

ARTÍCULO

Caracterización fisicoquímica, biológica y microbiológica en aguas de lastre de buques de tráfico internacional

Physical-chemical, biologic and microbiologic characterization in international traffic ships ballast water

Fecha recepción: 2007-03-31 / Fecha aprobación: 2007-06-02



Mary Luz Cañón Páez, marlucpaez@cioh.org.co

Gustavo Tous, gtous@cioh.org.co

Karen López, karbact27@yahoo.com

Rossana López,

Fernando Orozco, forozco84@gmail.com

Viviana Suárez

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH, Isla Manzanillo, Cartagena de Indias, D. T. y C.

Resumen

Durante los años 2005 y 2006 se continuaron realizando muestreos a tanques de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron a la Bahía de Cartagena, la cual está ubicada en el sector sur occidental de la costa Caribe colombiana y localizada entre los 75°30'-75°36'W y 10°26'-10°16'N. Este trabajo se realizó con el objetivo de seguir evaluando si la gestión a bordo de los taques de lastre, se efectuó de acuerdo con las directrices emitidas por la Organización Marítima Internacional (OMI), a fin de reducir el riesgo de introducción de especies en las zonas costeras.

Para lograr el objetivo se tomaron muestras de aguas de lastre de 75 buques procedentes de diferentes puertos internacionales, a través de los manholes, de las descargas directas al mar, del deslastre en cubierta o de las tuberías de acceso a los tanques. Dichas muestras de aguas fueron procesadas en el laboratorio, caracterizándose en cada una de ellas las condiciones fisicoquímicas como nutrientes, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH, turbidez, sólidos suspendidos totales; biológicas como fitoplancton, zooplancton, concentración de pigmentos fotosintéticos y microbiológicas como Enterococos intestinales, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, *Pseudomonas sp.*, Coliformes totales, *Escherichia coli*, hongos.

Al igual que en las caracterizaciones anteriores de los años 2002, 2003 y 2004 en este mismo puerto, en este estudio se continuaron reportando condiciones ambientales adecuadas para el sostenimiento de comunidades biológicas dentro de los tanques. También se siguieron reportando nuevas especies planctónicas entre las cuales se pueden mencionar a *Oithona setigera*, *Oithona hegolandica*, *Microsetella sp.*, *Diarthrodes sp.*, *Oculosetella sp.*, *Corystoide chilensi*, *Parapagurus Diógenes* y *Sagitta minima*.

Además fue posible evidenciar que según el convenio sobre manejo de aguas y sedimentos de lastre generado por la OMI en el 2004, el 29% de las embarcaciones monitoreadas sobrepasaron los niveles permisibles de descarga con respecto al microbio indicador *Escherichia coli* y el 11% de *Enterococos Intestinales*.

Palabras clave: Bahía de Cartagena, aguas de lastre, microbiología, fisicoquímicos, biológicos.

Abstract

During the years 2005 and 2006 the sampling to those international traffic ships ballast water which arrived in the Bay of Cartagena, located at the southwestern Caribbean Colombia Zone and between 75o30'-75o36W and 10o26'-10o16N, continued. This work was carried out with the objective of continuing the assessment on if whether work on board the ballast tanks, was carried out according to the guidelines issued by the International Maritime Organization (IMO), in order to diminish the risk of species introduction in the shore zones.

The achieve the objectives, samples of ballast water of 75 ships coming from different international ports were taken, through the manholes, from the direct discharges to the sea, from the deck disballast or from the tank access pipelines. Those water samples were processed in the laboratory, where in each one of them the physical-chemical conditions were characterized, such as nutrients, solved oxygen, temperature, salinity, pH, turbidity, total solids in suspension; the biological ones such as fito-plankton, zooplankton, photosynthetic pigment concentration; microbiological such as intestinal enterococos, *Salmonella sp.*, *Pseudomonas sp.*, total Coliforms, *Escherichia coli*, fungus.

Likewise the previous 2002, 2003 and 2204 characterizations at this same port, in this study the report of the appropriate environmental conditions for sustaining the biological communities in the tanks continued. Also the new planktonic species continued to be reported, among which *Oithona setigera*, *Oithona hegolandica*, *Miicrostella sp.*, *Diarthrodes sp.*, *Oculosetella sp.*, *Corystoide chilensi*, *Parapagurus Diógenes*, and *Sagitta minima* can be mentioned.

In addition, it was possible to evidence that according to the agreement on the handling of ballast water and sediment by IMO in 2004, 29% of the monitored vessels surpassed the permissible discharge levels with respect to the *Escherichia coli* and the 11% of *Intestinal enterococos germ* indicator.

Key words: Bay of Cartagena, ballast waters, microbiology, physical-chemical, biologic.

Introducción

El riesgo que representan las especies introducidas utilizando como vector las aguas de lastre de los buques de tráfico internacional, Hewitt [1], Drake, [2], ha despertado el interés de organizaciones ambientales, investigadores, universidades, centros de investigación, órganos de control, entre otros, por los daños que sobre la salud humana, los recursos pesqueros, la biodiversidad y las zonas costeras en general éstas han causado.

En 1990 el Comité de Protección del Medio Marino (CPMM), en su 31º período de sesiones, constituyó un grupo de trabajo sobre el agua de lastre que redactó directrices para abordar el problema de las especies foráneas. Una resolución del CPMM, la MEPC.50(31) fue adoptada en 1991 con el título Directrices internacionales para impedir la introducción de organismos acuáticos y agentes patógenos indeseados que pueda haber en el agua de lastre y en los sedimentos descargados por los buques.

Las directrices indican que la capacidad de supervivencia de los organismos acuáticos y agentes patógenos después de ser transportados en el agua de lastre puede reducirse si se dan diferencias apreciables de salinidad, temperatura, nutrientes e intensidad de la luz, por ejemplo, en las condiciones ambientales prevalecientes. Por ello recomendaron que se procediera con cuidado a cargar el agua de lastre para asegurar que se cargara a bordo únicamente agua limpia y sedimentos limpios. Cuando no fuera posible descargar el agua de lastre, su sustitución en alta mar ofrece un medio de limitar la introducción de especies no deseadas. Las aguas oceánicas profundas contienen pocos organismos y con los existentes no es probable que se adapten fácilmente a las nuevas aguas costeras o aguas dulces [3].

En este sentido, desde hace más de 10 años se viene trabajando en la generación de alternativas a nivel global, que permitan disminuir el riesgo de introducción de especies invasivas, ya que en el medio marino la introducción de éstas ha sido identificada por el Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF, su sigla en inglés) como una de las cuatro amenazas más grandes a los océanos del mundo, siendo las otras tres: la contaminación

proveniente de fuentes terrestres; la sobreexplotación de recursos marinos vivos y la alteración física y destrucción de hábitats marinos [4].

