



CIOH
www.cioh.org.co

ARTÍCULO

Resultados del estudio de aguas de lastre en la Bahía de Tumaco (Colombia) – El terminal de multiboyas Ecopetrol

Fecha de recepción: 2011-07-26 / Fecha de aceptación: 2011-09-15

Eliana VELASCO VINASCO, eliorca@gmail.com

Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico, Área de Protección al Medio Marino, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia.
Universidad del Valle, Departamento de Biología, Grupo de Investigación en Ciencias Oceanográficas. Calle 13 No. 100-00, Cali, Colombia.

RESUMEN

La transferencia de organismos nocivos por el envío, en particular a través del transporte de agua de lastre, puede resultar en alteración de los ecosistemas, un cambio de la diversidad biológica, impactos negativos sobre la salud humana y la economía. La introducción de especies que producen consecuencias irreversibles a los ambientes de recepción y economías requieren una atención especial. Una cuestión crítica es la necesidad de evaluar las cantidades y los procesos de introducción de especies. Por lo anterior, en el terminal Multiboyas de Ecopetrol de la bahía de Tumaco (Colombia), fueron muestreados 18 buques de tráfico internacional, al igual que dos sitios de referencia para realizar comparaciones. De las muestras fueron analizados el fitoplancton y zooplancton, además de evaluar los parámetros fisicoquímicos, tanto de los tanques de agua de lastre, como de los lugares de referencia. Los resultados pueden ser considerados como información de base para una evaluación inicial de riesgos de la introducción de especies en un futuro, y como una herramienta importante para la aplicación de medidas de gestión del agua de lastre.

Palabras claves: Buques, agua de lastre, zooplancton, fitoplancton, introducción de organismos, especies invasoras, Bahía de Tumaco.

ABSTRACT

The transfer of harmful organisms by shipping, in particular through the ballast water transport, can result in a disruption of ecosystems, change of biodiversity, negative impacts on human health and economic loss. The introduction of species that produce irreversible consequences in the receiving environments and economies require special attention. One critical issue is the need to assess the amount and processes of species introductions. Therefore, at the terminal Ecopetrol Buoyage at Tumaco Bay (Colombia), 18 vessels in international traffic were sampled, as well as two reference sites for comparison. The phytoplankton and zooplankton of the samples were analyzed and the physicochemical parameters of both the ballast water tanks and reference sites were evaluated. The results can be considered as background information for an initial risk assessment of species introductions in the future and as an important tool for the implementation of measures for ballast water management.

Key words: Shipping, ballast water, zooplankton, phytoplankton, introduction of organisms, alien species, Tumaco Bay.

INTRODUCCIÓN

La transferencia e introducción de organismos alóctonos en ambientes nuevos se produce sin querer o intencionalmente (mediante transporte en navegación acuicultura, investigación científica, etc.). En el transporte, los organismos son transferidos en el agua de lastre, en los sedimentos de los tanques y unidos en los cascos del buque. Los estudios de aguas de lastre realizados en diferentes partes del mundo han demostrado que los buques facilitan la transferencia de organismos acuáticos a través de las barreras naturales [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. Las especies introducidas por buques ya han dado lugar a efectos nocivos en los ambientes naturales, la salud humana y también han causado pérdidas económicas. Entender el proceso de transferencia de especies acuáticas (es decir, la entrada de organismos a los tanques de lastre, la supervivencia durante el viaje y la descarga del agua de lastre) es fundamental para una eficaz gestión de agua de lastre. El proyecto de investigación científica "Levantamiento de línea base portuaria y caracterización del agua de lastre de buques de tráfico internacional en el puerto de Tumaco, Costa Pacífica Colombiana" fue apoyado financieramente por la Dirección General Marítima de Colombia y puesto en marcha en Marzo de 2009. Uno de los objetivos del proyecto fue la evaluación de la transferencia de organismos a través de aguas de lastre dentro de la bahía de Tumaco especialmente con énfasis en el terminal Multiboyas Ecopetrol.

MATERIALES Y METODOS

En primera instancia era importante demostrar la presencia de organismos acuáticos patógenos y nocivos en la descarga de agua de lastre. Para este fin fue requerido el muestreo en aguas de lastre. En total fueron visitados 18 buques de tráfico internacional que arribaron al Terminal Multiboyas de Ecopetrol en la bahía de Tumaco (figura 1). La bahía de Tumaco tiene un terminal Multiboyas (Ecopetrol) donde arriban los buques de tráfico internacional. Este está localizado en la latitud 1° 51' 09.4" N y longitud de 78°48'20.2" W, con una profundidad aproximadamente de 30 m. La evaluación de la descarga del agua de lastre ha demostrado que este terminal es de recepción de agua de lastre de varias regiones del mundo. Para cada uno de los buques, el puerto de origen y la fecha de carga de agua de lastre se registraron en los formularios de notificación de aguas de lastre A20/RES.868 de la OMI (1997).

