

Caracterización microbiológica y fisicoquímica del agua de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron al puerto de Tumaco durante 2013

Physicochemical and microbiological characterization of ballast water vessel traffic international that arrived at port of Tumaco, 2013

Fecha de recepción: 2014-02-10 / Fecha de aceptación: 2014-04-07

Jenny Lisbeth Parada-Gutiérrez¹, Claudia Inés Payán-Bastidas², Róbinson Fidel Casanova-Rosero³

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP). Área de Protección del Medio Marino. Capitanía de Puerto de Tumaco, Vía El Morro, San Andrés de Tumaco (Nariño), Colombia. Tel. +57 (2) 727 26 37, Fax: +57 (2) 727 11 80. Correo electrónico: jparada@dimar.mil.co¹, cpayan@dimar.mil.co², rcasanova@dimar.mil.co³

Parada-Gutiérrez JL, Payán-Bastidas CI, Casanova-Rosero, RF. Caracterización microbiológica y fisicoquímica del agua de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron al puerto de Tumaco durante 2013. Bol. Cient. CIOH 2014;32:211-222.

RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron los niveles microbianos para los indicadores coliformes totales, coliformes fecales (*Escherichia coli*), *Enterococcus spp* y el agente patógeno *Vibrio spp*. Así mismo para algunas variables fisicoquímicas (pH, temperatura, conductividad, salinidad, nutrientes y oxígeno disuelto) con base en el monitoreo realizado al agua contenida en los tanques de lastre de once (11) buque-tanques de tráfico marítimo internacional, que arribaron al Terminal Multiboyas de Ecopetrol de Tumaco durante 2013. Los resultados microbiológicos revelaron la presencia de indicadores bacterianos en todos los tanques de lastre: en el 73.9 % de los tanques el recuento microbiano para el grupo coliformes sobrepasó las 250 UFC/100ml y el género *Enterococcus spp* excedió las 100 UFC/100ml en el 8.7 %. Asimismo se registró la presencia del género *Vibrio spp* en el 52.2 % de los tanques examinados. Esto implica que el agua de lastre evaluada, la cual es descargada en la bahía, genera un riesgo potencial tanto para el ecosistema marino como para la salud humana, constituyendo un vector para la introducción de especies invasoras y organismos patógenos. Los niveles de las variables fisicoquímicas se encontraron dentro de los intervalos reportados para la bahía de Tumaco y, por ende, no alteran las características del agua de la bahía.

PALABRAS CLAVES: agua de lastre, bahía de Tumaco, indicadores bacterianos, Pacífico colombiano, parámetros fisicoquímicos.

ABSTRACT

In the present study microbial levels for total coliforms, fecal coliforms (*Escherichia coli*), *Enterococcus spp* and *Vibrio spp* pathogen indicators were evaluated; likewise, some physicochemical variables (pH, temperature, conductivity, salinity, nutrients and dissolved oxygen) were determined from monitoring carried to the water in the ballast tanks of 11 tankers of international maritime traffic, arrived on Ecopetrol Terminal in Tumaco during 2013. The microbiological results revealed the presence of bacterial indicators in all ballast tanks; in 73.9% of the tanks, the microbial count for coliform group surpassed the 250 CFU/100 mL; the genus *Enterococcus spp* exceeded 100 CFU/100 mL at 8.7%. Also, the presence of *Vibrio spp* in 52.2% of examined tanks were recorded. This implies that the tested ballast water, which is discharged in the bay, can be considered a risk to the marine ecosystem and to human health, becoming a vector for the introduction of invasive species and pathogens. The levels of physicochemical variables were within the ranges reported for the Tumaco Bay and therefore do not alter the characteristics of the water in the bay.

KEYWORDS: water ballast, Tumaco Bay, bacterial indicators, Colombian Pacific, physicochemical parameters.

INTRODUCCIÓN

La economía mundial se mueve a través del transporte marítimo, proporcionando el medio para el traslado de mercancías entre cientos de kilómetros de un lugar a otro y con la mejor relación costo-beneficio. Más del 90% del comercio en el mundo se realiza a través de buques, los cuales atraviesan los diferentes océanos con más de un billón de toneladas de productos [1] que aportan significativamente a la economía de un país.

Los buques son diseñados y construidos para movilizarse en forma segura a través del agua mientras llevan la carga. Sin embargo, cuando un buque navega sin carga debe contar con un peso adicional para que pueda operar con seguridad y mantener el proceso de navegación eficiente. El material empleado como suplemento de carga se llama lastre. El lastre ha sido definido como piedra, arena, agua u otro elemento de peso que se pone en el fondo de la embarcación a fin de permitir la navegabilidad [2]. Entre los materiales o elementos empleados como lastre, el agua juega un papel importante y empezó a utilizarse desde 1880, por ser más asequible y fácil de cargar, dado que es más eficiente y económica que el lastre sólido. Debido al riesgo que genera el deslastre, la transferencia de organismos por este tipo de descarga se investigó en forma esporádica hasta finales de 1980. La introducción de especies invasoras en ambientes acuáticos es un fenómeno que el sector salud y la industria naviera han reconocido como una problemática para la salud pública [3].

