

VERIFICACIÓN DE LA GESTION DE AGUA DE LASTRE-FASE II. SANTA MARTA Y BAHÍA PORTETE

INFORME TÉCNICO

DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA

CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS DEL CARIBE

CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS DEL CARIBE

2021

INTRODUCCIÓN

Es reconocida la importancia del transporte marítimo internacional en el desarrollo de una nación y los beneficios económicos y sociales asociados; sin embargo, también se han documentado los efectos colaterales sobre el medio ambiente, como los ocasionados por la introducción de especies invasoras a través del agua de lastre (Apín-Campos and Torres-Pérez 2016). Este último corresponde a un mecanismo utilizado por los buques para el balance y estabilidad durante la navegación (DIMAR-CIOH, 2009), debido a la dinámica de disminución o aumento de peso por cargue o descargue de mercancía en los puertos. De esta manera cuando el buque realiza carga de mercancía expulsa el agua contenida en los tanques de lastre, así como las especies foráneas y demás material suspendido en esta (González and Salamanca 2013).

Aproximadamente, cada año se transfiere de 3 a 5 billones de toneladas de agua de lastre y diariamente por este vector se transportan 10000 especies (DIMAR-CIOH, 2009), pero no todas tienen éxito en el transporte o en el establecimiento en el nuevo ecosistema, para poder dispersarse y convertirse en invasoras (Capdevila-Argüelles, Zilletti, and Suárez Álvarez, 2013).

La preocupación a nivel mundial ante esta problemática se ha despertado desde hace varios años, debido a los impactos de la introducción de especies, siendo una de las principales causas de pérdida de biodiversidad, además de los efectos negativos a nivel social y económico, así como situaciones de riesgo para la salud humana (Lizarralde, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior y el creciente flujo del transporte de mercancías, la Organización Marítima Internacional ha implementado acciones voluntarias para minimizar los impactos, entre estas el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques, 2004 (Convenio BWM). Si bien, Colombia no es país firmante del Convenio, ha introducido al marco legal a través de la dirección General Marítima, la Resolución 477 de 2012 de la Dirección General Marítima (DIMAR) (Dirección General Marítima, 2012) en la cual se adoptan voluntariamente las orientaciones de la OMI en materia de prevención de introducción de especies y patógenos por agua de lastre. En el marco de esta Resolución y como parte de la función de la Autoridad marítima contenidas en Decreto ley 2324 del 1984 y Decreto 5057 de 2009, la DIMAR realiza la verificación de la gestión de agua de lastre a bordo de naves y artefactos navales nacionales y extranjeros en aguas jurisdiccionales colombianas.

Si bien, la normatividad nacional vigente refiere dentro las Normas Aplicables a la Gestión del Agua de Lastre, el cambio de agua (Artículo 5) y normas de eficacia (Artículo 6); la labor de las Capitanías

de puerto en cuanto a las inspecciones realizadas para la verificación de cumplimiento, es respaldada por el laboratorio de la DIMAR (Sede Caribe y Sede Pacífico) en los casos que se considere, con el fin de soportar técnicamente la toma de decisiones ante situaciones que puedan generar posibles sanciones a un buque.

Es por eso, que en el presente desarrollado como parte del proyecto “Producir información técnica-científica para PMM en Áreas Marinas y Zonas Portuarias-, Fase II”; se dan a conocer los resultados de la verificación del agua de lastre realizado por las Capitanías de puerto de Puerto Bolívar, Santa Marta y Buenaventura, y soportado por los resultados de laboratorio teniendo en cuenta la resolución 477 de 2012. Es preciso aclarar que autores como Aguilar y Martínez (2012) sugieren que no es suficiente el uso de parámetros indicadores (físicos o químicos) para concluir una adecuada gestión de agua de lastre de acuerdo a la Regla B-4 y la regla D-1, siendo necesario incluir la caracterización microbiológica y biológica realizada al agua de lastre en el caso de buques que no cuenten con sistema de tratamiento para la gestión de agua de lastre.

METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta lo referido en el a regla D-1 del Convenio BWM y el artículo 5 de la Resolución 477 de 2012, la toma de muestras a los buques que no manifestaron sistema de tratamiento a bordo, se realizó como parte de la investigación científica en el marco del proyecto “Prevención de la contaminación biológica transferida por el tráfico marítimo internacional a través de la bioincrustación y otros vectores (agua, sedimentos de lastre)”. Por lo tanto, los resultados de la inspección pormenorizada realizada a estos, no se reportan en virtud del cumplimiento a la D1.