Tres tanques por buque fueron muestreados, tomando en consideración el origen y el tiempo de residencia del agua en los tanques. Cuando el agua en todos los tanques tenía el mismo tiempo de residencia, los tanques fueron muestreados al azar. La duración del agua de lastre en los tanques antes del muestreo osciló entre 2 y 13 días (en promedio 8.61 días; tabla 1). Sin embargo, para el propósito de este trabajo, los valores de todas las variables, exceptuando los valores del plancton (zooplancton y fitoplancton), fueron el promedio de los tres tanques por cada buque. La toma de muestras se realizó entre febrero y octubre de 2010 y se hizo a través de la apertura de escotillas (manholes), el cual es el método más recomendado [9]. Todos los buques fueron muestreados después de arribar al terminal. Simultáneamente fueron muestreados dos sitios de referencia.

Para la toma de muestras en los tanques de agua de lastre de los buques las muestras se tomaron teniendo en cuenta, los tipos de buques que arribaron a Terminal Multiboyas de Ecopetrol, en la bahía de Tumaco, las operaciones de muestreo se basaron en:

- a. Identificación de métodos seguros y conformes con las operaciones de los buques.
- b. Acceso a los tanques de lastre, 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 [9].

Para la toma de muestras en los sitios de referencia para el análisis biológico se realizaron arrastres superficiales con una red minibongo de 100 μm para el zooplancton y a una red cónica simple de 23 μm para el fitoplancton. Las muestras colectadas fueron envasadas en frascos plásticos de 500 ml y fijadas con formol al 5% neutralizado con bórax en agua de mar, para su posterior análisis en el laboratorio de biología del CCCP. A bordo del buque y en los dos sitios de referencia se registró la lectura de temperatura y pH del agua por medio de un termómetro de cazoleta y un pHmetro WTW, Multi 340i respectivamente. Para la toma de salinidad, nutrientes y concentración de clorofila-*a*, se tomaron muestras de agua con una botella Niskin, cuyo contenido se pasó a bidones de 3.7 litros y frascos plásticos de 500 ml, previamente marcados, e inmediatamente preservados en hielo para su posterior transporte y procesamiento en el laboratorio de química del CCCP. Las muestras

de fitoplancton fueron homogenizadas y se revisó el total de cada muestra utilizando cámara de conteo Sedgwick-Rafter, microscopio invertido ACCU-SCOPE con cámara digital Sony CyberShot DSC-H5, siguiendo las claves de [10], [11], [12], [13] y [14]. La densidad de organismos fitoplanctónicos se estimó en células por litro de agua (Cel/l). Para el zooplancton se estimó la abundancia total (individuos por litro, Ind/l) y de los diferentes grupos taxonómicos con base en el análisis directo de muestras, con ayuda de un microscopio invertido ACCU-SCOPE. Se utilizaron las guías taxonómicas de [15], [17]. La valoración de los parámetros fisicoquímicos se realizó siguiendo los procedimientos validados en el laboratorio de Química del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP). La determinación de amonio se determinó por el método propuesto por [18] y modificado por [19] (método del azul de indofenol); los fosfatos por el método del ácido ascórbico, desarrollado por [20] y recomendado por [19]; los nitritos a través del método desarrollado por [21], y modificado por [22]; los nitratos por el método descrito por [19], y los silicatos por el método del metol-sulfito [19]. La concentración de clorofila-*a* se estimó mediante la técnica descrita por [23], con modificaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FISICOQUÍMICA

La temperatura del agua de los tanques de lastre de los buques registró valores que oscilaron entre 26.30–35.00 °C, con un valor promedio de 28.54±1.54 °C. La temperatura en el sitio de referencia 1 registró valores que oscilaron entre 26.4–28.0 °C, con un valor promedio de 27.13 ± 0.71 °C; en el sitio de referencia 2 se registraron valores entre 25.00 – 28.0 °C, con un valor promedio de 26.78 ± 1.13 °C. La temperatura del agua de los tanques de lastre está por encima del promedio reportado para los sitio de referencia, razón por la cual en términos de esta variable, los organismos pueden encontrar dificultades para adaptarse una vez descargada el agua del tanque a la bahía de Tumaco. Los altos valores de temperatura reportados para los tanques quizás sean responsables del proceso de evaporación que eleva las salinidades. La salinidad del agua de los tanques de lastre de los buques registró valores que oscilaron entre 5.50 – 34.80, con un valor promedio 27.73 ± 8.41. La salinidad en el sitio de referencia 1 registró valores que oscilaron entre 27.3 – 30.6, con un