Por lo anterior, para contrarrestar las consecuencias y disminuir los riesgos de las especies invasivas, en la ecología nativa, la salud humana y la economía de las zonas impactadas, la OMI/GEF/UNDP, contando con el apoyo de los estados miembros de la Organización Marítima Internacional (OMI) y la industria naviera, desarrollaron la fase inicial de un proyecto global denominado "Remoción de barreras para la efectiva implementación del control y medidas de gestión del agua en países en desarrollo", el cual buscó ayudar a los países en desarrollo a implementar las medidas de carácter urgente voluntario previstas en la Resolución A868(20), con el fin de reducir la transferencia de especies invasoras que tiene como vector el agua de lastre. Actualmente y a partir de las experiencias aprendidas en la fase experimental del proyecto Globallast, se plantea el desarrollo de una segunda fase, la cual tiene como objetivo principal, asistir a los países y regiones más vulnerables a implementar mecanismos sostenibles para el manejo y control de las aguas y los sedimentos de lastre [5].

Numerosas leyes y regulaciones a nivel internacional están emergiendo para combatir los problemas de salud pública, ambientales y económicos causados por especies acuáticas invasoras. La mayor parte de las leyes apuntan a las naves comerciales, como camino primario para las invasiones y la llamada para que las naves emprendan el intercambio del agua del lastre (BWE) o un tratamiento equivalente (BWT), para reducir la probabilidad de la transferencia de organismos indeseados. El tratamiento se considera más prometedor que BWE a largo plazo, porque el BWE se limita en su eficacia, alcance, uso y la aplicabilidad [6].

En el país, la Dirección General Marítima (DIMAR) a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), desde hace 5 años viene trabajando en la Bahía de Cartagena en el monitoreo de tanques de lastre de algunos buques que arriban al puerto. Con dicha información, se pretende generar el soporte técnico que permita junto con los marcos normativos existentes estudiar y construir los mecanismos legales, jurídicos, políticos e

institucionales nacionales necesarios para adoptar el convenio sobre el manejo de aguas de lastre, el cual establece los mecanismos para prevenir, reducir y eliminar en última instancia la transferencia de organismos invasores.

Metodología

Teniendo en cuenta la dificultad para la toma de la muestra en los tanques, fue necesario emplear diferentes técnicas de muestreo, por lo cual se tuvieron en cuenta varios criterios para seleccionar el método real de muestreo, por lo anterior dichos criterios contemplaron:

- a) La identificación de métodos seguros y conformes con las operaciones de los buques.
- b) Selección de los buques; se contemplaron los buques con rutas de mayor frecuencia que visitaron el Puerto de Cartagena.
- c) Acceso a los tanques de lastre: esto dependió en gran parte al diseño del buque y del tanque. En términos generales el acceso a los tanques de lastre a través de la apertura de escotillas (manholes) es el método de muestreo más recomendado [7], sin embargo durante el desarrollo del proyecto actual el sistema de deslastre en cubierta, fue también predominante a la hora de la toma de la muestra. En la tabla 2 se describen los diferentes tipos de acceso a los tanques y métodos empleados para la toma de la muestra.
- d) Y el volumen de descarga: se evitó el muestreo en los tanques de lastre de los buques que contenían una mezcla de agua de diferentes regiones, para centrarse en tanques con agua del lastre de una sola área de origen conocida. Cabe mencionar, que el tipo de buques que con mayor frecuencia arribaron al puerto de Cartagena fueron los tipo container, sin embargo por facilidad de acceso los seleccionados para la toma de muestra fueron los tipo tanqueros o cargueros que venían lastrados a tomar carga en el puerto.

Tabla 1. Técnicas y equipos de muestreo utilizados para el monitoreo de aguas a los tanques de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron al puerto de Cartagena.

Tipo de acceso	Tipo de muestreo	Descripción
<p>a) Manholes (puertas de acceso a los tanques)</p> 	<p>Redes, botellas, baldes</p> 	<p>El muestreo se realizó a través de las bocas de los tanques. Para éste se utilizó una botella Nansen de 5 litros y redes de plancton (fitoplancton y zooplancton) ya que de esta forma se tiene acceso directo al tanque. Fue raramente posible muestrear de esta manera (24 muestras), debido a la baja disponibilidad de buques con este sistema o porque dichas bocas se encontraban ubicadas por debajo de la carga de las naves. En este último caso, la situación implicaba tiempo y costos por parte de la tripulación para la toma de la muestra por tal razón la cantidad de muestras fue menor con respecto a otros métodos de muestreo.</p>
 <p>b) Descarga en cubierta (Overflow)</p>	<p>Toma directa</p> 	<p>Esta técnica es útil para valorar la descarga, así como la biota descargada en el agua de lastre. Principal preocupación para las autoridades del Estado Rector del Puerto.</p>

<p>c) Tuberías de acceso</p> 	<p>Bombas de mano, tubos, bombas eléctricas, toma directa.</p> 	<p>En este caso, fueron utilizadas bombas de mano o eléctricas, a las cuales fue acoplada una manguera que se introdujo a los tanques de lastre a través de las tuberías de acceso. En los buques estas tuberías se utilizan para medir el nivel del agua en un tanque y para conectar el tanque con una cubierta superior</p>
<p>d) Tuberías de acceso</p>  		<p>El método requiere equipo diseñado especialmente para acceder al tanque a través de tuberías estrechas. En este caso se utilizó un dispositivo de acero inoxidable de 15 cm de largo y 0.5 cm de diámetro o mangueras de 3/4 de pulgada adaptadas a bombas manuales. Los estudios futuros del agua del lastre deben considerar que el muestreo vía las tuberías de acceso, es inferior con respecto a otras técnicas de muestreo. Sin embargo, en algunos casos las bocas no pueden ser abiertas, debido a la sobreposición de la carga, por lo cual el muestreo a través de los tubos de acceso puede ser la única solución para muestrear el agua del lastre en el tanque (Sutton et al. 1998).</p>
<p>d) Descarga directa al mar</p> 	<p>Toma directa con baldes, redes, botellas,</p> 	<p>Durante el proceso de cargue y descargue de la nave, es importante mantener la estabilidad del buques. Por esta razón cuando se presentó descarga de aguas de lastre al mar a través de la toma directa, se accedió a la muestra de aguas para el análisis</p>

Es importante aclarar que varios estudios han concluido que ningún método hasta ahora implementado para evaluación y monitoreo de especies dañinas transportadas en aguas de lastre, es adecuado para muestrear todos los grupos de organismos en todos los barcos [1, 7, 8, 9, 10]. Se sugiere por lo tanto, el uso de más de un método y diferentes equipos para conseguir mejores resultados.

Cabe mencionar también, que una vez tomadas las muestras se siguieron los protocolos de preservación de las mismas y se reportó la información *in situ* de los parámetros indicados acuerdo con los protocolos establecidos por el laboratorio.

En el procesamiento de las muestras se emplearon metodologías previamente validadas por el laboratorio de química, siguiendo los procedimientos establecidos en el manual de procedimientos técnicos [12].

Resultados y discusión

Parámetros fisicoquímicos

En la tabla 3, se presenta la variación fisicoquímica y de pigmentos fotosintéticos en los tanques de lastre de buques de tráfico internacional monitoreados en el presente estudio.

