presente estudio se cuantificaron e identificaron algunos de ellos hasta el



**Figura 2.** Cantidad de taxa identificados en el agua de lastre de los buques internacionales que arribaron al puerto de Santa Marta durante enero a septiembre de 2006.



**Figura 3.** Porcentajes de abundancia por grupos zooplanctónicos. \*Otras larvas corresponde a dos grupos: larvas de equinodermos (0.09%) y de peces (0.04%).



**Tabla 3.** Normas de eficacia de la gestión del agua de lastre según el convenio internacional ratificado por la IMO [10].

Organismos indicadores	Valores máximos permitidos
Organismos con tamaños entre 10 – 50 $\mu$	< 10 organismos viables/ml
Organismos con tamaños $\geq$ 50 $\mu$	< 10 organismos viables/m <sup>3</sup> ó 1 millón de ml
<i>Vibrio cholerae</i> toxicógeno (O1 y O139)	< 1 ufc/100 ml ó 100 g (peso húmedo) de zooplancton
<i>Escherichia coli</i>	< 250 ufc/100 ml
<i>Enterococcus</i> intestinales	< 100 ufc/100 ml

nivel más bajo posible dentro de tres grupos zooplanctónicos (crustáceos, equinodermos y peces), conformando así el 36.37% del total de morfotipos encontrados en las 34 naves monitoreadas. Las mayores cantidades se observaron en B1 (Puerto Quetzal– Océano Pacífico Noreste) y B16 (Mobile–Golfo de México)

y las formas más abundantes y frecuentes fueron las categorizadas como “otros nauplios” (33.63%), seguido por los copepoditos o nauplios de copépodos (2.27%). Entre los menos numerosos y frecuentes figuraron los estadios *mysis* (0.4%) y *megalopa* (0.4%) de crustáceos y *ophiopluteus* (0.4%) de equinodermos (tabla 4).

**Tabla 4.** Abundancia de los estadios larvales por grupos zooplanctónicos encontrados en el agua de lastre.

	Formas larvales	Abundancia (ind/l)	Abundancia (%)
Artrópodos – Crustáceos	Nauplios de copépoda	53	2.27
	Nauplios de Cirripedia	1	0.04
	Otros nauplios	786	33.63
	Zoea de Camarón Penaeideo	4	0.17
	Zoea de Brachyura	2	0.09
	Mysis de Camarón Carideo	1	0.04
	Megalopa de Brachyura	1	0.04
Equinodermos – Ophiuros	Ophiopluteus	1	0.04
Cordados – peces teleósteos	Larva de pez - Familia Scianidae	1	0.04
Total		850	36.37

### Caracterización del zooplancton

**Estado regional y de amenaza de las especies.** De las 56 taxa identificadas hasta género y especie, 34 se definieron como *nativas* al figurar como reportadas para la región de Santa Marta u otra localidad del Caribe colombiano, mientras que de 22 no se encontró ningún registro. De estos últimos, se denominaron dos como *criptogénicas* y 20 *exóticas*, ya que en otras biorregiones se encontraron con al menos un reporte de nativa o introducida (tabla 5). Siendo este el primer estudio en brindar un análisis sobre el estado regional y de amenaza de especies a nivel nacional, es

importante destacar que Colombia ha tenido muy pocos estudios relacionados con la caracterización y efectos nocivos de individuos exóticos y el país aun carece de bases de datos completas y especializadas sobre la biodiversidad del plancton, teniendo entonces como marco de referencia los reportes nacionales hechos en algunas publicaciones y bibliografía gris, así como artículos y bases de datos internacionales. Por lo tanto, el listado de especies que se da a continuación se considera como una fuente información inicial que puede ser actualizada y mejorada, más no representa un listado global completo y definitivo [12].

**Tabla 5.** Listado de especies encontradas en las aguas de lastre reportadas y no reportadas para la región de Santa Marta y otras locaciones del Caribe colombiano, detallando su estado regional, estado y nivel de amenaza.