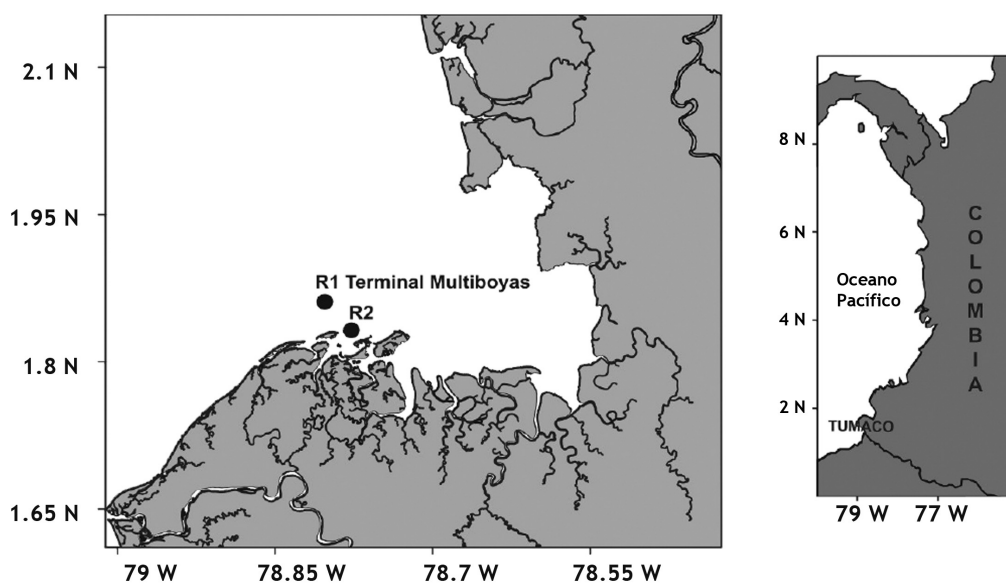


Figura 1. Localización geográfica de la bahía de Tumaco y el terminal multiboyas de carga de crudo de la petrolera colombiana (Ecopetrol).

Tabla 1. Agua de lastre en el tanque antes del muestreo y origen del agua de lastre muestreada de los buques que arribaron al terminal multiboyas Ecopetrol en la Bahía de Tumaco.

Muestra	Tipo de buque	Fecha de toma del agua de lastre	Fecha del muestreo	Días en el tanque	Origen del agua de lastre
1	Crude Oil Carrier	2010-01-30	2010-02-11	12	Los Ángeles
2	Oil Tanker	2010-02-14	2010-02-24	10	Long Beach
3	Oil Tanker	2010-03-11	2010-03-18	7	Callao
4	Crude Oil Tanker Double Hull	2010-04-04	2010-04-14	10	San Francisco/ USA
5	Oil Tanker	2010-04-12	2010-04-21	9	Long Beach
6	Chemical Type II, III	2010-04-25	2010-04-27	2	Buenaventura
7	Oil Carrier	2010-04-23	2010-05-02	9	Wilmington
8	Oil Tanker	2010-05-05	2010-05-13	8	Quintero
9	Crude Tanker	2010-05-17	2010-05-26	9	Wilmington
10	Crude Oil Tanker	2010-06-25	2010-07-06	11	Martinez, Ca
11	Oil Tanker	2010-06-30	2010-07-10	10	Long Beach
12	Tanker	2010-07-17	2010-07-21	4	Acajutla
13	Motor Tanker	2010-07-25	2010-08-02	8	Guaymas
14	Tanker	2010-08-06	2010-08-16	10	El Segundo/ USA
15	Oil Tanker	2010-08-09	2010-08-22	13	San Francisco/ USA
16	Oil Tanker & Chemical	2010-09-08	2010-09-11	3	Guayaquil/ Ecuador
17	Crude Oil Product	2010-09-04	2010-09-13	9	31 – 08.2 N 118-09.3 W
18	Oil Tanker	2010-09-20	2010-10-01	11	Long Beach

valor promedio de 29.27 ± 1.21 ; en el sitio de referencia 2 registró valores entre 9.80 – 22.70, con un valor promedio de 15.37 ± 4.81 . La salinidad del agua de los tanques de agua de lastre está por debajo del promedio reportado para el sitio de referencia 1 y por encima para el sitio de referencia 2. Estos rangos expresan una barrera osmótica natural a la cual deben enfrentarse los organismos, en especial para aquellos organismos que no soportan cambios bruscos en los valores de salinidad (estenohalinos). El pH del agua de los tanques de lastre de los buques registró valores que oscilaron entre 7.67 – 8.31, con un valor promedio 8.14 ± 0.14 . El pH en el sitio de

referencia 1 registró valores entre 8.10 – 8.24, con un valor promedio de 8.17 ± 0.06 ; en el sitio de referencia 2 los valores oscilaron entre 7.70 – 8.08, con un valor promedio de 7.94 ± 0.14 .

La concentración de amonio (NH_4^+) del agua de los tanques de lastre de los buques registró valores que oscilaron entre 0.16 – 8.64 μM , con un valor promedio de $1.36 \pm 1.85 \mu\text{M}$. En el sitio de referencia 1 la concentración de amonio (NH_4^+) registró valores que oscilaron entre 0.00 – 0.68 μM , con un valor promedio $0.21 \pm 0.32 \mu\text{M}$; en el sitio de referencia 2 se registraron va-

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del agua de los tanques de agua de lastre y de los dos sitios de referencia en la Bahía de Tumaco, Pacífico colombiano.