En cuanto a los nutrientes en los buques monitoreados se reportaron concentraciones de nitritos entre 0 y 0.09 mg/L con promedios de 0.007 mg/L, indicando condiciones de disponibilidad de este elemento (fuentes energéticas) para aprovechamiento por parte de la comunidad biológica presente en los tanques y contribuir con el proceso de oxidación del amonio a nitrato. De éstos, un 24.23% (18 buques) en promedio reportaron concentraciones de nitrito que facilitan el aporte de nutrientes, para el sostenimiento de organismos que son transportados en las aguas de lastre. El 75% de los buques, reportan

Tabla 3. Concentración de parámetros fisicoquímicos y pigmentos fotosintéticos en los tanques de lastre de buques de tráfico internacional monitoreados durante el periodo 2005-2006 en la Bahía de Cartagena.

BUQUE	NO2 (mg/L)	NH4 (mg/L)	PO4 (mg/L)	OD (mg/L)	SST (mg/L)	Tem, (°C)	pH Unidades	Sal	Chl-a (mg/L)	Feo-a (mg/L)	Chl-b (mg/L)	Chl-c+c2 (mg/L)
FALCON	0,002	0,041	0,009	6,75	14	30	8,5	32	0,53	3,95	0,04	0,16
DONAU	0,005	0,043	0,009	6,96	18,7	30	8,8	32	1,60	2,14	0,02	0,15
PACIFIC	0,033	0,002	0,042	6,93	15	27,4	7,1	25	0,53	0,00	0,00	0,00
SIELTOR	0,008	0,006	0,108	5,37	8,05	29,4	7,06	30	0,00	0,00	0,00	0,00
HAPPY BEE	0,001	0,002	0,059	5,06	27	34,4	8,28	26	0,27	0,00	0,00	0,00
AGUILE SUP	0,005	0,006	0,101	5,06	37	32,2	9,03	0	0,00	0,00	0,00	0,00
AGUILE FONDO	0,005	0,006	0,101	5,06	37	32,2	9,03	0	0,00	0,00	0,00	0,00
PALUCA (REF)	0,005	0,075	0,050	3,96	11	30,8	8,84	32	1,07	1,74	0,00	0,00
PALUCA OVER FLOW	0,012	0,093	0,117	4,7	15	32,2	8,33	30	0,53	0,77	0,00	0,02
HAPPY BEE	0,000	0,106	0,015	4,72	19	35,5	8,62	32	0,00	0,00	0,00	0,00

BUQUE	NO2 (mg/L)	NH4 (mg/L)	PO4 (mg/L)	OD (mg/L)	SST (mg/L)	Tem, (°C)	pH Unida des	Sal	Chl-a (mg/L)	Feo-a (mg/L)	Chl-b (mg/L)	Chl- c+c2 (mg/L)
GLORY ATLAN TIC	0,009	0,204	0,250	5,46	52	29,3	9,02	0	0,27	2,54	0,00	0,00
CSAB - HAMBU RG	0,006	0,070	0,071	3,96	18	28,7	7,98	30	0,27	0,00	0,00	0,00
MARSK FREEPO RT	0,013	0,066	0,067	5,06	20,5	28,8	8,05	30	1,07	2,86	0,00	0,00
LIBORNO	0,000	0,282	0,069	4,7	21,5	30	7,99	32	0,00	0,19	0,00	0,00
CAP NELSON	0,001	0,074	0,031	5,02	17,5	29,6	8,35	30	0,00	0,00	0,00	0,00
CCNI PTA ARENA	0,056	0,430	0,147	4,38	25,5	30,7	7,94	14	0,27	1,23	0,00	0,00
CMA CGM AZTECA	0,002	0,086	0,031	4,49	32,5	31,3	8,06	30	0,00	0,00	0,00	0,00
MOUNT RAINIER	0,004	0,002	0,133	5,3	21,5	33	8,45	26	0,00	0,00	0,00	0,00
MOUNT RAINIER	0,039	0,002	0,107	5,3	21,5	33	8,45	26	8,81	0,00	0,33	0,19
PAMPL ONA	0,002	0,002	0,005	5,27	18,25	33,5	7,85	30	0,27	0,00	0,00	0,00
IZOLA	0,012	0,002	0,078	5,38	10,25	30,5	8,4	22	0,27	0,00	0,00	0,00
BALSA	0,010	0,002	7,580	3,45	62	31,7	4,65	30	0,53	0,00	0,00	0,00
ARAUCA	0,001	0,054	2,488	5	14,25	31,1	7,23	25	0,00	0,00	0,00	0,00
FUJISEIM	0,004	0,058	0,223	6,15	15,25	30,8	7,99	28	5,07	13,24	0,00	0,14
VALPA RAISO EXPRESS	0,006	0,013	0,079	6,36	8	30	8,06	20	0,53	0,00	0,00	0,00
YOKOH AMA	0,001	0,013	0,023	6,85	9,25	30,7	7,96	12	0,00	0,00	0,00	0,00
ALICAN TE	0,003	0,017	0,010	5,96	7,75	29,3	7,48	30	0,27	0,00	0,00	0,00
IRENE LOBOS	0,004	0,023	0,150	6,42	16,75	29,8	7,98	12	0,80	1,25	0,00	0,03
GLORY ATLAN TIC	0,001	0,016	0,015	5,9	27,5	31	8	34	0,53	0,00	0,00	0,00

BUQUE	NO2 (mg/L)	NH4 (mg/L)	PO4 (mg/L)	OD (mg/L)	SST (mg/L)	Tem, (°C)	pH Unida des	Sal	Chl-a (mg/L)	Feo-a (mg/L)	Chl-b (mg/L)	Chl- c+c2 (mg/L)
SIERRA EXPRESS	0,008	0,124	0,018	3,9	38,25	29,1	8,28	30	1,07	2,67	0,01	0,06
CSAV HAMBURGO	0,002	0,013	0,033	5,37	24,5	29,1	8,27	30	0,00	0,00	0,00	0,00
CALA PINAR	0,025	0,033	0,013	5,06	37,25	29,2	8,09	29	0,00	0,00	0,00	0,00
DORIAN	0,015	0,101	0,080	3,52	21,25	30	8,08	30	0,80	3,68	0,00	0,05
CALAPULA	0,002	0,025	0,009	6,21	13	25,6	8,12	32	0,80	3,12	0,00	0,00
ANAKE NA	0,001	0,016	0,009	6,33	20	26,6	8,06	30	0,00	0,00	0,00	0,00
ST JHONS	0,001	0,017	0,01	6,47	21	26,2	8,13	32	0,53	0,00	0,00	0,00
CALLAO EXPRESS	0,001	0,064	0,06	5,84	12,25	30	8,02	32	0,00	0,72	0,00	0,00
ALIANCA CHANGAI	0,000	0,060	0,07	5,25	23,75	30,1	8,1	24	0,53	3,02	0,00	0,02
PANABO	0,000	0,056	0,01	5,49	23,25	29,7	7,92	26	1,34	3,90	0,00	0,09
HANGA BERLIN	0,001	0,057	0,00	4,7	12	31,7	7,75	28	0,53	0,00	0,00	0,00
SIELTOR	0,003	0,070	0,009	2,22	428,2	29,4	7,71	30	0,53	0,00	0,02	0,06
HERON	0,041	0,055	0,09	5,54	24	29,5	7,8	20	0,00	0,75	0,02	0,00
STENAC	0,001	0,060	0,03	5,66	19,25	30	8,04	22	0,27	0,29	0,02	0,03
CALA PALMERA	0,001	0,059	0,01	5,45	17	30,2	8,14	28	1,07	0,00	0,06	0,05
CHELSEA	0,006	0,062	0,02	5,22	29,5	29,7	7,87	30	0,27	0,00	0,00	0,00
SEABOARD FLORIDA	0,000	0,002	0,00	5,02	23,25	29,4	7,97	28	0,00	0,00	0,00	0,00
ANALSA	0,001	0,054	0,02	1,6	6,5	29,7	7,48	30	0,00	0,00	0,00	0,00
CSAV LIBORNO	0,002	0,056	0,01	1,67	4,5	30,2	7,75	30	0,00	0,19	0,00	0,00
MILAN EXPRESS	0,001	0,054	0,04	1,58	10,5	28,7	7,36	30	0,27	0,00	0,01	0,02
EVINMO NRO VIA	0,001	0,051	0,04	1,32	7,5	31,1	8,02	28	0,27	0,00	0,01	0,00