Se seleccionaron aleatoriamente embarcaciones (teniendo en cuenta el tiempo de carga, lastrado y deslastrado) que arribaron a Puerto Bolívar, Santa Marta y Buenaventura, con el fin de realizar verificación de la gestión del agua de lastre. Se realizó medición *in situ* de salinidad del agua contenida en los tanques para los cuales el buque presentó intención de deslastre en puerto de acuerdo al formato de reporte de Gestión. Seguidamente se realizó toma de muestras de agua para análisis microbiológicos, así como para la determinación de fitoplancton, zooplancton. Para lo anterior, se procedió haciendo uso de diversas técnicas de muestreo (Tabla 1) considerando el tipo de buque y acceso a los tanques de lastre, presencia de sistema de tratamiento del agua de lastre, además manteniendo siempre las condiciones de seguridad del personal (DIMAR-CIOH, 2009).

El muestreo microbiológico se realizó a través de los manholes utilizando botella Niskin previamente purgada. Se tomaron de manera puntual a una profundidad definida, 1000 mL de agua que se almacenaron en botellas de vidrio de borosilicato previamente esterilizadas y se preservaron en refrigeración (entre 4 – 8°C) hasta su procesamiento (Figura 1) (Tabla 1).

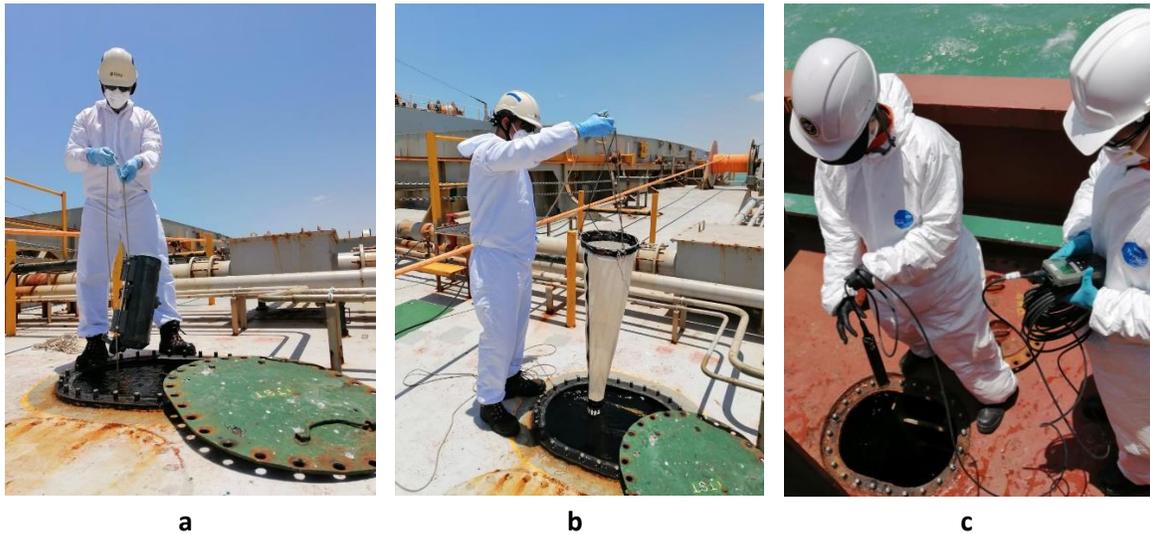


Figura 1. Monitoreo en buques de tráfico internacional. Toma de muestras de agua de lastre **a.** Botella niskin; **b.** Red de plancton; **c.** Medición de salinidad *in situ*

Tabla 1. Técnicas implementadas en el monitoreo de tanques en buques que arribaron a Puerto Bolívar puertos en el primer semestre del año 2021. B = parámetros biológicos; M = Parámetros microbiológicos; T.A= total arrastre

Área	Puerto	Buque	Tanque	Tipo de muestreo		Profundidad de la toma de muestra (m)		Preservación muestras biológicas
				B	M	B	M	
Santa Marta	Puerto Drummond	Elizabeth II	3BS	Redes plancton*	Botella niskin	3	2	Formaldehído
			6BS					
			6P					
		Tiger South	WBTS5					
			WBT4					
BW Japan**	1TSWB	8						
	3TSWB	9						
Guajira	Puerto Bolívar	Algoma Victory	ST1P	Redes Plancton*	Botella niskin	3	2	Formaldehído
			ST1S					
		Green Universe	4SWBT	Redes Plancton*	Botella niskin	3	2	
			4PWBT					
		UBC Santa Marta	3SWBT	Redes Plancton*	Botella niskin	3	2	
4SWBT								
5SWBT								