Muestra	Temperatura (°C)	Salinidad	pH	NNH_4^+ (μM)	$(\text{NO}_2)^-$ (μM)	$(\text{NO}_3)^-$ (μM)	$(\text{PO}_4)^{3-}$ (μM)	$([\text{SiO}_3]^{2-})$ (μM)
1	29.33	34.700	8.130	0.650	0.080	0.760	0.200	6.310
2	0.00	0.000	0.000	0.550	0.140	1.850	0.460	1.730
3	27.87	0.000	0.000	0.880	0.190	1.090	0.440	4.210
4	29.40	0.000	0.000	0.440	0.160	0.250	0.510	17.570
5	32.67	0.000	0.000	0.280	0.070	0.710	0.320	1.560
6	29.10	0.000	0.000	0.000	0.090	0.260	0.270	3.850
7	28.97	0.000	0.000	0.550	0.050	1.950	0.280	36.660
8	28.57	0.000	0.000	1.590	0.060	2.860	0.590	2.000
9	29.27	0.000	0.000	0.000	0.700	0.260	1.780	0.000
10	27.03	14.830	8.800	3.470	0.150	7.520	0.640	43.570
11	27.53	26.530	0.000	1.520	0.050	0.330	0.430	4.390
12	28.47	32.100	0.000	1.120	0.000	0.550	0.100	6.280
13	29.15	0.000	0.000	0.000	0.090	2.370	0.280	2.910
14	29.17	19.100	8.290	3.520	0.070	0.460	0.530	1.910
15	27.80	32.370	8.140	0.920	0.080	2.950	0.490	15.170
16	26.30	5.500	7.670	0.620	0.950	42.530	1.340	299.290
17	27.07	32.400	8.140	1.640	0.070	0.890	0.130	8.850
18	26.63	31.900	0.000	0.820	0.220	3.930	0.360	7.700
R1	27.13	29.267	8.177	0.207	0.007	0.409	0.331	7.231
R2	26.78	15.370	7.940	1.310	0.070	3.480	0.730	68.460

lores entre 0.00 – 3.01 μM , con un valor promedio $1.31 \pm 1.17 \mu\text{M}$. La concentración de nitratos (NO_3^-) del agua de los tanques de lastre de los buques registró valores que oscilaron entre 0.14 – 42.53 μM , con un valor promedio de $2.77 \pm 6.62 \mu\text{M}$. En el sitio de referencia 1 la concentración de nitratos (NO_3^-) registró valores que oscilaron entre 0.00 – 1.14 μM , con un valor promedio de $0.41 \pm 0.45 \mu\text{M}$, en el sitio de referencia 2 se registraron valores entre 1.33 – 6.39, con un valor promedio $3.48 \pm 2.15 \mu\text{M}$. La concentración de fosfatos (PO_4^{3-}) del agua de los tanques de lastre de los buques registró valores que oscilaron entre 0.07 – 1.34 μM , con un valor promedio de $0.40 \pm 0.28 \mu\text{M}$. En el sitio de referencia 1 la concentración de fosfatos (PO_4^{3-}) registró valores que oscilaron entre 0.00 – 1.14 μM , con un valor promedio de $0.33 \pm 0.44 \mu\text{M}$; en el sitio de referencia 2 los valores fueron entre 0.00 – 2.73 μM , con un valor promedio de $0.73 \pm 1.09 \mu\text{M}$.

La concentración de nitritos (NO_2^-) del agua de los tanques de lastre de los buques registró valores que oscilaron entre 0.03 – 0.95 μM , con un valor promedio de $0.13 \pm 0.15 \mu\text{M}$. En el sitio de referencia 1 la concentración de nitritos (NO_2^-) registró valores que oscilaron entre 0.00 – 0.04 μM , con un valor promedio de $0.01 \pm 0.02 \mu\text{M}$; en el sitio de referencia 2 los valores fueron 0.05 – 0.10 μM , con un valor promedio de $0.07 \pm 0.02 \mu\text{M}$. La concentración de silicatos ($[\text{SiO}_3]^{2-}$) del agua de los tanques de lastre de los buques registró valores que oscilaron entre 0.86 – 299.29 μM , con un valor promedio de $16.11 \pm 45.33 \mu\text{M}$. En el sitio de referencia 1 la concentración de silicatos ($[\text{SiO}_3]^{2-}$) registró valores que oscilaron entre 0.38 – 16.50 μM , con un valor promedio de $7.23 \pm 6.80 \mu\text{M}$; en el sitio de referencia 2 se registraron valores entre 8.87 – 178.57 μM , con un valor promedio de $68.46 \pm 68.79 \mu\text{M}$ (tabla 2). A partir de estos datos, es posible sugerir que

Tabla 3. Concentraciones de clorofila (mg/m^3) del agua de los tanques de lastre y los dos sitios de referencia en la Bahía de Tumaco, Pacífico colombiano.