BUQUE	NO2 (mg/L)	NH4 (mg/L)	PO4 (mg/L)	OD (mg/L)	SST (mg/L)	Tem, (°C)	pH Unida des	Sal	Chl-a (mg/L)	Feo-a (mg/L)	Chl-b (mg/L)	Chl- c+c2 (mg/L)
HELBIN KY EXPRESS	0,002	0,068	0,02	4,51	15,75	31,7	8,23	28	0,00	0,19	0,00	0,02
PANABO	0,001	0,002	0,02	5,34	22,5	29,5	7,73	28	0,27	0,00	0,03	0,03
CCNI PTA ARENA	0,003	0,002	0,05	5,97	24,5	29	7,69	26	0,00	0,37	0,02	0,00
CAP MELVIL LE	0,001	0,002	0,02	5,7	19,5	28,7	7,95	30	0,27	0,00	0,03	0,01
WESTE R HAVE	0,002	0,002	0,01	4,74	46,5	30,5	7,74	28	0,00	0,56	0,08	0,08
CHELSEA	0,003	0,002	0,01	5,6	30,5	30,1	7,76	28	0,53	0,00	0,01	0,02
POLLU	0,001	1,260	1,17	4,623	3	30	8,04	32	0,00	0,00	0,00	0,00
POLLU X A	0,001	1,260	1,17	4,623	3	30	8,04	32	0,00	0,00	0,00	0,00
ROTHO RN	0,012	1,641	0,02	2,941	12,7	30	7,87	30	0,00	0,00	0,00	0,00
TMM DURAN GO	0,003	1,097	0,14	5,34	27	30	8,19	30	0,62	0,00	0,03	0,04
LIKE OSTRI	0,003	0,186	0,15	8,08	38,7	28	8,06	33	0,00	0,00	0,00	0,00
CEC AMERI CA	0,018	0,016	1,12	6,91	32,3	29	7,36	33	0,00	0,00	0,00	0,00
HAPPY BEE	0,004	0,012	0,04	5,25	29,7	28	8,28	29	0,00	0,00	0,00	0,00
PALEN QUE	0,011	0,028	0,04	6,91	6,3	32	8,23	32	0,13	0,36	0,01	0,01
MARESI AS	0,000	0,038	0,02	6,14	13,3	29	7,69	25	0,04	0,00	0,00	0,00
CALA PRO GRESO	0,022	0,002	0,03	2,21	7	29	7,69	28	0,18	0,20	0,02	0,02
PUNTA ARENAS	0,001	0,002	0,03	6,91	12,3	25	7,69	32	0,00	0,45	0,00	0,00
CURA ZAO	0,000	0,002	0,03	8,08	11,9	27,2	7,76	24	0,13	0,12	0,00	0,00

BUQUE	NO2 (mg/L)	NH4 (mg/L)	PO4 (mg/L)	OD (mg/L)	SST (mg/L)	Tem, (°C)	pH Unida des	Sal	Chl-a (mg/L)	Feo-a (mg/L)	Chl-b (mg/L)	Chl- c+c2 (mg/L)
NEDLL OYD CURAC AO	0,002	0,002	0,02	5,25	7,7	28,2	7,89	29	0,00	0,18	0,00	0,00
STENA CONQU UEST	0,089	0,071	0,45	7,1	11	30	7,91	30	0,00	0,00	0,00	0,01
NS CHALL ENGUER	0,011	0,072	0,03	7,5	9,3	29	7,89	28	0,00	0,70	0,03	0,04
HAPPY LADY	0,005	0,096	0,01	6,6	16	30	8,1	35	0,00	0,04	0,00	0,00
TEAM ANEMO NIUM	0,006	0,002	0,11	5,78	12,7	28,3	6,2	22	0,12	0,01	0,00	0,00
PHILLI NE SHULTE	0,006	0,002	0,01	6,87	236,3	28,4	8,22	31	0,00	0,21	0,01	0,01
HAPPY LADY	0,001	0,022	0,01	6,96	29,2	30	8,16	31	0,00	0,19	0,01	0,02

concentraciones menores a 0.01 mg/L, característica que puede limitar los procesos de oxidación en los tanques, puesto que el nitrito como fuente de energía está en menor concentración.

Las concentraciones de amonio fueron mayores que los nitritos, éstas oscilaron entre 0.002 y 1.641 mg/L, observándose liberación de dicho elemento al medio. Esta situación correspondió con los valores de pH también reportados, los cuales en condiciones básicas contribuyen para que se presente una mayor liberación al sistema de esta forma inorgánica del nitrógeno, Chester [13]. La concentración promedio de este elemento fue de 0.102 mg/L, superior a la reportada en estudios anteriores, indicando de esta manera que los procesos de amonificación fueron más significativos. Cabe mencionar, que sólo cuatro buques (Pollux a, Rothorn, TMM Durango, Pta Arenas) son los que en realidad aumentaron la concentración promedio de los valores de amonio

reportados en este estudio. En estos buques, también se reportaron condiciones aeróbicas y alcalinas en los tanques, situación que facilita la liberación de dicho elemento, puesto que este proceso se presenta en condiciones aeróbicas o anaeróbicas y bajo condiciones de pH básicas [14].