La Organización Marítima Internacional (OMI) considera que la transferencia de organismos nocivos vía agua de lastre se identifica como una de las cuatro amenazas de contaminación al medio marino, así como causante de la pérdida de biodiversidad, desplazamiento de comunidades nativas, perjuicio a la salud humana y a los ecosistemas costeros. A diferencia de los derrames de hidrocarburos y otras contaminaciones marinas asociadas con actividades marítimas y portuarias, los organismos y las especies marinas exóticas no pueden ser depurados ni absorbidos por los océanos [4]. El agua de lastre actúa también como reservorio de muchas otras especies micro y macroscópicas [5].

La introducción de bacterias patógenas a través del agua de lastre recibió mayor importancia en los años 90, cuando la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA, por sus siglas en

inglés) y el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos detectaron *Vibrio cholerae*. Perú fue el primer país de América en presentar un brote de cólera en 1991. Un año después el microorganismo fue detectado en Estados Unidos, en tanques de lastre de buques que provenían de América del Sur [6]. Por otro lado, la presencia de bacterias de origen fecal en los tanques de lastre se debe principalmente a que los buques toman el agua en puntos cercanos a puertos o bahías contaminados con aguas residuales domésticas e industriales, que son descargadas a estos cuerpos de agua, lo que es considerado un riesgo, tanto para la salud como para los ecosistemas marinos.

Es por esta razón que OMI, en conjunto con el Fondo para el Medioambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), desde 1994, implementan medidas para el control y manejo del agua de lastre, con el fin de minimizar la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y patógenos. Esto permite proveer asistencia técnica a los países en vía de desarrollo a través del proyecto GloBallast, cuyo objetivo principal es ayudar a países y/o regiones vulnerables a reducir los riesgos y el impacto que provoca la introducción de especies invasoras y organismos patógenos, a través del agua de lastre de los buques que realizan navegación internacional [7].

En Colombia, la Dirección General Marítima (Dimar), desde 2002, a través de sus centros de investigaciones científicas marinas del Caribe (CIOH) y del Pacífico (CCCP), inició el levantamiento de información en algunos puertos del país, con el fin de evidenciar la vulnerabilidad de las zonas costeras ante este tipo de contaminación biológica; buscando además establecer lineamientos para orientar procedimientos que permitan controlar y minimizar el riesgo de introducción de especies por el agua de lastre [3]. Tras esta consideración, el CCCP estableció el monitoreo de los buques con agua de lastre que arriban a los puertos de Tumaco y Buenaventura.

En el marco anterior, el presente estudio permite evaluar los niveles de algunas variables fisicoquímicas e indicadores microbiológicos del agua de lastre en buques de tráfico marítimo internacional que arribaron al Terminal Multiboyas de Ecopetrol en el puerto de Tumaco durante 2013.

ÁREA DE ESTUDIO

La ubicación geográfica del presente estudio corresponde a las coordenadas 78°48'13.50' W

y 01°51'8.50' N en la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano, a una distancia de 5.26 m de la costa; lugar de arribo de buques tanques de tráfico internacional que permite las operaciones de cargue de petróleo (Figura 1).

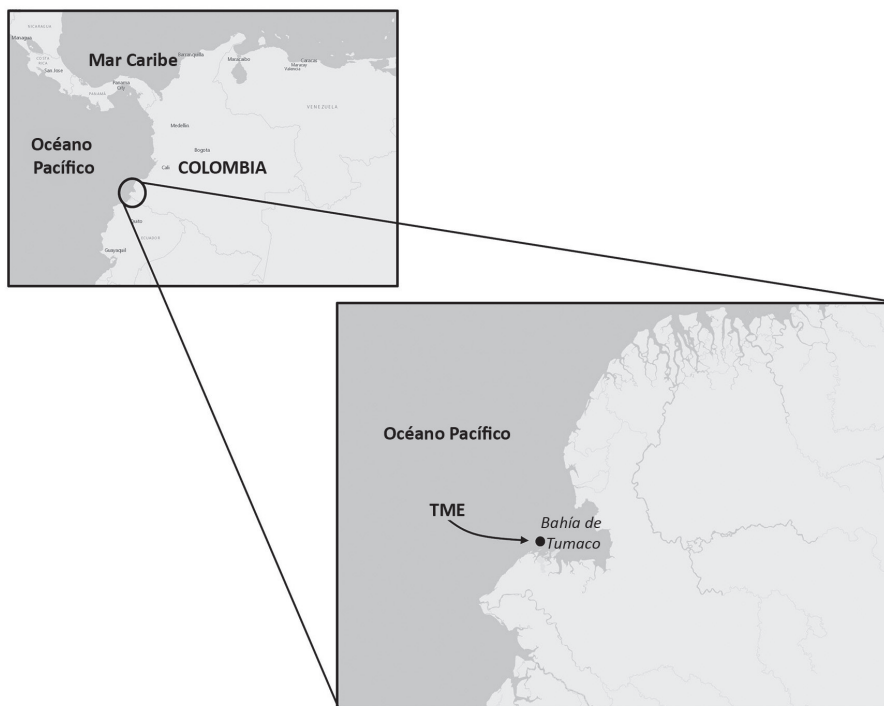


Figura 1. Localización del Terminal Multiboyas de Ecopetrol, bahía de Tumaco, Pacífico colombiano.

METODOLOGÍA

En cada buque se tomaron muestras de agua en dos tanques de lastre, accediendo directamente a través de la apertura de escobillas (*manholes*).

Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos

Las muestras destinadas a los ensayos fisicoquímicos fueron preservadas y transportadas al Laboratorio de Química del CCCP para su posterior análisis. Las variables relacionadas con la temperatura y la conductividad se midieron *in situ*, por medio de una sonda multiparamétrica YSI modelo 85. Los análisis tendientes a

determinar los niveles de nutrientes y oxígeno disuelto se realizaron siguiendo los métodos validados y acreditados en el Laboratorio de Química del CCCP y hacen parte del alcance de la acreditación lograda bajo Resolución 6561 ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), y actualmente bajo vigilancia por parte del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).

La determinación de nitritos se realizó siguiendo el método colorimétrico, descrito por [8]; para los nitratos se empleó el método colorimétrico de reducción con cadmio-cobre, descrito por [9], y para fosfatos el método del ácido ascórbico de [10]. La determinación de oxígeno disuelto se realizó aplicando el método yodométrico 4500-O B, descrito en el Standard

Methods for the Examination of Water and Wasterwater [11].

Las muestras microbiológicas fueron tomadas en frascos Schott x 500 ml de vidrio previamente esterilizados; se procesaron y analizaron empleando la técnica de filtración por membrana descrito en el Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater 22ND Edition [11].

El aislamiento e identificación del grupo de coliformes tanto totales como fecales (*Escherichia coli*) se realizó mediante dilución de las muestras 1:30 (muestra: Agua Destilada Estéril -ADE); los filtros de membrana fueron sembrados en Agar Chromocult y Agar m-Endo LES. Una vez obtenido el crecimiento típico se realizó siembra sobre Agar Eosina Azul de Metileno-Lactosa-Sacarosa (EMB) y Agar Violeta Cristal-Rojo Neutro-Bilis (VRB). Este grupo microbiano fue identificado bioquímicamente empleando Agar Triple Sugar Iron (TSI), Agar Lisina Hierro (LIA), Agar Citrato, Caldo Rojo de Metilo-Voges y Proskauer (RM-VP), Úrea e Indol. Adicionalmente, se realizó la detección de la enzima citocromo-oxidasa.

En la identificación del grupo Enterococos se filtraron 50 ml de muestra, los filtros fueron sembrados directamente sobre Agar Enterocossil; tras la incubación se comprobó su reacción bioquímica empleando el reactivo Catalasa. De forma similar, para el aislamiento e identificación de bacterias pertenecientes al género *Vibrio*, se filtraron 100 ml de muestra. Los filtros fueron sembrados en Agua Peptona Alcalina al 1 %, con el fin de enriquecer su crecimiento. Tras el tiempo de incubación (6 a 10 horas) se sembró por agotamiento en Agar Tiosulfato Citrato Sales Biliares (TCBS) y las colonias representativas fueron sembradas sobre Agar Infusión Cerebro Corazón (BHI). Este grupo

microbiano fue identificado bioquímicamente empleando agar TSI y LIA; adicionalmente, se realizaron la detección de la enzima citocromo-oxidasa y la prueba de la cuerda, esta última tomando colonias representativas de este tipo de bacterias, las cuales se emulsificaron sobre una lámina porta objetos en una gota de suspensión al 0.5 % de desoxicolato de sodio.

Todos los grupos microbianos fueron aislados en Agar Nutritivo para la identificación microscópica, empleando la tinción de Gram.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

Los registros de temperatura del agua en los tanques de lastre variaron entre 23.2 y 31.0°C, con un valor promedio de 27.5±2.0, lo que favorece el crecimiento de una gran variedad de microorganismos mesófilos que toleran temperaturas entre 25 y 40°C.

La máxima temperatura registrada fue de 31.0°C, correspondiente al buque aceitero MAEMI (tanque 9) que arribó el 18 de junio de 2013, procedente de Esmeraldas, Ecuador; esta condición favorece el crecimiento de algunos microorganismos como los coliformes totales y fecales. No obstante, a temperaturas menores, también es posible obtener recuentos elevados, como se evidenció en el buque tanque ICE BLADE (tanques 11 y 12). En contraste, las temperaturas más bajas con valores de 23.4 y 23.2°C se presentaron en los tanques del buque ATHENS STAR (tanques 20 y 21), acompañadas de un crecimiento notable para los coliformes totales, mientras que los fecales presentaron recuentos por debajo de las 250 UFC/100ml, dado que estos se caracterizan por ser más estables en temperaturas superiores [12] (Figura 2).