Grupo	Taxa	Estado de reportes en Colombia	Estado regional	Estado de amenaza
Foraminíferos	<i>Globigerina</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Rotíferos	<i>Brachionus</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Rotíferos	<i>Keratella cochlearis</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Rotíferos	<i>Keratella cruciformis</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Sifonóforos	<i>Amphicaryon</i> sp.	No reportado	Criptogénica	No sospechosa
Poliquetos	<i>Eunice</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Poliquetos	<i>Nereis</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Cladóceros	<i>Eubosmina coregoni</i>	No reportado	Exótica	Sospechosa nociva
Ostrácodos	<i>Macrocypridina castanea</i>	No reportado	Criptogénica	No sospechosa
Copépodos	<i>Acartia lilljeborgii</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Mesocalanus</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Neocalanus gracilis</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Undimula vulgaris</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Calocalanus pavo</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Centropages velificatus</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Clausocalanus</i> sp.	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Clausocalanus aculeicornis</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Paracalanus</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Paracalanus cuasimodo</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Paracalanus aculeatus</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Parvocalanus crassirostris</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Pontellina</i> sp.	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Calanopia americana</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Labidocera</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Labidocera aestiva</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Pseudodiaptomus</i> sp.	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Pseudodiaptomus marshii</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Pseudodiaptomus acutus</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Temora</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Temora turbinata</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Temora stylifera</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Oithona</i> sp1.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Oithona</i> sp2.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Oithona atlantica</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Oithona nana</i>	Reportado	Nativa*	No sospechosa
Copépodos	<i>Oithona robusta</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Oithona setigera</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Oithona oculata</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Oithona hebes</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Oithona</i> cf. <i>oswaldocruzi</i>	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Diacyclops</i> sp.	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Aegisthus</i> sp.	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Macrosetella gracilis</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Euterpina acutifrons</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Saphirella</i> sp.	No reportado	Exótica	No sospechosa
Copépodos	<i>Corycaeus (U.) lautus</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa

Continuación tabla 5.

Grupo	Taxa	Estado de reportes en Colombia	Estado regional	Estado de amenaza
Copépodos	<i>Oncaea</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Oncaea media</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Copépodos	<i>Oncaea venusta</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Decápodos	<i>Lucifer faxoni</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Isópodos	<i>Excorallana</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Quetognatos	<i>Sagitta</i> sp.	Reportado	Nativa	No sospechosa
Quetognatos	<i>Sagitta bipunctata</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa
Quetognatos	<i>Sagitta enflata</i>	Reportado	Nativa	No sospechosa

La mayoría de estas especies no poseen alguna información sobre algún impacto negativo, excepto el cladóceros *Eubosmina coregoni* (piojo de agua) quien se encuentra con un nivel de amenaza *medio*. Este organismo procedente de Eurasia (Mar Báltico), se reportó por primera vez en 1966 al norte de los Estados Unidos como *introducido* e *invasor* y se presume que fue transferido a través del agua de lastre. Posteriormente, se propagó rápidamente en todos los grandes lagos y Nueva York, efectuándose el último reporte en 1994 (Lago Champlain) y 2001 (Lago Superior), además de figurar en listados institucionales especializados como la NOAA. Los perjuicios que genera son a nivel ecológico al considerarse como un depredador algal que se reproduce rápida y masivamente, alterando las poblaciones endémicas en lagos y estanques [40]. Algunos copépodos fueron definidos de la misma manera pero con un estado de amenaza *no sospechoso*, no obstante, algunos autores señalan que éstos podrían implicar un riesgo de alteraciones en las redes tróficas y actuar como vectores de enfermedades en zonas tropicales, ya que estructuras como la base de las antenas y patas natatorias, sirven de sustrato para la acumulación de bacterias potencialmente patógenas como *Vibrio Cholerae* [35].