Por otro lado, la concentración de ortofosfatos en los tanques monitoreados varió entre 0 y 7.58 mg/L, con promedios de 0.22 mg/L. Con respecto a los estudios anteriores [15, 16] las concentraciones reportadas en este estudio fueron más elevadas, indicando de esta forma que en los tanques está la disponibilidad de nutrientes mínima, para el sostenimiento de especies biológicas [15]. Cinco buques (Balsa, Arauca, Pollux A, CEC América, Stena Conquest) fueron los que reportaron las mayores concentraciones de ortofosfatos en las aguas analizadas. Es de resaltar que El Stena Conquest y Pollux A, también se

encontraron entre las embarcaciones que reportaron las mayores concentraciones de nitrito. Por lo anterior, en estas naves en particular, se puede indicar que las condiciones mínimas de nutrientes y características abióticas del agua son adecuadas para el normal crecimiento de las algas, su mantenimiento y desarrollo.

Las concentraciones de oxígeno en los tanques de lastre de los buques se observaron entre 1.32 mg/L y 8.08 mg/l, con valores promedio de 5.26 mg/L. La variación del parámetro en los tanques corresponde con la forma de acceso al tanque, viéndose claramente reflejado que tanques con valores mínimos de oxígeno correspondieron con tomas directas de las muestras a través de los manholes. Por el contrario, valores de oxígenos más altos se observaron en las muestras que fueron tomadas de otra forma, tal es el caso de la descarga directa al mar o en cubierta. Es importante mencionar que por las características de los movimientos del agua en los tanques de los buques o maniobras de los mismos, el parámetro se ve alterado. Sin embargo, en algunos buques con toma directa también se reportan concentraciones mayores de oxígeno, indicando de esta forma que el sistema es apto para mantener organismos

En promedio los sólidos suspendidos totales estuvieron en 20.48 mg/L. El buque que reporta la menor concentración de sólidos (3.00 mg/L) también reporta valores de salinidad y temperatura característicos de aguas marinas. De este modo se corrobora junto con las características fisicoquímicas del agua analizada, que el buque sí realizó el intercambio en mar abierto como lo establece la directriz A868 de la OMI, puesto que en aguas de alta mar la concentración de sólidos es baja, ya que son ambientes oligotróficos y con una baja influencia de las áreas continentales que aportan la mayor cantidad de material en suspensión. Cabe mencionar que tres buques (Balsa, Weter have y Glory Atlantic), reportaron la mayor concentración de sólidos, estos valores pudieron estar influenciados por la resuspensión del sedimento en el momento de la toma de la muestra, puesto que en el procedimiento de deslastre en cubierta, el agua es bombeada con bastante presión, situación que origina la resuspensión

de las partículas de sedimento. Con respecto a esta carga sedimentaria se puede indicar que sí afecta la zona donde se realiza la descarga (particularmente Colclinker, ECOPETROL) puesto que son grandes cantidades de sólidos las que se acumulan en los tanques y es en estas dos estaciones en donde se realizan las mayores descargas.

Los datos de temperatura reportados oscilaron entre 25 y 35.5 °C, con promedios de 29.9 °C. Los valores más altos correspondieron siempre a la misma embarcación (Happy Bee), dicha temperatura se explica, debido a que la muestra fue influenciada por el sitio donde fue tomada la muestra. Dicho lugar corresponde con los ductos del cuarto de máquinas, área donde se registran altas temperaturas. En comparación con los estudios anteriores, en este buque también se reportaron temperaturas altas, las cuales pueden ser factores de control para muchas especies que no toleran estas condiciones [15]. Algunos autores incluso, dentro de los tratamientos de control de bioinvasores, proponen tratamientos térmicos (40° C) a las aguas en tiempos de exposición superiores a las 5 horas. Aunque no se reportan estas temperaturas tan altas, en términos de esta variable sí puede ser una condición limitante para el normal desarrollo de especies de flora y fauna.

La salinidad osciló entre valores de 0 y 35, rango superior al reportado en la Bahía de Cartagena, el promedio de la salinidad en buques muestreados fue de 27.04, indicando condiciones de salubridad de las aguas y algo de mezcla de las mismas. Si se tiene en cuenta que las aguas son tomadas en áreas costeras y mezcladas al realizar el intercambio en mar abierto, es razonable que los valores se vean afectados por la mezcla. Sólo el 8.5% de los buques reportaron valores de salinidad por debajo de 20, siendo el rango entre 29 a 32 el más predominante. Sólo un buque reportó valores de salinidad de 35 (Happy Lady), este alto valor pudo presentarse por las altas temperaturas registradas en los tanques que generan procesos de evaporación y por lo tanto elevan la salinidad. En general, predominaron rangos de salinidad que corresponden con los generalmente reportados para aguas marinas y que sugieren el intercambio en mar abierto.

Los valores de pH en los tanques monitoreados variaron entre 4.65 y 9.03 unidades de pH, indicando de esta forma la presencia de aguas con características tanto ácidas como básicas. En promedio el parámetro reportó valores de 7.95 unidades de pH, el cual se encuentra dentro del rango normal de las aguas marinas (7.1-8.3), indicando de esta forma aguas de características ligeramente alcalinas. En comparación con la bahía, el rango de variación de este parámetro en los diferentes tanques monitoreados indica algún tipo de contaminación antropogénica, que al ser descargadas en algún sitio específico, puede generar alteración en los procesos biológicos del área directamente afectada. Con excepción de 11 buques, los demás reportaron valores de pH dentro del rango normal de aguas marinas, sólo uno de ellos (Balsa) reporta valores muy por debajo del rango (4.64), indicando contaminación del tanque por productos químicos propios de la carga del buque y 2 (Aguile y Glory Atlantic) de características básicas (9.03) indicando posiblemente aguas con menores concentraciones de CO₂.

Parámetros biológicos

Debido a que la técnica no es específica (espectrofotometría), se reportan la concentración de sustancias que absorben en la misma longitud de onda del pigmento fotosintético clorofila-a entre 0 y 8.81 mg/L, con promedios de 0.46 mg/L, aunque con valores más bajos que los reportados en la bahía, son evidentes dentro de los tanques los procesos de actividad fotosintética. Dicha variación puede presentarse porque bajo las condiciones de oscuridad en que permanecen los fototrofos en los tanques, hace que su nivel de producción disminuya, lo cual es lógico teniendo en cuenta que dichos organismos requieren de una fuente de energía, en este caso la luz, la cual está ausente bajo las condiciones de estudio [16, 17]. Se puede inferir adicionalmente que dadas las condiciones de nutrientes y la concentración de sustancias que absorben en la misma longitud de ondas del pigmento fotosintético clorofila-a reportada en los tanques, estas aguas sí proporcionan los requerimientos mínimos necesarios para el sostenimiento de especies biológicas. Si sumado a esto, se tiene en cuenta que las rutas de estos barcos son más cortas, el tiempo bajo el cual van a estar en condiciones de poca luz va a disminuir, por lo tanto

algunas especies pueden adaptarse a estos períodos de poca luz y reactivar sus procesos productivos una vez se den nuevamente las condiciones ambientales adecuadas (períodos de descarga). En este sentido, es importante verificar los volúmenes y las zonas de descarga para evitar posibles introducciones.