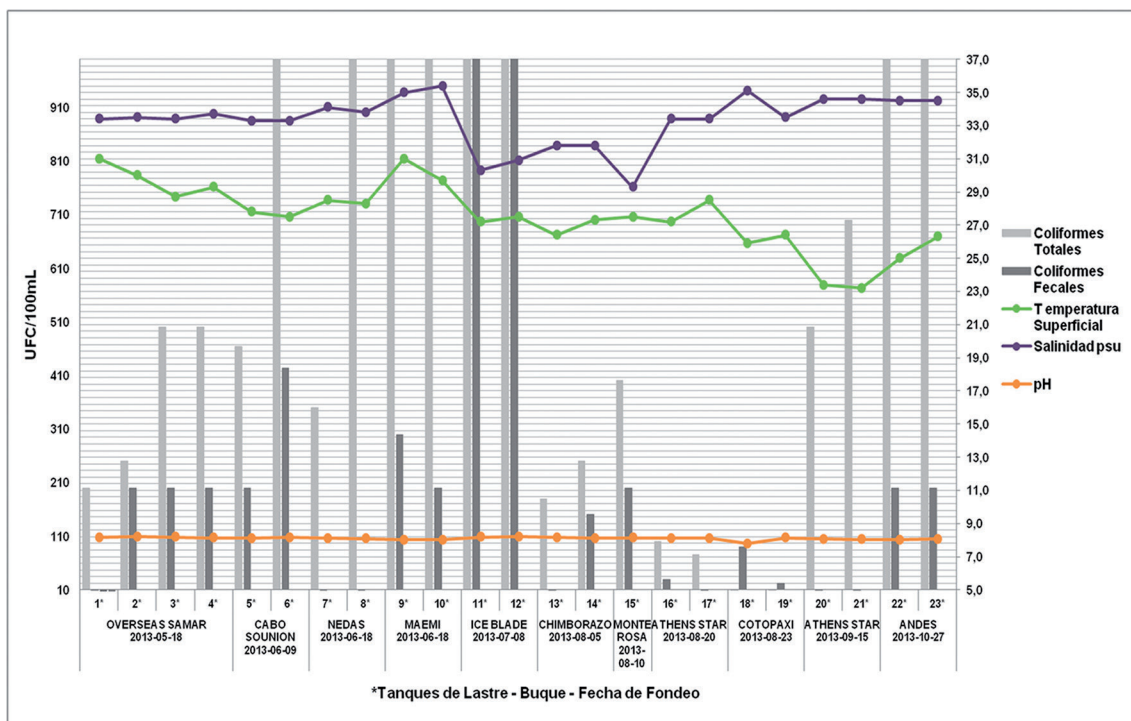


Figura 2. Comportamiento de la temperatura, pH y salinidad vs. concentración de coliformes totales y fecales obtenidos en los tanques de lastre.

La temperatura es una variable de alta influencia en la solubilidad de las sustancias y de los equilibrios en los procesos biogeoquímicos y, por ende, de las condiciones naturales de un ecosistema acuático [4]. Cada grupo de bacterias tiene una temperatura de crecimiento característica: mínima, máxima y óptima; llamadas temperaturas cardinales [13], las cuales se presentan independientemente del medio o matriz en donde quiera crecer el microorganismo. Estudios del efecto de la temperatura sobre el crecimiento bacteriano han reportado que más del 50 % de la variabilidad del crecimiento bacteriano puede ser explicada por la temperatura, por ser ésta un factor limitante potencial que afecta tanto al catabolismo como al anabolismo en las bacterias y, en consecuencia, a la eficiencia de crecimiento. La temperatura de crecimiento puede afectar el estado fisiológico de las bacterias y en respuesta a la variación de la temperatura, éstas alteran la síntesis de proteínas, membranas y una variedad de otras estructuras celulares como resultado de adaptación a las nuevas condiciones ambientales [14].

pH

El agua de lastre registró un pH promedio de 8.10 ± 0.09 , con un intervalo entre 7.79 y 8.22, permitiendo el crecimiento de microorganismos capaces de tolerar rangos elevados de pH (Figura 2). El pH del agua de mar fluctúa entre 8.0 y 8.3, debido a sus propiedades químicas y varía en función la temperatura; si ésta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos marinos [15].

Salinidad

La salinidad varió en el intervalo comprendido entre 29.3 y 35.4 psu (unidades prácticas de salinidad), el valor promedio fue de 33.3 ± 1.6 psu. El 95.7 % de los tanques presentó valores de salinidad por encima de los 30.0 psu, indicando una adecuada gestión por parte de los buques con relación al manejo del agua de lastre. Sin embargo, algunos valores

de salinidad (30.3 y 30.9 psu) en los tanques del buque ICE BLADE (Figura 2), acompañada con la elevada concentración microbiana, permite inferir que el recambio posiblemente no se realizó en su totalidad o se llevó a cabo en una zona de influencia continental; no obstante, otros factores como la precipitación pluvial y las escorrentías también ocasionan disminución de la salinidad.

Con relación a lo anterior, merece mencionar que la Resolución 0477/DIMAR 2012 establece "que las naves y artefactos navales de navegación marítima internacional que procedan de puerto extranjero y pretendan deslazar en aguas o puertos colombianos, deberán hacerlo o cambiar totalmente su agua de lastre en aguas oceánicas a una distancia no menor de 200 millas náuticas y a una profundidad no menor de 200 metros", con el fin de disminuir los efectos adversos y la introducción de nuevas especies en el ecosistema marino. Por esta razón, la salinidad es uno de los indicadores fisicoquímicos más importantes en la gestión y control del agua de lastre permitiendo inferir el lugar de recambio.

Oxígeno disuelto (OD)

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) obtenidos en los buque tanques corresponden

a condiciones normales, los cuales estuvieron comprendidos entre 4.15 y 7.70 mg O₂/L con un promedio de 6.49 mg O₂/L, siendo similares con los niveles de referencia en la cuenca Pacífica colombiana, teniendo en cuenta que la mayoría de las coordenadas reportadas en los registros de recambio de los buques corresponden a esta zona. Aunque la concentración más baja para esta variable se reportó en el buque tanque MONTE ROSA (4.15 mg O₂/l, ver Tabla I) no es un indicativo de afectación para la vida microbiana, es así como se encontraron concentraciones del grupo coliforme por encima de las 250 UFC/100ml, establecido como límite máximo para coliformes fecales, según la Resolución 0477 Dimar/2012 (Figura 3).