Aunque varios individuos que fueron transferidos a la zona portuaria de Santa Marta desde otras locaciones se encuentran reportados para el Caribe colombiano, es importante resaltar que su definición como nativas podría dar a entender que su ingreso al medio receptor no implica ningún impacto negativo. Sin embargo, los procesos que regulan la expansión local y el establecimiento de una especie en un sitio nuevo a nivel de comunidades o poblaciones, son independientes de su rango natural de distribución o tiempo de residencia (p.e. nativas o no nativas). Por lo

tanto, un organismo nativo de una región y transferido a otra donde no tuvo su real origen podría también catalogarse como potencialmente nocivo (especie trasladada o invasora nativa), pues su introducción ocasionaría incrementos y/o disminuciones en las abundancias relativas de su misma especie y/o de otras que habitan una misma área. Este tipo de perturbaciones conduciría entonces a aumentos en la dominancia de sólo ciertas especies y, por consiguiente, a futuras pérdidas de la biodiversidad de un ecosistema [41].

### Correlación con los patrones de deslastrado

**Tipos de buques, volúmenes de agua y puertos fuente.** Del número total de buques muestreados, el 97 % corresponde a los de tipo Bulk Carrier, Cape Size y General Cargo (carboneros), los cuales arribaron sin carga y con el 90-98 % de los tanques de lastre llenos con volúmenes totales promedio de 30640 - 829962 m<sup>3</sup> para ser descargados en los terminales portuarios de Drummond, Prodeco y Sociedad Portuaria de Santa Marta-SPSM (tabla 6). El 3 % restante fueron de la denominación Oil tanker (tanqueros) y Container (contenedores), teniendo como puerto de destino la SPSM. En general, el zooplancton identificado presentó las mayores abundancias en los buques que requieren siempre de mayores volúmenes de agua de lastre (Bulk Carrier, Cape Siza, General Cargo), en este caso, proveniente de áreas tropicales, subtropicales y templadas. Los buques tipo Container registraron las menores cantidades al requerir menos agua de lastre y compensar peso con los contenedores u otra mercancía que descargan previamente en puerto. A partir de la información de puertos fuente, lugares de recambio y salinidad, se determinó que el 70 % de los buques contenían agua estuarina (17-29 UPS), 24% marina nerítica (30-31 UPS) y 6% dulce (0.2-0.3

UPS). Durante el tiempo de muestreo se registraron 25 puertos fuente, siendo los más frecuentes del Pacífico Noreste (Puerto Quetzal), Golfo de México (Mobile y New Orleans), sur de los Estados Unidos (Jacksonville) y Océano Atlántico Noroeste (Newport

News, Cementon, Newark, entre otros). En menor proporción estuvieron algunos del Mar del Norte (Antwerp y Hamburgo), O. Atlántico Noreste (Dunkerke), Mediterráneo (Taranto, Ashkelon y Hadera) y O. Pacífico Sureste (Oquendo) (tabla 7).

**Tabla 6.** Cantidad y tipo de buques y volumen promedio deslastrado (m<sup>3</sup>) por terminal portuario.

Terminal portuario	Tipos de buques						Total	
	Reefer		Tanquero		Bulk Carrier		No. arribos	Volumen deslastrado
	No. arribos	Volumen deslastrado	No. arribos	Volumen deslastrado	No. arribos	Volumen deslastrado		
Drummond	-	-	-	-	21	829 963	21	829 963
Prodeco	-	-	-	-	8	168 854	8	168 854
SPSM*	1	No deslastró**	2	2 180	2	28 460	5	30 640
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>2 180</b>	<b>31</b>	<b>1 027 276</b>	<b>34</b>	<b>1 029 456</b>

\* SPSM = Sociedad Portuaria de Santa Marta.

\*\* Este buque fue muestreado al registrar proceso de deslastrado en Santa Marta el 25 de octubre de 2005.

**Tabla 7.** Localización de los puertos “fuente” con cantidad de buques y número de arribos para la zona portuaria de Santa Marta, durante enero a septiembre de 2006.