**Buque con sistema de tratamiento de agua de lastre

Para la toma de muestras biológicas, se realizaron arrastres verticales mediante redes cónicas de 30 cm de diámetro de boca y tamaño de poro de 20 μm para fitoplancton y 80 μm para zooplancton. Se realizó un muestreo compuesto a partir de tres arrastres por parámetro, donde la profundidad total del arrastre corresponde al producto del número de lances por la profundidad de la toma de (Figura 1) (Tabla 1). Las muestras fueron fijadas con formaldehído al 36% neutralizado con tetraborato de sodio con concentración final del 4% (Vivanco and Seguel, 2009) (Tabla 1).

Una vez colectadas las muestras de agua, se realizó el registro en la cadena de custodia, conformidad con los protocolos establecidos por el laboratorio; así mismo estas fueron clasificadas, y almacenadas para su posterior análisis.

PROCESAMIENTO DE MUESTRAS

Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de la DIMAR sede Caribe y Pacífico. Tanto los procedimientos de campo como en laboratorio, siguieron los protocolos establecidos por el laboratorio de la DAMAR con el fin de garantizar la integridad de las muestras y obtener resultados confiables.

Componente microbiológico

Las muestras fueron procesadas en campo, una vez fueron tomadas, la técnica utilizada para el análisis de cada uno de los microorganismos se muestra a continuación en la Tabla 2

Tabla 2. Técnicas de análisis utilizadas para *Vibrio Cholerae*, *E. Coli* y *Enterococcus*. SM= Standard Methods for the examination of water and wastewater

Parámetro	Técnica/método	Norma de referencia	Descripción general	Máximo admisible*
<i>Vibrio cholerae</i>	Filtración por membrana	SM 9260H, 2017 "modificado"	<p>Enriquecimiento: Agua peptonada alcalina al 1%. Aislamiento en Agares: TCBS, BHI, CromoAgar. T° de incubación: 35±2°C Tiempo de incubación: 18 a 24 horas. Pruebas bioquímicas: Cuerda y oxidasa</p>	<1 UFC/100mL
<i>E.Coli</i>	Filtración por membrana/recuento en placa	SM 9222d	<p>Aislamiento en Agar selectivo: m-FCT° de incubación: 44,5 ± 0,2°C Tiempo de incubación: 24±2 horas -Pruebas confirmatorias en: Caldo EC-MUG en un baño de agua a 44,5 ± 0,2°C durante 24±2 horas con tubos durham. Caldo Lauril Triptosa incubar a 35 ± 0,5°C por 24 ± 2 horas, si es necesario a leer nuevamente 48 ± 3 horas de incubación con tubos durham. Caldo Brilla incubar a 35 ± 0,5°C por 24 ± 2 horas, si es necesario a leer nuevamente 48 ± 3 horas de incubación Producción de Indol incubar a 35 ± 0,5°C durante 4-6 horas (hasta 24 horas dependiendo del medio de cultivo usado) Crecimiento en Citrato Incubar a 35 ± 0,5°C durante 48 hora.</p>	<250 UFC/100mL
<i>Enterococcus</i>	Filtración por membrana/recuento en placa	SM 9230C	<p>Aislamiento en Agar selectivo: m-Enterococcus, BHI. T° de incubación: 35±0,5°C Tiempo de incubación: 48± 3 horas. Pruebas confirmatorias en: Caldo BHI e incubar a 35 ± 0.5 °C entre 24 ± 2 y 48 ± 3 horas. Trascorrido el tiempo de la incubación del caldo BHI realizar siembras en: Agar Bilis Esculina: Incubar a 35 °C ± 0.5 °C por 48 ± 3 horas. Caldo BHI: Incubar a 45 ± 0.5 °C por 48 ± 3 horas. Caldo BHI con 6.5% NaCl: Incubar a 35 °C ± 0.5 °C por 48 ± 3 horas</p>	<100 UFC/100mL

* Artículo 6 de la Resolución (Dirección General Marítima, 2012) (regla D2 convenio BWM). Aplica para los buques con sistema de tratamiento a bordo. UFC: Unidad Formadora de Colonia

Componente biológico

Las muestras se sometieron a sedimentación en tubos falcon con capacidad de 50 ml por 24 horas, con el fin de concentrar los organismos fitoplanctónicos. Posteriormente, se extrajo cuidadosamente el sobrenadante realizando revisión en el microscopio (4X) de una alícuota de 1 por cada 10 alícuotas extraídas. Lo anterior se efectuó con el fin de disminuir el riesgo de pérdida de organismos. Dadas las características de las muestras, este procedimiento de concentración permitió obtener un volumen final igual o inferior a 40 ml.