Por su parte, la concentración de sustancias que absorben en la misma longitud de onda del pigmento feofitina- a, oscilaron entre 0 y 13.24 mg/L con promedios de 0.70 mg/L. Las mayores concentraciones de estas sustancias, pueden presentarse porque las características de los tanques como condiciones de poca iluminación y baja disponibilidad de nutrientes, con respecto a un medio natural, generan productos de degradación en mayores concentraciones. Varios de los buques que reportan altas concentraciones de sustancias que absorben en la misma longitud de onda del pigmento fotosintético clorofila-a, también reportan mayores concentraciones de las que absorben en el rango de la feofitina-a, por esta razón y dada la técnica utilizada (espectrofotometría), las que absorben en el rango de la clorofila-a en los tanques puede estar influenciada por los valores de las que lo hacen en el rango de la feofitina-a reportada, lo anterior debido a que los dos pigmentos tienen sus máximos picos de absorción en regiones del espectro similares [18]. Las altas concentraciones de Fefitina-a, también son indicadoras de procesos de degradación y descomposición que en los tanques se dan sobre los productores, debido a las condiciones de poca luminosidad, baja circulación y condiciones de temperatura, nutrientes y demás factores abióticos diferentes a las del medio natural [15].

El 40 % de los buques monitoreados reportan concentraciones entre 0.01 y 0.19 mg/L de sustancias que absorben en el mismo rango de la clorofila-c, por esta razón puede inferirse que dentro de los tanques pudieron encontrarse especies del grupo de las algas pardas y diatomeas, las cuales poseen este tipo de pigmentos dentro de sus células. De las sustancias que absorben en la misma longitud de onda de los pigmentos analizados, la concentración de clorofila b, reportó la menor concentración con respecto a las demás. Dicha concentración osciló entre 0 y 0.33 mg/L, con un promedio de 0.011 mg/L y sólo el 28%

de las embarcaciones (21) reportaron concentraciones de clorofila b mayores a 0.01 mg/L. En este sentido, puede establecerse que dentro de los tanques existen procesos tróficos, sostenidos por los productores primarios, los cuales soportan los requerimientos nutricionales de los consumidores presentes en los tanques. Pese a las limitaciones en los tanques, es evidente la presencia de especies que generan riesgo de introducción en los lugares donde son deslastrados volúmenes de aguas significativos.

En cuanto al componente planctónico y dada la distribución del fitoplancton, se esperaría encontrar mayor cantidad de cocolitofóridos y dinoflagelados, si los buques realizaron la gestión de aguas de lastre como lo indican las directrices de la OMI. Lo anterior, debido a que dichas especies son características de áreas más oceánicas y de ambientes oligotróficos. Sin embargo, es importante recordar que en algunas embarcaciones predomina la mezcla de aguas y por lo tanto la diversidad de especies se ve alterada.

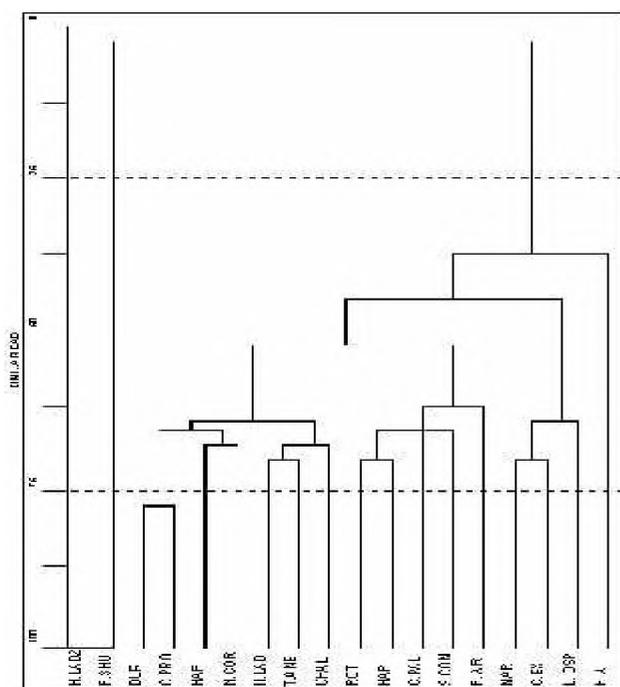


Figura 1. Análisis de clasificación de las aguas de lastre de los buques muestreados en la Bahía de Cartagena. Dendrograma de similaridad de Jaccard (índice cofenético 0,9777).

Se han encontrado 46 especies, distribuidas en 15 familias, además de 4 morfotipos y la presencia de estructuras de resistencia. De éstas, fueron identificadas completamente 41 especies. La diversidad de especies medida a través del índice de Shannon (H') indicó la similitud entre algunas embarcaciones, observándose el más alto valor en los buques Pollux A, Durango, Happy Bee y Rothorn y el más bajo en Nedlloyd Curazao y Team Anemonium (figura 1).

Las especies más abundantes fueron *Coscinodiscus wailesii*, *C. granni*, seguidas de *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros decipiens*, *Asterionella japónica*, *Ceratium vultur* *Oscillatoria sp.*, *Ceratium tripos* *Coscinodiscus sp.* y *C. gigans* (tabla 4). La presencia de estructuras de resistencia como los ipnocistos y algunos quistes también fueron encontrados en algunos buques con una alta densidad. Por lo anterior, las estructuras de resistencia y quistes pueden representar riesgo para la bahía en el momento de ser descargadas al encontrar las condiciones adecuadas para desarrollarse [17].

Con respecto al zooplancton, se identificaron un total de 7.720 individuos, distribuidos en 67 *taxas*, agrupados en 9 *phyla*, entre los cuales los *Artrópodos* predominaron con el 92.16%, seguidos por *Mollusca* con 4.04%, *Quetognatos* con 0.97%, *Protozoa* con 0.91%, *Nemertea* con 0.77%, *Anellida* con 0.76%, *Cordata* con 0.32%, *Cnidaria* con 0.025% y *Equinodermata* con 0.012%. El buque en el que se registró el mayor número de individuos fue el CCNI Punta. Arenas, con 1696 ind/20L, seguido del Buque Alianse Shanghai con 863 ind/20L, Falcon (759 ind/20L); CMA Azteca (535 ind/20L); Dorían (525 ind/20L), Sierra Express (431 ind/20L), CSAV Hamburgo (377 ind/20L), Panabo (359 ind/20L); Irenes Logos (265 ind/20L), Donau (215 ind/20L), Cala Pinar (183 ind/20L) y Cala Palmera (142 ind/20L). Es importante también indicar que de las embarcaciones monitoreadas, en dos buques (CSAV Hamburgo y el Sieltor) no se hallaron individuos. También se observó un aumento considerable en el tamaño de algunos individuos encontrados, comparándolos con los de la fauna de la bahía como es el caso de la *Euterpina acutifrons*, dicha característica ha sido documentada por algunos autores, como típica

Tabla 4. Especies de mayor y menor abundancia (cel/l) encontradas en las aguas de lastre de los diferentes buques muestreados en el año 2006. (MAR: MARESIAS; P. SHUL: PHILLINE SHULTHE; DUR: DURANGO; C.PRO: CALA PROGRESO; P.A: POLLUX A; HAP: HAPPY BEE; C.EX: CARIBIAN EXPRESS; C.PAL: CALA PALENQUE; ROT: ROTHORN; L.OS: LIKES OSPREY; S. CON: STENA CONQUEST; H. LAD2: HAPPY LADY II; HAF: HAFENTOR; N.CUR: NEDDLLOYD CURACAO; H.LAD: HAPPY LADY).