Muestra	Concentración de clorofila-a	Concentración de clorofila-b	Concentración de clorofila-c
1	0.35	0.33	0.23
2	0.38	0.41	0.50
3	0.24	0.25	0.26
4	0.15	0.06	0.01
5	0.14	0.18	0.12
6	0.49	0.32	0.31
7	0.27	0.21	0.19
8	0.11	0.06	0.01
9	0.00	0.00	0.00
10	0.23	0.19	0.20
11	0.18	0.09	0.14
12	0.55	0.05	0.21
13	0.09	0.09	0.42
14	0.16	0.09	0.13
15	0.10	0.08	0.14
16	0.00	-0.15	0.03
17	0.19	0.16	0.45
18	0.22	0.09	0.42
R1	1.22	0.41	0.99
R2	2.50	0.77	5.31

la descarga de aguas de lastre por los buques es un importante recurso de nutrientes en algunos casos para la bahía de Tumaco.

PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

La estima de la clorofila del agua de los tanques de lastre de los buques y los sitios de referencia se muestra en la tabla 3. La biomasa fitoplanctónica, expresada como clorofila-a (mg/m^3) del agua de los tanques registró valores entre $0.09 - 0.55 \text{ mg}/\text{m}^3$, con un valor promedio de $0.24 \pm 0.14 \text{ mg}/\text{m}^3$. En el sitio de referencia 1 los valores oscilaron entre $0.34 - 2.12 \text{ mg}/\text{m}^3$, con un valor promedio de $1.22 \pm 0.72 \text{ mg}/\text{m}^3$ y en el sitio de referencia 2 los valores fueron de $0.90 - 5.07 \text{ mg}/\text{m}^3$, con un valor promedio de $2.46 \pm 1.48 \text{ mg}/\text{m}^3$. En el agua de los tanques

de lastre se encontraron, pues, concentraciones bajas de clorofila, mientras que en los sitios de referencia los valores fueron mayores. Se observó hubo una homogeneidad en las concentraciones de clorofila-a entre los petroleros (tabla 3), que podría estar asociada con factores tales como el tiempo de residencia del agua de lastre en los tanques, la disponibilidad de luz, nutrientes y la tasa de alimentación. Todas estas condiciones deben causar un mal estado fisiológico de las células del fitoplancton. Condiciones similares han sido reportados por Drake [24] con respecto al fitoplancton en el agua de lastre de tanques. El estado de eutrofización de las aguas de lastre y la concentración de clorofila-a fue menor a la encontrada en los sitios de referencia; probablemente por esta diferencia, podría haber un bajo riesgo de que estas aguas vertidas tengan un efecto negativo en la bahía de Tumaco.

Tabla 4. Abundancia (Ind l⁻¹) de los grupos zooplanctónicos encontrados en las aguas de lastre de los buques que registraron presencia de estos organismos y de los sitios de referencia durante el período de muestreo de 2010, en la Bahía de Tumaco.

Grupo/ Muestra	1	4	5	9	12	R1	R2
Apendiculariae (<i>Oikopleura</i> sp)						364014.93	96040.39
Mytilidae (<i>Mytilus</i> sp)				2.00		304368.20	263388.17
Bryozoa				2.00		17147.97	
Acartiidae (<i>Acartia</i> sp)						6109.53	214955.81
Calanidae				2.00		1113296.88	2394314.31
Eucalanidae (<i>Eucalanus</i> sp)						21454.42	
Paracalanidae (<i>Paracalanus</i> sp)						17877.42	297029.70
Temoridae (<i>Temora</i> sp)						3429.59	183110.51
Corycaeidae (<i>Corycaeus</i> sp)						322203.70	6534.59
Corycaeidae (<i>Farranula</i> sp)			2.00			37106.09	
Oithonidae (<i>Oithona</i> sp)						398411.36	1989689.19
Oithonidae (<i>Oithona plumifera</i>)						5873.84	
Oncaeidae (<i>Oncaea</i> sp)					4.00	359577.07	296965.70
Euterpinidae (<i>Euterpinina acutifrons</i>)				4.00	2.00	229970.25	690497.67
Ectinosomatidae (<i>Microcrosetella</i> sp)						1714.80	
Pseudopeltidae (<i>Clytemnestra</i> sp)							7961.33
Chaetognatha (<i>Sagitta</i> sp)						75556.86	18614.55
Chaetognatha (<i>Parasagitta</i> sp)						17904.79	5622.89
Cnidaria (<i>Obelia</i> sp)							37229.10
Doliolaria						1723.92	
Echinoidea (larvas <i>pluteus</i>)							92744.63
Foraminiferida (<i>Globigerina</i> sp)						19957.33	
Hydrozoa						1723.92	
Mysidacea							28114.43
Larva velíger						98419.08	190592.64
Nauplios de cirrípedos							75032.09

(Continuación tabla 4)