La abundancia planctónica se determinó a partir del volumen filtrado a través de la red (Tabla 1), por medio de la fórmula del volumen de un cilindro, el cual fue calculado mediante la ecuación:

$$V (m^3) = \frac{\pi \cdot (D)^2 \cdot distancia}{4}$$

Donde:

V (m³) = Volumen del cilindro

π = Pi

D (m) = Diámetro de la boca de la red

Distancia (m) = Altura o profundidad del arrastre

El cálculo de las densidades de los taxones identificados para cada embarcación correspondió a la sumatoria de las densidades registradas en cada uno de los tanques del buque. Se realizó la conversión del total de organismos contados por alícuota en relación al volumen sedimentado. Para obtener el resultado final, se estandarizó por unidad de volumen y se expresó la abundancia relativa en células por metro cúbico (cel/m³) para fitoplancton y organismos por metro cúbico (org/m³) para zooplancton.

La identificación de organismos fitoplanctónicos estuvo basada en los trabajos y claves taxonómicas como Cupp (1943), Bicudo and Bicudo (1970), Taylor and Pahlinger (1987), Rabenhorst and Grunow (1889), Balech (1988), Tenenbaum et al. (2004) y Vidal (2010) de aguas estuarinas. Se utilizaron bases de datos digitales (Guiry and Guiry 2021) (Board 2021) para la verificación de especies, su nomenclatura taxonómica y distribución geográfica. Asimismo, se realizó la categorización de las especies nocivas y/o tóxicas, teniendo en cuenta los trabajos de Sar et al. (2002), Vargas y Freer (2004), Vidal y Rangel (2008), Pineda et al. (2009), Sunesen et al., 2009, Sar et al. (2010), Calvo (2013), Gómez (2006), Cantoral (2017) y noticias sobre algas nocivas de Harmful Algae New.

La identificación de organismos zooplanctónicos se basó en los trabajos y claves taxonómicas de Kofoid y Campbell (1929) y Boltovskoy (1981).

RESULTADOS

Variables físicas

Los datos de salinidad reportados oscilaron entre 31,4 y 35,7 PSU, con un promedio de 33,2 PSU. Los valores más bajos correspondieron a la Moto Nave Velos Aquarius, seguido de Silver Manoora, mientras que, Eagle Kinarut y Velebit fueron los buques que reportaron los valores más altos de salinidad (Figura 2).

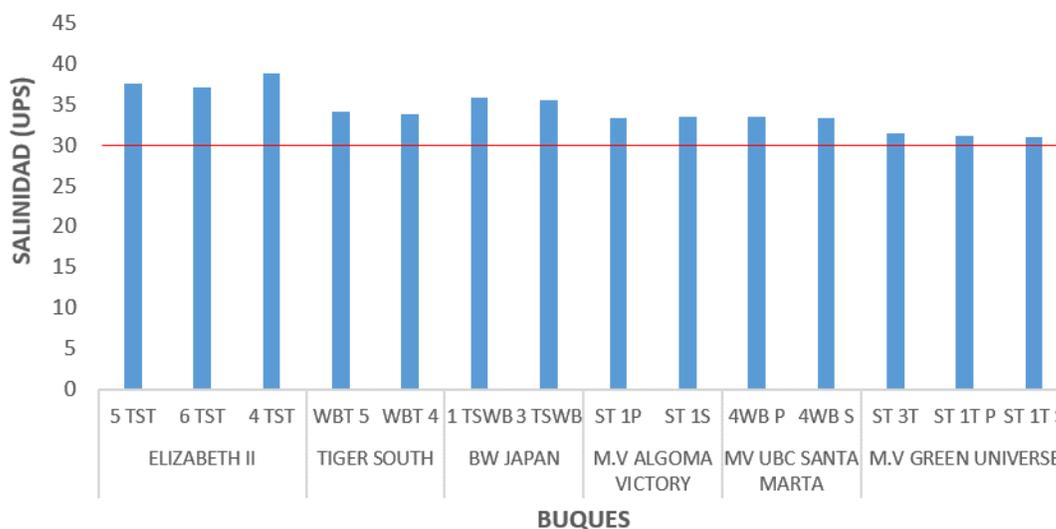


Figura 2. Valores de salinidad de buques monitoreados para la verificación de la Gestión de agua de lastre en las zonas portuarias de Santa Marta y Puerto Bolívar