Niveles de OD por encima de 4.0 mg O₂/l favorecen el crecimiento de especies marinas, mientras que niveles entre 1.0 y 3.0 mg O₂/l indican condiciones de hipoxia perjudiciales para las mismas. Niveles por debajo de 1.0 mg O₂/l indican anoxia, una condición en la cual ninguna vida que requiere de oxígeno puede soportar [4]. Finalmente, las concentraciones registradas para el OD en los tanques de lastre de los buques reflejaron un ambiente favorable para el crecimiento microbiano de tipo aeróbico, siendo uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad del agua.

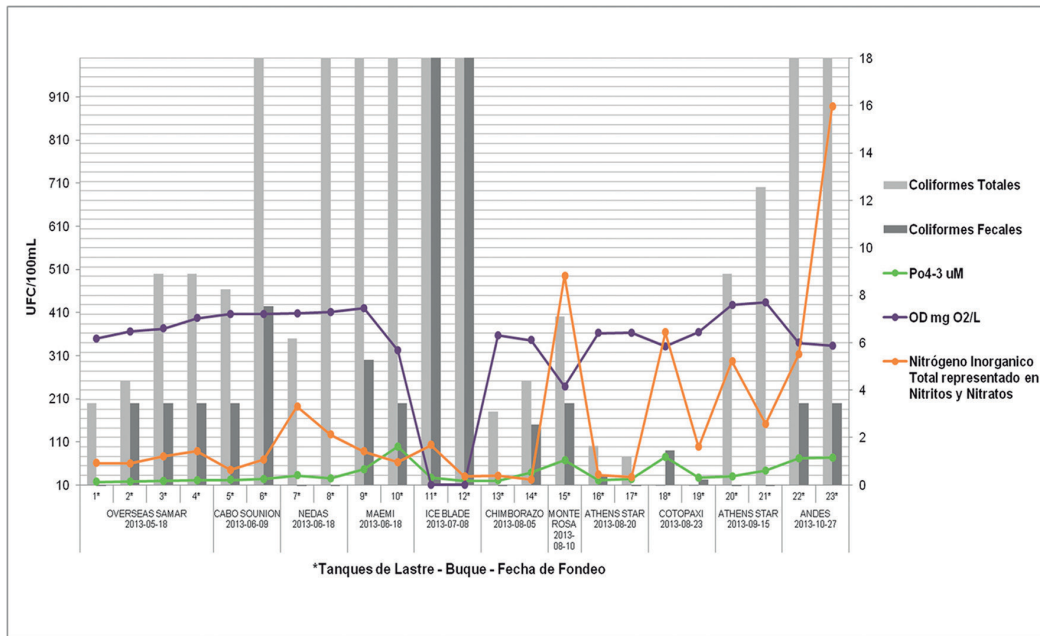


Figura 3. Comportamiento de los nutrientes (nitrógeno inorgánico total y fosfatos), oxígeno disuelto vs. concentración de coliformes totales y fecales obtenidos en los tanques de lastre.

Nutrientes (nitritos, nitratos y fosfatos)

La concentración promedio para los nitritos fue de $0.16 \mu\text{g at N-(NO}_2\text{)}^-/\text{l}$, relativamente baja, obedeciendo a la inestabilidad química de este ion asociada a la oxidación rápida a nitrato, conllevando a que en varias ocasiones éste se encuentre por debajo del límite de detección del método ($0.02 \mu\text{g at N-(NO}_2\text{)}^-/\text{l}$); los niveles de nitratos estuvieron comprendidos dentro del intervalo de 0.12 y $15.60 \mu\text{g at N-(NO}_3\text{)}^-/\text{l}$.

En el buque MONTE ROSA (Figura 3) los valores altos para la fracción de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID), correspondiente a $(\Sigma[\text{NO}_2]^- + [\text{NO}_3]^-)$, y los niveles relativamente bajos de oxígeno disuelto denotan un proceso típico de ambientes donde se lleva a cabo la nitrificación. Un comportamiento análogo se observó en el buque tanque ANDES, cuya concentración microbiana máxima registró las 2600 UFC/100ml (Tabla I, Figura 3).

Los niveles de fosfatos determinados en los tanques de lastre estuvieron entre 0.13

y $1.62 \mu\text{g at P-(PO}_4\text{)}^{-3}/\text{l}$. Las concentraciones relativamente altas se determinaron en los buque tanques MAEMI, MONTE ROSA, COTOPAXI y ANDES; las concentraciones de fosfatos estuvieron dentro valores referenciados por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) ($2.0 \mu\text{g at P-(PO}_4\text{)}^{-3}/\text{l}$) a nivel superficial para el océano Pacífico Ecuatorial. Asimismo, son similares a las reportadas para la bahía de Tumaco.

Enterococcus spp

Pese a que el género *Enterococcus* spp. presenta alta tolerancia a condiciones ambientales adversas (altas o bajas temperaturas, deshidratación, salinidad, luz solar, entre otros factores) [12], solo el 8.7 % de los tanques de lastre presentó recuentos por encima de las 100 UFC/100ml (Figura 4), lo que puede estar relacionado con un lugar de recambio no acorde con lo establecido por la Resolución 0477/Dimar 2012 ($>200 \text{ mn}$).