Grupo/ Muestra	1	4	5	9	12	R1	R2
Nauplios de copépodos					8.00	1805196.18	19184689.4
Nemertinos						1714.80	0.00
Ostrácodos (<i>Cypris sp</i>)						14083.50	78415.05
Spionid						21062.72	26138.35
Spionid (Larva <i>Trocho-phora</i>)				4.00		3429.59	222460.28
Pterópodos (<i>Atlanta inflata</i>)	0.05		2.00				
Pterópodos (<i>Creseis sp</i>)						474653.93	
Pterópodos (<i>Limacina sp</i>)						1723.92	2346.26
Diphyidae (<i>Lensia sp</i>)						47118.58	
Codonellopsidae (<i>Codonellopsis sp</i>)							53537.10
Ptychocylidae (<i>Favella sp</i>)							112532.31
Rhabdonella						1723.92	
Zoe de Anomura					2.00		
Zoea de Brachyura							2346.26
Zoea de Majidae						857.40	
Zoea de Pinnotheridae						1714.80	
Zoea de Sicyoniidae (<i>Sicyonia sp</i>)						1714.80	
Huevos de peces (redondos)						1723.92	
Total	0.05	2.00	2.00	14.00	16.00	5794560.01	26570902.71

ZOOPLANCTON

De los 18 buques visitados, solo se reportó la presencia de organismos zooplanctónicos en 5 de ellos. A partir del análisis cualitativo (taxonómico) y cuantitativo, se reportó un total de 34.05 Ind l⁻¹, distribuidos en 6 grupos (tabla 4). El mayor número de grupos zooplanctónicos se encontró en el buque 9 (9 días en el tanque) con 14 Ind l⁻¹. El menor número de grupos (un solo grupo) fue el buque 1 con 0.05 Ind l⁻¹ (12 días en el tanque). El buque 12 fue el que presentó el mayor número de individuos: 16 Ind l⁻¹ (4 días en

el tanque). Se encontró un promedio de 0.44 Ind l⁻¹ de zooplancton. Las mayores densidades fueron encontradas para los nauplios de copépodos (máximo 8 ind l⁻¹ en el buque 12), *Euterpina acutifrons*, *Oncaea spp* y larvas trocóforas con 6, 4 y 4 ind l⁻¹ respectivamente. En el sitio de referencia 1, se reportaron un total de 5794560 Ind l⁻¹, distribuidos en 17 grupos (tabla 4). En este sitio se encontró un promedio de 170428.24 Ind l⁻¹. Las mayores densidades fueron encontradas para nauplios de copépodos (1805196 Ind l⁻¹), calánidos (1113297 Ind l⁻¹), *Creseis sp* (474654 Ind l⁻¹), *Oithona sp* (398411 Ind l⁻¹), *Oikopleura sp* (364015 Ind l⁻¹),

Tabla 5. Abundancia (Cel l-1) de los grupos fitoplanctónicos encontrados en las aguas de lastre de los buques que registraron presencia de estos organismos y de los sitios de referencia durante el período de muestreo de 2010, en la Bahía de Tumaco.

Grupo/Muestra	1	2	3	4	5	7	8	9	12	13	R1	R2
<i>Bacteriastrum furcatum</i>											10360	2440
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>											920	640
<i>Chaetoceros affinis</i>			4	4							1000	360
<i>Chaetoceros danicus</i>											160	120
<i>Chaetoceros laevis</i>			2	2							1080	4440
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>											40	160
<i>Chaetoceros peruvianus</i>			2	2			10				11640	2200
<i>Chaetoceros sp1</i>									2	2	36280	11640
<i>Chaetoceros sp15</i>												40
<i>Climacodium sp</i>											240	80
<i>Coscinodiscus sp1</i>	1		14	6	4		436	178	12	2	36680	12800
<i>Coscinodiscus granni</i>											1520	1920
<i>Coscinodiscus wailessi</i>											1320	
<i>Ditylum brightwe</i>						2					7720	2760
<i>Ephemera</i>												
<i>planamembranacea</i>												880
<i>Gossleriella tropica</i>												320
<i>Guinardia sp</i>											600	
<i>Guinardia flaccida</i>											680	600
<i>Hemiaulus hauckii</i>											5400	4040
<i>Lithodesmiun undulatum</i>												160
<i>Melosira cf spaerica</i>											360	120
<i>Nitzschia bicapitata</i>											120	0
<i>Nitzschia sp</i>											120	320
<i>Nitzschia longissima</i>											80	400
<i>Odontella mobilensis</i>											4640	1360
<i>Odontella sinensis</i>							14	2			7760	4680
<i>Paralia sp</i>												40
<i>Pleurosigma sp</i>											1840	1880
<i>Pseudonitzschia sp</i>											12680	2720
<i>Pyxidicula cruciata</i>							8					40
<i>Rhizosolenia sp</i>											3760	640
<i>Rhizosolenia alata</i>							12					160
<i>Rhizosolenia calcar avis</i>											120	

(Continuación tabla 5)