Componente microbiológico

La Tabla 3 relaciona los datos obtenidos de salinidad y de los parámetros microbiológicos *Vibrio Cholerae*, *E. Coli* y *Enterococcus*, analizados en muestras de agua de lastre de 3 buques que arribaron durante el mes de abril de 2021 a Puerto Bolívar, Guajira. La salinidad para las cuatro embarcaciones inspeccionadas fue mayor a 30 PSU, con un promedio $34,10 \pm 2,93$ UPS, lo que indica que el recambio se realizó fuera de la zona costera.

Las muestras analizadas para los parámetros microbiológicos, evidenciaron la ausencia de *Vibrio cholerae* en cada uno de los tanques muestreados aleatoriamente, obtenido como reporte final <1 UFC/100mL. Aunque se encontraron colonias características en TCBS (redondas, de 2mm amarillas con centro opaco) las pruebas bioquímicas de cuerda y oxidasa no fueron positivas para las colonias confirmadas presuntivas y con CromoAgar *Vibrio*, tampoco existieron colonias típicas (de color turquesa), por ende, no fue necesario realizar pruebas de confirmación por PCR para el serogrupo O1.

Tabla 3. Resultados microorganismos obtenidos en las muestras de los buques muestreados durante el primer semestre de 2021.

Buque	Tanque	<i>Vibrio cholerae</i>	<i>E. coli</i>	Enterococos
ELIZABETH II	5 TST	Ausencia	<2	<1
	6 TST	Ausencia	<2	<1
	4 TST	Ausencia	<2	<1
TIGER SOUTH	WBT 5	Ausencia	<2	<1
	WBT 4	Ausencia	<2	<1
BW JAPAN	1 TSWB	Ausencia	2	<1
	3 TSWB	Ausencia	<2	<1
M.V ALGOMA VICTORY	ST 1P	Ausencia	<2	1
	ST 1S	Ausencia	<2	<1
MV UBC SANTA MARTA	4WB P	Ausencia	<2	<1
	4WB S	Ausencia	<2	<1
M.V GREEN UNIVERSE	ST 3T	Ausencia	<2	3
	ST 1T P	Ausencia	<2	8
	ST 1T S	Ausencia	<2	<1

Para el caso de *E. Coli*, la mayoría de los reportes fueron iguales a <2 UFC/100mL, sin embargo, la muestra 4WB P del buque MV UBC SANTA MARTA, reportó demasiado numeroso para contar (TNTC) (Figura 3), sin embargo se presentó crecimiento de bacterias que no fueron típicas de Coliformes Termotolerantes (*E. coli*) en el medio de cultivo empleado (agar M-FC colonias de color azul, redondas). Lo que indicó el resultado final como <1 UFC/100ml. No obstante, en el buque BW JAPAN en la muestra tomada del tanque 1 TSWB, se reportaron 2 colonias típicas de *E. Coli*.