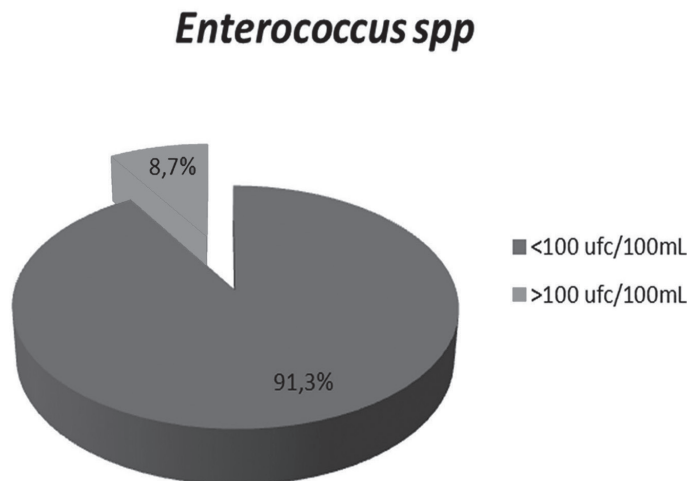


Figura 4. Comportamiento del género *Enterococcus* spp. en los tanques de lastre.

Tabla I. Resultados evaluación microbiológica y fisicoquímica del agua de lastre de buques en el puerto de Tumaco, 2013.

Fecha de muestreo		No. de tanque	Nombre buque	Último puerto	Identificación tanque de lastre	Resultados microbiológicos			
AAAA	MM					DD	UFC/100ml	CF	ENT
2013	5	18			WBT 01 S	200	1	20	P
2013	5	18	Petrolero OVERSEAS SAMAR	Armuelles-Panamá	WBT 03 S	250	200	1	P
2013	5	18			WBT 04 P	500	200	16	A
2013	5	18			WBT 06 P	500	200	16	P
2013	6	9	Petrolero CABO SOUNION	Balboa-Panamá	WBT 06 S	464	200	10	A
2013	6	9			WBT 06 S	1000	424	22	P
2013	6	18	Petrolero NEDAS	Long Beach-USA	WBT 03 P	350	1	1	P
2013	6	18			WBT 04 S	2200	1	1	A
2013	6	18	Aceitero MAEMI	Esmeraldas-Ecuador	WBT 04 P	1500	300	250	A
2013	6	18			WBT 03 S	3000	200	250	A
2013	7	8	Petrolero ICE BLADE	Balboa-Panamá	WBT 03 S	16900	12500	1	A
2013	7	8			WBT 05 P	14800	9200	2	A
2013	8	5	Petrolero CHIMBORAZO	Puerto Armuelles Panamá	WBT 01 P	180	1	2	P
2013	8	5			WBT 03 S	250	150	1	P
2013	8	10	Aceitero MONTE ROSA	Corinto-Nicaragua	WBT 07 S	400	200	1	A
2013	8	20	Petrolero ATHENS STAR	Los Ángeles-USA	WBT 05 S	100	30	1	P
2013	8	20			WBT 02 P	76	1	1	P
2013	8	23	Petrolero COTOPAXI	Talara-Perú	WBT 02 P	3	90	1	P
2013	8	23			WBT 03 S	3	22	1	P
2013	9	15	Petrolero ATHENS STAR	Callao-Perú	WBT 02 P	500	1	1	P
2013	9	15			WBT 02 S	700	1	1	A
2013	10	27	Petrolero Andes	Esmeraldas-Ecuador	WBT 02 S	2600	200	1	P
2013	10	27			WBT 03 P	1300	200	1	A

Continuación Tabla I.

Fecha de muestreo			No. de tanque	Nombre buque	Último puerto	Identificación tanque de lastre	Resultados fisicoquímicos								
AAAA	MM	DD					T	COND	SAL	pH	[NO2]-	[NO3]-	NID	(PO4)-3	OD
2013	5	18	1			WBT 01 S	31.0	50.3	33.4	8.15	0.10	0.82	0.92	0.13	6.17
2013	5	18	2	Petrolero OVERSEAS	Armuelles Panamá	WBT 03 S	30.0	50.9	33.5	8.20	0.11	0.79	0.90	0.14	6.46
2013	5	18	3	SAMAR		WBT 04 P	28.7	50.7	33.4	8.19	0.06	1.15	1.21	0.17	6.59
2013	5	18	4			WBT 06 P	29.3	50.9	33.7	8.13	0.07	1.36	1.43	0.19	7.03
2013	6	9	5	Petrolero CABO SOUNION	Balboa-Panamá	WBT 06 S	27.8	50.7	33.3	8.12	0.12	0.52	0.64	0.21	7.20
2013	6	9	6			WBT 06 S	27.5	50.7	33.3	8.15	0.15	0.91	1.06	0.26	7.20
2013	6	18	7	Petrolero NE-DAS	Long Beach-USA	WBT 03 P	28.5	51.8	34.1	8.12	0.30	3.00	3.30	0.40	7.23
2013	6	18	8			WBT 04 S	28.3	51.5	33.8	8.09	0.18	1.94	2.12	0.27	7.28
2013	6	18	9	Aceitero MAEMI	Esmeraldas Ecuador	WBT 04 P	31.0	53.5	35.0	8.02	0.14	1.27	1.41	0.65	7.46
2013	6	18	10			WBT 03 S	29.7	53.4	35.4	8.01	0.15	0.82	0.97	1.62	5.67
2013	7	8	11	Petrolero ICE BLADE	Balboa-Panamá	WBT 03 S	27.2	46.9	30.3	8.19	0.24	1.44	1.68	0.31	6.13
2013	7	8	12			WBT 05 P	27.5	47.8	30.9	8.22	0.04	0.33	0.37	0.18	6.12
2013	8	5	13	Petrolero CHIMBORAZO	Puerto Armuelles Panamá	WBT 01 P	26.4	48.7	31.8	8.17	0.03	0.36	0.39	0.18	6.31
2013	8	5	14			WBT 03 S	27.3	48.8	31.8	8.12	0.10	0.12	0.22	0.52	6.10
2013	8	10	15	Aceitero MONTE ROSA	Corinto Nicaragua	WBT 07 S	27.5	45.3	29.3	8.14	0.66	8.15	8.81	1.05	4.15
2013	8	20	16	Petrolero ATHENS STAR	Los Ángeles-USA	WBT 05 S	27.2	51.0	33.4	8.11	0.03	0.40	0.43	0.20	6.40
2013	8	20	17			WBT 02 P	28.5	51.1	33.4	8.10	0.02	0.31	0.33	0.26	6.42
2013	8	23	18	Petrolero COTOPAXI	Talara-Perú	WBT 02 P	25.9	53.3	35.1	7.79	0.23	6.20	6.43	1.17	5.85
2013	8	23	19			WBT 03 S	26.4	51.1	33.5	8.14	0.06	1.54	1.60	0.30	6.45
2013	9	15	20	Petrolero ATHENS STAR	Callao-Perú	WBT 02 P	23.4	52.6	34.6	8.06	0.06	5.15	5.21	0.37	7.59
2013	9	15	21			WBT 02 S	23.2	52.7	34.6	8.04	0.13	2.44	2.57	0.6	7.7
2013	10	27	22	Petrolero Andes	Esmeraldas Ecuador	WBT 02 S	25.0	52.7	34.5	8.03	0.27	5.24	5.51	1.13	5.99
2013	10	27	23			WBT 03 P	26.30	52.7	34.5	8.06	0.37	15.60	15.97	1.16	5.87