País	Puertos “fuente”	Cantidad de buques	No. de arribos
Estados Unidos	Atlántico Noroeste: Mobile, New Orleans, New York, Charleston, Jacksonville, Manatee, Newark, Port Everglades Pacífico Noreste: Newport News, Brayton Point, Brunswick, Cementon	15*	17*
República Dominicana	Puerto Plata y Rio Haina	2	2
Guatemala	Puerto Quetzal	2	2
Puerto Rico	Las Mareas	2	2
Alemania	Hamburgo	2	2
Holanda	Amsterdam	1	1
Bélgica	Antwerp	1	1
Reino Unido	Immingham	1	1
Italia	Taranto	1	1
Francia	Dunkerque	1	1
España	Gibraltar	1	1
Israel	Ashkelon, Hadera	1	1
Venezuela	Maracaibo	1	1
Perú	Oquendo	1	1
<b>Total</b>		<b>32</b>	<b>34</b>

\* Durante el estudio se muestrearon dos buques en dos ocasiones (*Sophie Oldendorff* y *Bestore Tre*). Para el año 2006, se registró un total aproximado de 1200 arribos. Los buques muestreados realizan, generalmente, más de un viaje por mes y año [19].

**Tiempo de confinamiento del agua y plan de gestión a bordo.** En cuanto a los tiempos de confinamiento del agua, se pudo observar que las mayores abundancias también correspondieron a aquellos barcos cuyo último proceso de lastrado fue hecho entre 1 y 7 días antes de arribar a Santa Marta mientras que las menores se presentaron en tiempos entre 8 y 20 días (tabla 8), confirmando así la relación inversa teórica entre la duración de los viajes con el número de organismos presentes [42]. Es importante tener en cuenta los sistemas de recambio que cada nave posee dentro de su plan de gestión a bordo, para así poder verificar cuál podría presentar una mayor

eficacia al relacionar las respectivas abundancias. Al respecto, se encontró que la mayor cantidad de naves que no tuvieron presencia de organismos o que registraron las menores abundancias aplicaban el método de vaciado/llenado (empty/refill), mientras que las demás usaron el de flujo continuo (flow through) o ninguno de los dos mencionados. Esta correlación se asemeja a una evaluación de zooplankton realizada en buques Container y Bulk Carrier en la costa de California [39], en la cual sugirieron que el método empty/refill es más efectivo en la remoción de zooplankton exótico.

**Tabla 8.** Relación entre las abundancias de organismos zooplanctónicos con los tiempos de confinamiento y los métodos de recambio de los buques que arribaron a la zona portuaria de Santa Marta durante enero a septiembre de 2006.

		Cantidad de buques	Abundancia (ind/l)	Cantidad de buques sin presencia de organismos
Tiempo de confinamiento	1-7 días	26	1 – 551	7
	8-20 días	8	1 – 31	1
Métodos de recambio	<i>Flow through</i>			
	Flujo continuo	12	1 – 234	1
	<i>Empty/refill</i>			
	Vaciado/llenado	10	1 – 65	6
	Ninguno	12	1 – 145	1

## Agradecimientos

Los autores manifiestan su sincero agradecimiento a la Universidad del Magdalena, especialmente al Dr. Carlos Caicedo y Dr. Juan Carlos Dib, la Vicerrectoría de Investigación y el INTROPIC, por el apoyo financiero e institucional para la realización del presente estudio, mediante Convenio FONCIENCIAS 008-05. De igual manera, al CIOH de la DIMAR y la Capitanía de Puerto de Santa Marta por brindar el entrenamiento en técnicas de muestreo, su asesoría en el tema y el apoyo institucional para ingresar al puerto y a bordo de los buques. También se desea extender un especial agradecimiento a las siguientes entidades y profesionales: Sociedad Portuaria de Santa Marta y las 33 agencias marítimas del Distrito, Eurolatina, Maraduana, Turbaduana, Transmares y Oceánica, CN Orlando Solórzano, TN Juan Carlos Gómez, Dra. Mariluz Cañón (CIOH), Dr. Gustavo Tous (CIOH),

Paola Fiscó (Universidad Jorge Tadeo Lozano-Colombia), Dr. Juan Berasaluce (Universidad Católica del Norte-Chile), Dr. Néstor Campos (Universidad Nacional-Colombia) y Dr. Andrés Franco (Universidad Jorge Tadeo Lozano-Colombia).