ESPECIES	ABUNDANCIA (cel /l)	BUQUE
Mayor abundancia		
<i>Asterionella japónica</i>	12,91	P.A, ROT, HAP, HAF
<i>Ceratium vultur</i>	11,25	P.A, ROT
<i>C. tripos</i>	10	C.PRO
<i>Coscinodiscus</i> sp.	9,58	C.PAL
<i>C. gigans</i>	9,58	P.A, DUR, L.OS, MAR, C.PAL, S.CON, H.LAD2, P.SHUL
<i>C. granni</i>	20	C.PRO
<i>C. wailesii</i>	30	C.PRO
<i>Chaetoceros decipiens</i>	13,75	P.A, ROT
<i>Oscillatoria</i> sp.	11,25	HAP
<i>Skeletonema costatum</i>	23,33	C.PAL
Menor abundancia		
<i>Dinophysis caudata</i>	0,83	ROT
<i>Melosira moniliformes</i>	0,83	DUR
<i>Planktoniella sol</i>	0,83	C.EX
<i>C. radicans</i>	0,42	DUR
<i>Proboscia alata</i>	0,42	C.EX
<i>Striatella unicipuntata</i>	0,42	ROT
<i>Bacteriastrum furcatum</i>	0,42	MAR
Estructuras de resistencia		
IPNOCISTOS	97,09	P.A, ROT, DUR, L.OS, HAP, MAR, C.EX, N.CUR, H.LAD, H.LAD2, P. SHU
QUISTES	13,76	C.PRO, C.EX, P.A, N.CUR, P. SHU

de organismos propios de ambientes mas oceánicos que costeros. En este sentido, podría inferirse que si se realizó un intercambio en mar abierto, de las aguas cargadas en puerto.

Igualmente es importante mencionar la identificación de las especies *Oithona setigera*, *Oithona plumifera*, (Familia Oithonidae), *Microsetella sp.*, (Familia Ectinosomidae) *Diatrodes sp.*, *Oculosetella sp.*, (Clase Copopoda) dentro del grupo de los artrópodos, como nuevos reportes, lo anterior debido a que en los estudios previos realizados en la bahía y en los buques no han sido reportados [16]. En el grupo de los decapados se podría estar ante una posible introducción de organismos, dada por las especies *Corystoide chilensi* (Familia Atelecyclidae) 4 ind/20L, *Parapagurus Diógenes* (Familia Parapaguridae) 2 ind/20L las cuales se encontraron en el estado larval de zoea. Se habla de posible introducción, dado que también fueron reportados en muestras analizadas de la bahía y estos organismos han sido reportados como su nombre científico lo indica en aguas del Pacífico chileno. Otro reporte nuevo corresponde a la especie *Sagitta minima*, (clase Quetognatha) la cual también ha sido identificada en la bahía.

Al aplicar el índice similaridad de Jaccard, el análisis nos indica que los buques Csau Liborno, Happy Bee y Sector con 99.75%, seguidos de Fujiser Narú e Izola con 77.8% son los que presentan mayor similaridad. Los de menor valor fueron Cap Nelson, Chelsea, Analisa y Cala Palmira, siendo el buque denominado Cap Nelson el más disímil (figura 2).

Parámetros microbiológicos

Como es bien sabida, la OMI a través del Convenio sobre manejo de aguas y sedimentos de lastre en buques de tráfico internacional del 2004, ha establecido en la “Sección D” las Normas para la gestión de aguas de lastre. Dentro de dichas normas en la regla 2D se establecen a algunos microbios indicadores, a efectos de la salud de los seres humanos como los *Enterococos intestinales*, la *Escherichia coli* y el *Vibrio cholerae toxigenico* (01 y 0139) para medir la eficacia de la gestión del agua de lastre.

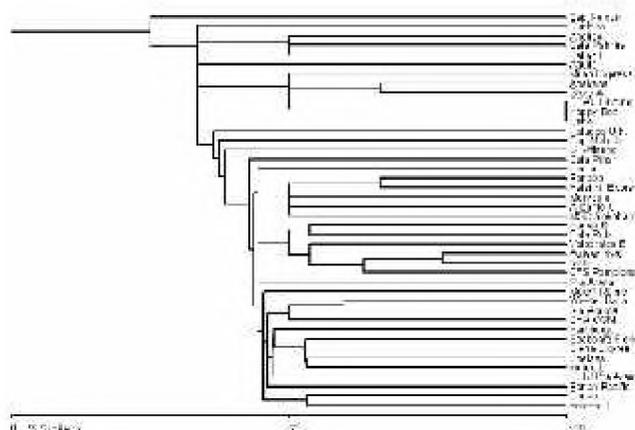


Figura 2. Análisis de clasificación de las aguas de lastre de los buques muestreados en la Bahía de Cartagena. Dendrograma de similaridad de Jaccard (índice cofenético 0,9777).

Es así como en los buques evaluados en cuanto a *Escherichia coli* el 29 % (figura 3) sobrepasa los niveles permisibles citados en el convenio. En este sentido, dichos buques representan riesgo para la salud humana en las áreas donde esta agua sea deslastrada, evidenciándose así una gestión no adecuada de las aguas de lastre.

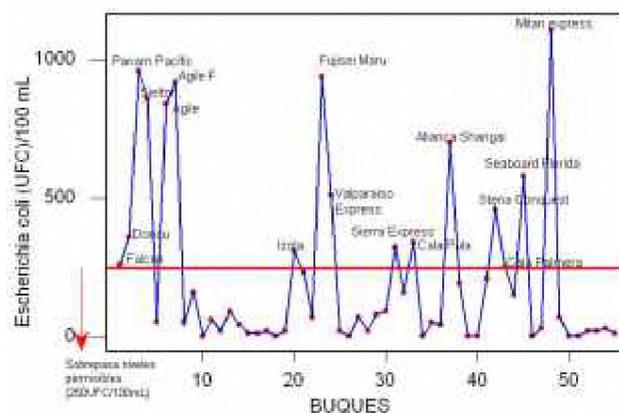


Figura 3. Niveles de *Escherichia Coli*, encontrados en los tanques de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron al Puerto de Cartagena en 2006.