WBT: Water Ballast Tank; CT: Coliformes Totales; CF: Coliformes Fecales; ENT: Enterococos; P/A: Presencia/Ausencia; T: Temperatura; COND: Conductividad; SAL: Salinidad; NID: Nitrógeno Inorgánico Disuelto; OD: Oxígeno Disuelto.

Vibrio spp

El género *Vibrio spp* se encuentra de forma natural en ambientes marinos, especialmente en columnas de agua que presentan amplio rango de salinidad y disponibilidad de nutrientes y aunque es posible encontrar algunas especies en aguas dulces, muchas de éstas son halófilas con requerimientos mínimos de 0.5 % de NaCl para su crecimiento. La concentración y la dinámica de las poblaciones del género *Vibrio* se ven influenciadas por gradientes de factores abióticos como temperatura,

salinidad, disponibilidad de nutrientes, entre otros [16].

Durante la evaluación microbiológica del agua de lastre de los buques que arriban al Terminal Multiboyas de Ecopetrol, en el puerto de Tumaco, se registró la presencia del género *Vibrio spp.* en el 52.2 % de los tanques muestreados (81.8 % buques) (Figura 5); lo que indica que existen las condiciones medioambientales que favorecen el desarrollo de este grupo microbiano, siendo potencial el riesgo de introducción de este patógeno a través de este vector.

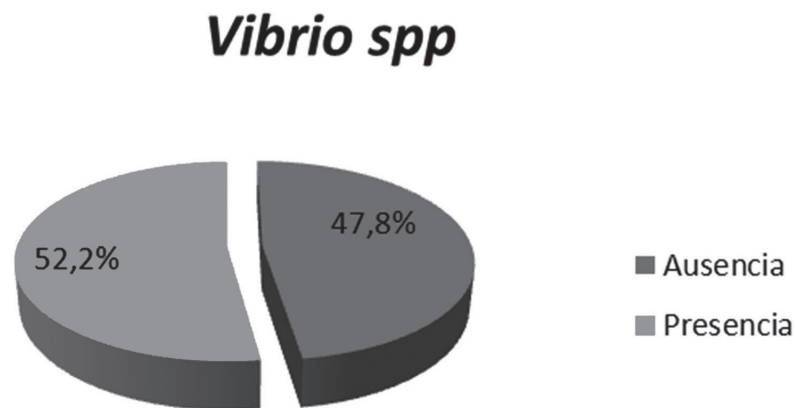


Figura 5. Comportamiento del género *Vibrio spp* en los tanques de lastre.

Finalmente, soportado en las determinaciones tanto fisicoquímicas como microbiológicas, es importante establecer que cada tanque de lastre al ser cargado se constituye como un nuevo sistema, donde el componente biológico presente difiere en cada tanque de un mismo buque.

CONCLUSIONES

- El agua de lastre de los buques que arribaron al Terminal Multiboyas de Ecopetrol en el puerto de Tumaco durante 2013 presenta elevada carga microbiana; sin embargo, la norma es clara respecto a las concentraciones establecidas para el grupo coliforme fecal (>250UFC/100ml) y desde el punto de vista fisicoquímico los buques analizados muestran condiciones favorables de temperatura, pH, nutrientes y oxígeno para su desarrollo y crecimiento.