## Referencias bibliográficas

- [1] Raaymakers S. The ballast Water Problem: Global Ecological Economic and Human Health Impacts. Londres: IMO; 2002.
- [2] Fernández C. Introducción de especies exóticas a través del agua de lastre de los barcos. Aplicación al caso del Guadalquivir. Córdoba: Universidad de Córdoba; 2003.
- [3] International Maritime Organization-IMO. Global Ballast Water Management Program. [on line]. 2005 [cited 2005 Nov 21]. Available from: URL: <http://globallast.imo.org/index>.

- [4] Union of Concerned Scientists-UCS. 2001. The science of invasive species. Washington: UCS.
- [5] Carlton J. Introduce species in U.S coastal waters: Environmental impacts and management priorities. 2001. Arlington: Pew Ocean Commission.
- [6] Instituto de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt-IAvH. 2005. Especies invasoras de Colombia. Folleto de divulgación. Serie Especies Colombianas No. 3. Bogotá: IAvH.
- [7] Environmental Protection Agency-EPA. 2001. Nonindigenous species: an emerging issue for the EPA, Vol. 1. Newport: EPA.
- [8] Comisión Permanente del Pacífico Sur-CPPS. Reunión de expertos sobre la participación de los países del Pacífico Sudeste en la segunda fase del Programa Asociación Globallast (Globallast Partnerships GEF/UNDP/IMO). Guayaquil (Feb 13 al 14 de 2006).
- [9] Organización Panamericana de la Salud-OPS. Noticias de Salud Semana a Semana, comunicado No.7. 2006 [Consultado 2006 abr 2]. Disponible en: URL: www.ops.org.
- [10] International Maritime Organization-IMO. 2004. Convenio internacional para la gestión y control del agua de lastre y los sedimentos en los buques. Texto adoptado y ratificado por la Conferencia. Londres: IMO.
- [11] Borrero F, Diaz JM. Introduction of the Indo-Pacific Pteriid bivalve *Electroma* sp. to the Tropical Western Atlantic. *Marine Science* 1998; 62 (1): 291-296.
- [12] Clarke C, Hilliard R, Junqueira A, Neto A, Polglaze CL, Raaymakers S. Ballast water risk assessment, Port of Sepetiba, Federal Republic of Brazil, Final report. *Globallast Monograph* 2004; (14): 63.
- [13] Rondón S, Tigreros P, Vanegas T. 2003. Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre de buques de tráfico internacional Fase I. *Memorias Seminario Nacional del Mar*.
- [14] Cañon M, Vanegas T, Gavilán M, Morris L, Tous G. Dinámica planctónica, microbiológica y fisicoquímica en cuatro muelles de la Bahía de Cartagena y buques de tráfico internacional. *Boletín Científico CIOH* 2005; (23): 46-59.
- [15] Gavilan M, Cañon M, Tous G. Comunidad planctónica en la Bahía de Cartagena y en aguas de lastre de buques de tráfico internacional. *Boletín Científico CIOH* 2005; (23): 60-75.
- [16] Superintendencia de Puertos y Transporte-SUPERTRANSPORTE. Tráfico portuario: Sociedades portuarias y muelles homologados [on line]. 2005 [Consultado 2005 Oct 16]. Disponible en: URL: www.supertransporte.gov.co.
- [17] Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales-DIAN. Principales exportaciones en peso neto: Principales administraciones de aduana de Colombia. En: *Boletín de Comercio Exterior* 2005; (148): 2.
- [18] Sociedad Portuaria de Santa Marta-SPSM [on line]. 2005 [Consultado 2005 Ago 10]. Disponible en: URL: <http://www.spsm.com.co>.
- [19] Dirección General Marítima-DIMAR. Puertos de Colombia [on line]. 2006 [Consultado 2006 feb 2]. Disponible en: URL: [www.dimar.mil.co](http://www.dimar.mil.co).
- [20] Información Minera de Colombia-IMC. Infraestructura portuaria de Colombia [on line]. 2007 [consultado 2007 feb 25]. Disponible en: URL: [www.imcportal.com](http://www.imcportal.com).
- [21] Escobar A. Estudio de algunos aspectos ecológicos y de la contaminación bacteriana en la Bahía de Santa Marta, Colombia. Trabajo de grado (Biología). Universidad de Antioquia; 1988.
- [22] Blanco J. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta. Caribe colombiano. Santa Marta. Trabajo de grado (Magíster Scientiae). Universidad Nacional de Colombia; 1988.
- [23] Montoya M, Calero M, Uribe C, Rangel L, Vilardy S. Catálogo de plancton proveniente del agua de lastre de los buques de internacionales que arriban al Puerto de Santa Marta (Caribe colombiano). Santa Marta: Universidad del Magdalena; En prensa.
- [24] Dodgshun T. Sampling ships, ballast water: The New Zealand experience. En: 1st International Workshop on Guidelines Standards for Ballast Water Samples. *Globallast Monograph Series* 2004; (9):12-38.
- [25] Gollasch S. German ballast water sampling manual. En: 1st International Workshop on Guidelines Standards for Ballast Water Samples. *Globallast Monograph Series* 2004; (9): 38-55.
- [26] David M, Perkovi M. Ballast water sampling in the Republic of Slovenia. En: 1st International Workshop on Guidelines Standards for Ballast Water Samples. *Globallast Monograph* 2004; (9): 22-30.
- [27] Rondón S, Vanegas T, Tigreros P. Sampling ballast water for pathogens: the Colombian approach. En: 1st International Workshop on Guidelines Standards for Ballast Water Samples. *Globallast Monograph Series* 2004; (9): 46-55.
- [28] Guisado Ch. Desarrollo metodológico para el análisis de agua de lastre y generación de la norma de control. Antofagasta: Universidad Católica del Norte; 1998.
- [29] Smith DL. A guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae kendall. California: Hunt Publishing Company; 1977.
- [30] Alvarado H. Contribución al conocimiento de los copépodos epiplanctónicos de la Bahía de Santa Marta-Colombia. Bogotá. Trabajo de grado (biólogo marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano; 1978.
- [31] Alvariño A. Siphonophorae. En: Boltovskoy D. Atlas del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton

marino. Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Mar del Plata: INIDEP; 1981.

[32] Ángel M. Ostrácoda. En: Boltovskoy D. Atlas del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Mar del Plata: INIDEP; 1981.

[33] Björnberg TKS. Copepoda. En: Boltovskoy D. Atlas del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Mar del Plata: INIDEP; 1981.

[34] Boltovskoy D. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata: INIDEP; 1981.

[35] Campos A, Suárez E. Copépodos pelágicos del golfo de México y mar Caribe. I biología y sistemática. México: CIQRO; 1994.

[36] Global Invasive Species Database-GISP [on line]. 2006 [cited 2006 Oct 2]. Available from: URL: [www.issg.org/database/welcome/](http://www.issg.org/database/welcome/).

[37] Ocean Biogeographic Information System-OBIS. 2006 [cited 2006 Oct 2]. Available from: URL: [www.iobis.org](http://www.iobis.org).

[38] Carlton J. Biological invasions and cryptogenic species. Ecology 1996 77(6): 1653-1655.

[39] Choi K, Kimmerer W, Smith G, Ruiz G, Lion K. Post-exchange zooplankton in ballast water of ships entering the San Francisco Estuary. J Plank Res 2005;(27): 707-714.

[40] Kipp R, Benson A. Eubosmina coregoni [on line]. 2007 [cited 2007 Mar 21]. En: USGS Nonindigenous Aquatic Species Database. Gainesville: USGS. Available from: URL: <http://nas.er.usgs.gov/>.

[41] Colautti RI, MacIsaac HJ. A neutral terminology to define invasive species. Diversity and Distributions 2004; (10): 135-141.

[42] Cohen AN. Ships' Ballast Water and the Introduction of Exotic Organisms into the San Francisco Estuary: Current Status of the Problem and Options for Management. San Francisco: Richmond Institute; 1998.