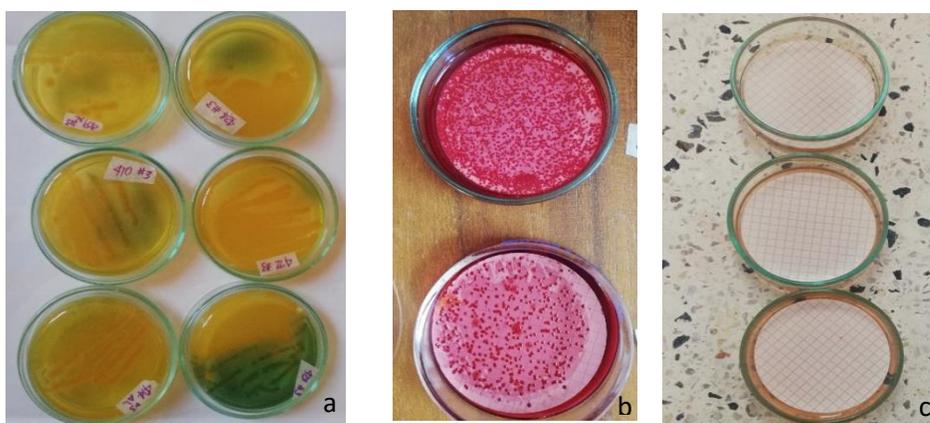


Figura 3. a. Agar TCBS con colonias presuntivas de *Vibrio cholerae*; b. Agar m-FC con crecimiento TNTC de colonias de bacterias Coliformes Termotolerantes; c. Agar m-*Enterococcus* sin crecimiento de colonias típicas.

Por otra parte, para el caso de *Enterococcus* se evidenció su presencia en 2 de los 4 buques muestreados. Para el caso de la embarcación M.V ALGOMA VICTORY, se reportó 1 UFC/100mL en el tanque ST 1P y para el buque MV UBC SANTA MARTA se reportaron 3 y 8 UFC/100mL para los

tanques ST 3T y ST 1T P. Lo anterior, encontrándose dentro de los límites permisibles conforme las directrices de la Resolución DIMAR 477/2012 (regla D2 convenio BWM).

Componente Biológico

Se identificaron 45 organismos fitoplanctónicos de las muestras obtenidas (4 buques), de los cuales 10 fueron reportadas para el buque atracado en Santa Marta y 43 para la Guajira. Se reportan 23 diatomeas, 20 dinoflagelados, 1 silicoflagelado y 1 cianófito (Tabla 4).

En la Moto Nave Elizabeth II fueron identificados 10 taxones, de los cuales la mayor riqueza estuvo dada principalmente por las diatomeas (6 especies), codominando por los dinoflagelados (4 especies) (Tabla 4).

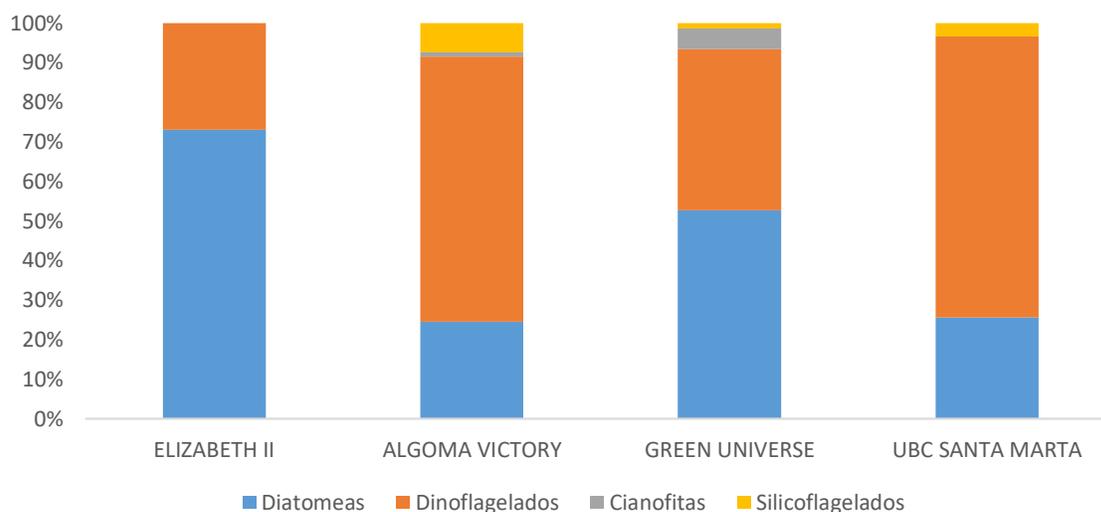


Figura 4. Abundancia de grupos fitoplanctónicos identificados en buques que arribaron a Puerto Bolívar durante el primer semestre del año 2021.

En términos de abundancia se obtuvieron 813 células por metro cúbico (cel/m^3), observando que las diatomeas fueron el grupo dominante para el buque y con el mayor aporte de taxones a la comunidad, debido a que $594 \text{ cel}/\text{m}^3$, es decir el 73% correspondió a este grupo. Por su parte, los dinoflagelados alcanzaron $219 \text{ cel}/\text{m}^3$ representando el 27% (Fig. 3).