- Aunque se determinó la presencia del género *Vibrio spp.* en el 52.2 % de los tanques evaluados, se considera importante definir la especie con el fin de establecer el riesgo para el ecosistema marino y la salud humana, debido a que especies patógenas como *Vibrio cholerae* son causa importante de enfermedades consideradas de salud pública, con graves casos de morbilidad y grandes pérdidas económicas en las industrias procesadoras de productos marinos.
- Las variables fisicoquímicas registraron concentraciones dentro de los intervalos normales en aguas de mar. Se registraron algunos incrementos en el NID debido a procesos de nitrificación por parte de bacterias de este tipo.
- La caracterización del agua de lastre evidencia el compromiso nacional e internacional que

tiene Colombia como país líder en el Pacífico Sudeste en cuanto a la gestión y control de este vector; se espera aportar a la implementación de la Resolución 0477 de 2012, así como al alcance de los objetivos internacionales OMI, los cuales permiten concretar y establecer directrices claras y cumplibles para mitigar tal problemática, y riesgo permanente para todos los puertos.

- El trabajo conjunto con las diferentes capitanías de puerto aporta al proceso de investigación desarrollado por los centros de investigación científica de la Autoridad Marítima Colombiana, así como a la gestión y control del agua de lastre en el país; la verificación de la información registrada en la 'Notificación del agua de lastre' evidencia la gestión a bordo de la embarcación, con lo cual fue posible observar algunas irregularidades en los puntos de recambio registrados, donde las coordenadas reportadas correspondían a puntos en tierra, a recambios a menos de 30 mn de la costa, así como a la ausencia de recambio del agua con deslastre en puerto.

LITERATURA CITADA

- [1] FMAM-PNUD-OMI. Asociaciones GloBallast y el IIO: Directrices para la Evaluación de la Condición Jurídica y Social Nacional del Agua de Lastre. Monografía GloBallast No. 17. [Internet] Londres: Organización Marítima Internacional; 2009. [Consultado 2013 mayo 21]. Disponible en: http://globallast.imo.org/Monograph_17_Guidelines_Status_Assessments_Spanish.pdf
- [2] Cañón ML. ¿Qué es el agua de lastre? En: Dimar-CIOH. Dossier para el control y la gestión del agua de lastre y sedimentos de los buques en Colombia. Cartagena de Indias: Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Ed. Dimar, Serie Publicaciones Especiales CIOH. Vol. 3, p.15-29; 2009.
- [3] Cañón ML. El problema del agua de lastre de los buques: dimensión e impacto. En: Gracia A, Medellín-Mora J, Gil-Agudelo DL, Puentes V. (Eds.). Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. [Internet]. Bogotá: Invemar. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2011. P. 29-35. [Consultado 2013 mayo 11]. Disponible en: http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/portalinvasoresmarinos/docs/10063Guia_Especies_IntroducidasMarinoCos.pdf
- [4] Dimar-CCCP. Panorama de la contaminación marina del Pacífico colombiano 2005-2010. Serie Publicaciones Especiales Vol. 7. San Andrés de Tumaco: Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. Ed. Dimar; 2012.
- [5] Quintana D, Cañón ML, Castro I. Evaluación de la calidad microbiológica del agua de lastre de buques de tráfico internacional en Bahía Portete y Puerto Bolívar. Bol. Cient. CIOH 2008;26:143-156.
- [6] Takahashi CK, Lourenço NGGS, Lopes TF, Rall VLM, Lopes CAM. Ballast water: a review of the impact on the world public health. J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop. Dis. [Internet] 2008;14(3):393-408 [Consultado 2013 junio 12] Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-91992008000300002&script=sci_arttext
- [7] Cañón ML. Programas e iniciativas internacionales. En: Dimar-CIOH. Dossier para el control y la gestión del agua de lastre y sedimentos de los buques en Colombia. Cartagena de Indias: Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Ed. Dimar. Serie Publicaciones Especiales CIOH Vol. 3, p. 31-51. 2009.
- [8] Bendschneider K, Robinson RJ. A new Spectrophotometric Method for the determination of nitrite in sea water. J Mar Res. 1952;11: 87-96.
- [9] Strickland JDH, Parsons TR. A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed. J. Fish. Res. Bd. Canada; 1972.
- [10] Murphy J, Riley JP. A single-solution method for determination of soluble phosphate in sea water. J. mar. boil. Ass. 1958;37:9-14.
- [11] APHA, AWWA, WEF. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. 22ND EDITION. Washington DC: American Public Health Association. 2012.

- [12] Jiménez IL. Prospección del ictioplancton en la superficie del océano Pacífico colombiano. Periodo 19.sep-08.oct.04. Estudio Regional del Fenómeno El Niño (Erfen) [Trabajo de grado Biólogo]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias; 2007.
- [13] Pulido MDP, Ávila S, Estupiñán S, Gómez A. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. NOVA. [Internet] 2005;3:69-79. [Consultado 2013 julio 21]. Disponible en: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf.
- [14] Jiménez A. Efecto de la temperatura en la eficiencia de crecimiento y respiración en bacterias marinas heterotróficas. [Tesis de Maestría en Oceanografía Costera] Baja California: Universidad Autónoma de Baja California; 2004.
- [15] Biblioteca Digital-ILCE [Internet] Propiedades químicas del agua de Mar: Salinidad, Clorinidad y pH. [Consultado 2013 agosto 25]. Disponible en: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec_17.html
- [16] Garay-Tinoco JA, Gómez-López DI, Ortiz-Galvis JR. Diagnóstico integral biofísico y socioeconómico relativo al impacto de las fuentes de contaminación terrestre en la bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un plan de manejo. [Internet] Santa Marta: Invemar; 2006 [Consultado 2013 septiembre 10]. Disponible en: www.cccp.org.co/index.php/descargas/category/5-libros?download