Grupo/Muestra	1	2	3	4	5	7	8	9	12	13	R1	R2
<i>Rhizosolenia cf. imbricata</i>											1200	160
<i>Rhizosolenia pungens</i>											1440	120
<i>Rhizosolenia setigera</i>											5360	4320
<i>Rhizosolenia styliformis</i>											5480	1960
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>											2160	600
<i>Skeletonema costatum</i>			22	138			250				403280	415040
<i>Stephanopyxis palmiriana</i>											200	80
<i>Thalassionema sp</i>											120	
<i>Thalassiotrix nitzschoides</i>							8				14080	9240
<i>Ceratium delicatum</i>											40	40
<i>Ceratium fusus</i>									2		280	200
<i>Ceratium furca</i>									4		480	440
<i>Ceratium inflatum</i>												80
<i>Ceratium macroceros</i>											240	
<i>Ceratium massiliense</i>											120	40
<i>Ornithocercus sp</i>											160	120
<i>Pediastrum sp</i>											80	320
<i>Pediastrum duplex</i>											600	0.000
<i>Protoperdinium sp</i>											640	160
<i>Pyrocystis lunula</i>		8	8	8								
<i>Anabaena sp</i>												400
<i>Arthrospira sp</i>												160
<i>Oscillatoria sp</i>											80	
<i>Dictyocha fibula</i>											280	160
Total	1	8	58	164	4	2	738	182	14	18	608040	495880

Oncaea sp (359577 Ind l⁻¹), *Corycaeus sp* (322204 Ind l⁻¹) y *Mytilus sp* (304368 Ind l⁻¹). En el sitio de referencia 2, se reportaron un total de 326570903 Ind l⁻¹, distribuidos en 13 grupos (tabla 4). En este sitio se encontró un promedio de 1021957.80 Ind l⁻¹ zooplancton. Las mayores densidades fueron encontradas para los nauplios de copépodos (19184689 Ind l⁻¹), calánidos (2394314 Ind l⁻¹), *Oithona sp* (1989689 Ind l⁻¹) y *Euterpina acutifrons* (690498 Ind l⁻¹).

FITOPLANCTON

Sólo se encontró presencia de organismos fitoplanctónicos en 10 buques. A partir del análisis cualitativo de la muestras de fitoplancton se reportó un total de 1201 Cel l⁻¹, identificándose un total de 18 especies de fitoplancton, pertenecientes a 12 géneros de 3 grupos (tabla 5). El mayor número de especies fitoplanctónicas se encontró en el buque 8 (8 días en el tanque) con

750 Cel l⁻¹. El menor número de especies (sólo 1) se registró en los buques 1 con 0.55 Cel l⁻¹ (12 días en el tanque), buque 2 con 8 Cel l⁻¹ (10 días en el tanque), buque 5 con 4 Cel l⁻¹ (9 días en el tanque) y el buque 7 con 2 Cel l⁻¹ (9 días en el tanque). El buque 8 presentó el mayor número de células fitoplanctónicas, 750 Cel l⁻¹ (8 días en el tanque). Por litro de agua muestreada se encontró un promedio de 66.70 células de fitoplancton (tabla 5). Las mayores densidades fueron encontradas para *Coscinodiscus sp1* con 436 Cel l⁻¹ en el buque 8 (8 días en el tanque) y 178 Cel l⁻¹ en el buque 9 (9 días en el tanque), seguido de *Skeletonema costatum* con 250 Cel l⁻¹ en el buque (8 días en el tanque) y 138 Cel l⁻¹ en el buque 4 (10 días en el tanque). En el sitio de referencia 1, se reportó un total de 608040 Cel l⁻¹, identificándose un total de 49 especies pertenecientes a 23 géneros de 4 grupos (tabla 5). Se encontró un promedio de 12408.98 Cel l⁻¹. Las mayores densidades fueron encontradas para *Skeletonema costatum* (403280 Cel l⁻¹), *Coscinodiscus sp1* (36680 Cel l⁻¹) y *Chaetoceros sp1* (36280 Cel l⁻¹). En el sitio de referencia 2, se reportaron 495880 Cel l⁻¹, identificándose un total de 49 especies pertenecientes a 29 géneros de 4 grupos (tabla 5). Se encontró un promedio de 9917.6 Cel l⁻¹. Las mayores densidades fueron encontradas para *Skeletonema costatum* (415040 Cel l⁻¹), *Coscinodiscus sp1* (12800 Cel l⁻¹) y *Chaetoceros sp1* (11640 Cel l⁻¹).

La abundancia de plancton encontrada en los tanques de agua de lastre se encuentra por debajo de la reportada para los dos sitios de referencia. Debe recordarse que las comparaciones en estos dos casos (sitios de referencia – tanques) son de cuidado debido a que la probabilidad de captura es diferente porque las técnicas empleadas en la colecta de muestra son diferentes para cada buque y para la bahía. Además, es importante tener en cuenta el origen del agua para evaluar el impacto potencial de las descargas de lastre. Este impacto podría ser bajo si el origen del agua de lastre es oceánico (dependiendo de su origen biogeográfico), y medio – alto, si el origen de las aguas es costero. Por lo tanto, es importante establecer estudios de referencia de campo para identificar ese riesgo. Así, aun cuando la viabilidad de los organismos disminuye en el viaje a través de la cisterna, el volumen de intercambio de lastre puede llevar a la introducción de nuevas especies, como se ha reportado para las especies oceánicas durante el intercambio de alta mar del agua de lastre. Para evaluar el riesgo asociado a la descarga del agua de lastre, es necesario llevar a cabo estudios sobre la posible