Con respecto a los *Enterococos intestinales* únicamente 6 buques sobrepasaron los niveles

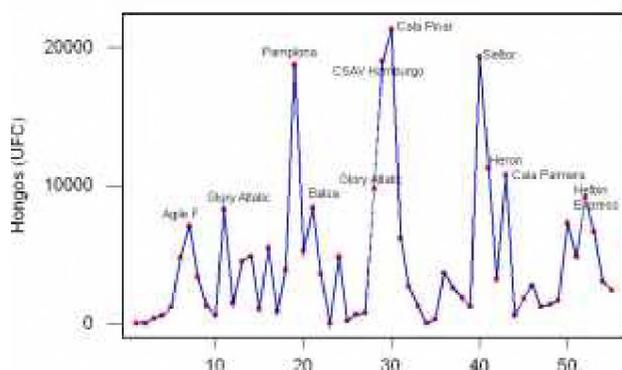


Figura 6. Niveles de hongos, encontrados en los tanques de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron al puerto de Cartagena en 2006.

Por lo anterior y dado que en los tanques pueden existir condiciones no adecuadas para el normal desarrollo de algunas especies, los hongos presentan estructuras de resistencia (esporas), las cuales permite mantenerse latentes en condiciones adversas de crecimiento y con los niveles reportados, éstos se pueden incrementar y representar riesgo también a la comunidad costera si alcanzan las condiciones adecuadas de crecimiento y reproducción.

El 20% de los buques reportó la presencia de *Pseudomonas sp* con niveles superiores a 500 UFC/100 ml; *Salmonella sp* ni *Shigella sp* fueron reportadas en los buques monitoreados durante el período de estudio, por lo anterior el riesgo de transmisión de enfermedades gastrointestinales con respecto a los demás patógenos intestinales es menor.

En los buques los parámetros fisicoquímicos demuestran condiciones ambientales aptas para el normal desarrollo de especies biológicas, dado que las concentraciones por ejemplo de nutrientes están dentro de los rangos mínimos para el sostenimiento de organismos.

Aun se sigue reportando nuevas especies que pueden generar alteraciones en la flora y fauna marinas nativas de la Bahía de Cartagena, razón por la cual es necesario mantener el control y trabajar en la prevención.

Conclusiones

En cuanto a la evaluación de parámetros microbiológico en los tanques de los buques, pudo evidenciarse que alrededor del 30% de los buques sobrepasan los niveles permisibles del microbio indicador *Escherichia coli*, 11% los de *Enterococos* Intestinales y 2% de *Vibrio*, acuerdo con los límites permisibles establecidos en la convención sobre manejo de aguas y sedimentos de lastre. Por lo anterior, se establece el riesgo que representan las aguas de lastre para la salud humana de la comunidad directamente expuesta en las áreas de descarga.

Referencias bibliográficas

- [1] Hewitt C and Campbell M. Mechanisms for the prevention of marine bioinvasions for better biosecurity. 2007. In: ScienceDirect. Marine Pollution Bulletin 55. pp 395-401.
- [2] Gollast S. German Ballast Water Sampling Manual. 2003. In: Globallast monograph series N° 9. 1st International Workshop on guidelines and standards for ballast Water Sampling. Rio de Janeiro, Brazil. pp 81-88.
- [3] aMI. 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. 1998. Londres. 18 pp.
- [4] CPPS. Informe final de la reunión de expertos sobre el impacto de la introducción de especies exóticas en el Pacífico sudeste. Problema de las aguas de lastre de los buques. 2003. Panamá. 139 pp.
- [5] CPPS. 2006. Informe final de la reunión de expertos sobre la participación de los países del Pacífico sudeste en la segunda fase del programa asociación globallast (Globallasts Partnership GEF/UNDP/IMO). Guayaquil, Ecuador. 73pp.
- [6] Cangelosi A et al. Shipboard sampling approaches and recommendations by the Great Lakes Ballast Technology Demonstration Project. In: Globallast monograph series N° 9. 1st International Workshop on guidelines and standards for ballast Water Sampling. 2003. Rio de Janeiro, Brazil. Pp 106-120.
- [7] Gollasch et al. Comparison of ship sampling techniques. 2003. In: Globallast monograph series N° 9. 1st International Workshop on guidelines and standards for ballast Water Sampling. Rio de Janeiro, Brazil. Pp 44-54.
- [8] Sutton, et al. 1998. A review and evaluation of ballast water sampling protocols. In: CRIMP Technical Report, N° 18.

- [9] David M and Perkovi M. Ballast water sampling in the Republic of Slovenia. In: Globallast monograph series N° 9. 1 st International Workshop on guidelines and standards for ballast Water Sampling. 2003. Rio de Janeiro, Brazil. Pp 64-73.
- [10] Hewitt C. The CRIMP review and evaluation of ballast water sampling protocols. 2003. In: Globallast monograph series N° 9. 1 st International Workshop on guidelines and standards for ballast Water Sampling. Rio de Janeiro, Brazil. Pp 61-64.
- [11] Dodgshun T. Sampling Ships, ballast Water: The New Zealand experience (or ... "beasts in ballast water and how to catch them"). 2003. In: Globallast monograph series N° 9. 1 st International Workshop on guidelines and standards for ballast Water Sampling. Rio de Janeiro, Brazil. pp 55-60.
- [12] Cañón M, Tous G, López R y Orozco F. Variación espaciotemporal de los componentes fisicoquímico, zooplanctónico y microbiológico en la Bahía de Cartagena. 2007. En: Boletín Científico CIOH N° 25. pp 120-134.
- [14] APHA-AEEA-WEF. Standard methods for the examination of water and waster water. 20Th Edition. New York. 1998. Pp 2-79a2-81.
- [13] Chester Marine Geochemistry. Second Edition. Departament of HeratSciencias, University of Liverpool. MPG book Ltd, Bodmin, Cornwall. 1999. United Kindom.493 pp. ISBN 0-632-05432-8. 506 pp.
- [14] Grasshoff K, Kremling K and Ehrhardt M. Methods of seawater Analysis. 1999. Third edition. New york; Chicester; Brisbane; Singapore; Toronto; WILEY- VCH. ISBN 3-527-29589-5. 600 pp.
- [15] Rondon S et al. 2003. Sampling Bailas water for pathogens: The Colombian approach. In: Globallast monograph series N° 9. 1st International Workshop on guidelines and standards for ballast Water Sampling. Rio de Janeiro, Brazil. pp 89-96.
- [16] Cañón M et al. Dinámica planctónica, microbiológica y fisicoquímica en cuatro muelles de la Bahía de Cartagena y buques de tráfico internacional. 2005. En: Boletín Científico CIOH N° 23. pp 46-59.
- [17] Gavilán et al. Comunidad fitoplanctónica en la Bahía de Cartagena y en aguas de lastre de buques de tráfico internacional. 2005. En: Boletín Científico CIOH N° 23. pp 46-59.
- [18] Parsons T R, Maita C M and Lalli A. Manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Primera edición 1984, reprinted 1985, with corrections. Gran Bretaña. Pág 200.
- [19] aMI. Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques. 2004. Londres. 38 pp.
- [20] Cañón M, Tous G, López K, López R y Orozco F. Variación espaciotemporal de los componentes fisicoquímico, zooplanctónico y microbiológico en la Bahía de Cartagena. 2007. En: Boletín Científico CIOH N° 25. pp 120-134.