invasión de las comunidades de zooplancton y fitoplancton. Además, es necesario considerar el efecto de la distancia del punto en que se tomó el agua de lastre, punto de descarga y la dilución. En conclusión, sería conveniente establecer a largo plazo un programa de seguimiento mediante indicadores biológicos como la estructura de la comunidad planctónica, la relación clorofila-*a* – pigmentos, relación diatomeas /dinoflagelados, la presencia de especies de la marea roja, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Carlton JT. Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 1985; 23, 313–374.
- [2] Williams RJ, Griffiths FB, Van der Wal EJ, Kelly J. Cargo vessel ballast water as a vector for the transport of nonindigenous marine species. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 1988; 26, 409–420.
- [3] Gollasch S, Lenz J, Dammer M, Andres HG. Survival of tropical ballast water organisms during a cruise from the Indian Ocean to the North Sea. *J. Plankton Res.* 2000a; 22, 923–937.
- [4] Gollasch S, Rosenthal H, Botnen H, Hammer J, Laing I, Leppäkoski E, Macdonald E, Minchin D, Nauke M, Olenin S, Utting S, Voigt M, Wallentinus I. Fluctuations of zooplankton taxa in ballast water during short-term and long-term ocean-going voyages. *Int. Rev. Hydrobiol.* 2000c; 85, 597–608.
- [5] Olenin S, Gollasch S, Jonusas S, Rimkute I. En-route investigation of plankton in ballast water on ship's voyage from the Baltic Sea to the open Atlantic coast of Europe. *Int. Rev. Hydrobiol.* 2000; 85, 577–596.
- [6] Ruiz GM, Rawlings TK, Dobbs FC, Drake LA, Mullady T, Huq A, Colwell RR. Global spread of microorganisms by ships – ballast water discharged from vessels harbours a cocktail of potential pathogens. *Nature.* 2000; 408 (49–50 NOV 2).
- [7] Gollasch S. The importance of ship hull fouling as a vector of species introductions into the North Sea. *Biofouling.* 2002; 18, 105–121.

- [8] Coutts ADM, Kirrily MM, Chad LH. Ships' sea-chests: an overlooked transfer mechanism for non - indigenous marine species. *Mar. Pollut. Bull.* 2003; 46 (11), 1510-1513.
- [9] Gollasch S. German ballast water sampling manual. 1st International Workshop on Guidelines and Standards for Ballast Water Sampling. *GloBallast Monography. Series No. 9*, IMO London. 2003, 38 - 45 p.
- [10] Jiménez R. *Acta Oceanográfica del Pacífico. Diatomeas y Silicoflagelados del fitoplancton del golfo de Guayaquil*. Guayaquil, Ecuador: INOCAR, 1983.
- [11] Pesantes F. *Acta oceanográfica del Pacífico. Dinoflagelados del fitoplancton del golfo de Guayaquil*. Segunda edición. Ecuador: INOCAR, 1983.
- [12] Tomas CR. *Marine phytoplankton. A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids*. San Diego, USA: Editorial Academic Press Inc; 1983.
- [13] Tomas CR. *Identifying marine phytoplankton*. San Diego, USA: Editorial Academic Press Inc; 1997.
- [14] Uribe Palomino HJ. *Colección fotográfica de organismos fitoplanctónicos de la cuenca del Pacífico colombiano*. 2006.
- [15] Boltovskoy D. *Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino*. Mar de Plata, Argentina: Publicación especial del INIDEP; 1981.
- [16] Dawson JK, Knatz G. *Illustrated key to the planktonic copepods of San Pedro Bay, California*. Los Angeles: Allan Hancock Foundation; 1980. *Tech. Rep*, 2: 1-106.
- [17] Newell GE, Newell RC. *Marine plankton. A practical guide*. London: Hutchinson Educational; 1963.
- [18] Riley JP. The Spectrophotometric Determination of ammonia in natural water with particular reference to sea-water. *Anal. Chim. Act.* 1953; 9: 575-589.
- [19] Strickland JDH, Parsons TR. *A practical handbook of seawater analysis*. Ottawa. Fish. Res. Board of Canadá. Segunda Edición, 1972.
- [20] Murphy J, Riley JP. A modified single solution method for the examination on phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta.* 1952; 27: 31-36.
- [21] Shinn MB. A colorimetric method for the determination of Nitrite. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 1941; 13 (1): 33-35.
- [22] Bendschneider K, Robinson, R. A New Spectrophotometric Method for the Determination of Nitrite in Sea Water. *J. Mar. Res.* 1952; 11: 87 - 96.
- [23] Richards FA, Thompson TJ. The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. II. A spectrophotometric methods for the estimation of plankton pigment. *J. Mar. Res.* 1952; 156-172.
- [24] Drake LA, Ruiz GM, Galil BS, Mullady TL, Friedman DO, Dobbs FC. Microbial ecology of ballast water during a transoceanic voyage and the effects of open ocean exchange. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2002; 233, 13-20.