Los organismos más representativos para la motonave fueron *Cyclotella* sp. y *Coscinodiscus gigas* para el grupo de las diatomeas, mientras que, para los dinoflagelados, las especies *Prorocentrum* sp. y *Prorocentrum micans* fueron las más representativas; especies de los géneros *Protoperdinium* y *Tripos* fueron reportadas, sin embargo, sus abundancias no fueron altas (Tabla 4).

Tabla 4. Abundancia relativa porcentual de las especies identificadas en buques que arribaron a Puerto Bolívar durante el primer semestre del año 2021. C: Criptogénica; I: Introducida. Origen del agua de lastre: ⁽¹⁾ Puerto Iskenderu; ⁽²⁾ Puerto Tampa; ⁽³⁾ Puerto Ciudad de Panamá; ⁽⁴⁾ Puerto Pointe a Pitre. NT=No tóxica; T=tóxica

Grupo	Especie	FAN		Impacto	SM	Puerto Bolívar		
		NT	T		Elizabet h II	Algom a	Green Univers	UBC Santa
Diatomeas	<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg				0,15	0,06	0,01	-
	<i>Cyclotella</i> sp. (F.T. Kützing) A. de Brébisson				0,23	-	0,01	-
	<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory) Hustedt				0,11	-	-	-
	<i>Pleurosigma</i> sp. W. Smith				0,11	0,04	0,01	0,13
	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg				0,07	0,05	0,01	0,04
	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow)				0,03	0,01	-	0,02
	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström	X		Hipoxia y Anoxia	-	0,02	-	-
	<i>Bacteriastrum</i> sp. G. Shadbolt				-	0,01	-	-
	<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst				-	0,01	-	-
	<i>Cocconeis</i> sp. C.G. Ehrenberg				-	0,02	-	-
	<i>Chaetoceros</i> sp. C.G. Ehrenberg				-	0,01	-	-
	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey ⁽³⁾	X		Hipoxia y Anoxia	-	-	0,01	-
	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow ⁽³⁾	X		Daños mecánicos	-	-	0,03	0,01
	<i>Thalassiosira</i> sp. P.T. Cleve				-	-	0,01	0,03
	<i>Ehrenbergiulva granulosa</i> (Grunow in Cleve & Grunow) Lange-Bertalot & Metzeltin in Witkowski & Lange-Bertalot				-	-	0,01	-
	<i>Coscinodiscus wailesii</i> Gran & Angst				-	-	0,13	-
	<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg ⁽³⁾	X		Daños mecánicos	-	-	0,01	-
	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H.Peragallo				-	-	0,01	-

Grupo	Especie	FAN		Impacto	SM	Puerto Bolívar		
		NT	T		Elizabet h II	Algom a	Green Univers	UBC Santa
	<i>Nitzschia constricta</i> (Gregory) Grunow				-	-	0,01	-
	<i>Rhizosolenia</i> sp. T. Brightwell				-	-	0,05	-
	<i>Bacteriastrum furcatum</i> Shadbolt ⁽³⁾	X		Dificultad respiración en peces	-	-	0,07	-
	<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder ⁽³⁾	X		Dificultad respiración en peces	-	-	0,09	-
	<i>Nitzschia</i> sp. A.H. Hassall				-	-	-	0,01
Dinoflagelados	<i>Prorocentrum</i> sp. Ehrenberg				0,11	-	-	-
	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg ⁽¹⁾	X	X	Hipoxia y Anoxia, formadora de toxina	0,07	-	0,01	-
	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez ^(1, 2, 3)	X		Hipoxia y Anoxia,	0,03	0,02	0,05	0,24
	<i>Protoperidinium</i> sp. Bergh				0,03	-	0,01	-
	<i>Tripos horridus</i> (Cleve) F.Gómez ⁽²⁾	X		Hipoxia y Anoxia, Productora de marea	-	0,02	-	0,01
	<i>Tripos pentagonus</i> (Gourret) F.Gómez ⁽²⁾	X		Hipoxia y Anoxia, Productora de marea	-	0,02	-	-
	<i>Prorocentrum gracile</i> F.Schütt ^(2, 3)	X	X	Hipoxia y Anoxia, formadora de toxina	-	0,02	0,01	-
	<i>Tripos hircus</i> (Schröder) F.Gómez ^(2, 3)	X		Hipoxia y Anoxia, Productora de marea	-	0,34	0,01	0,15
	<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent ^(2, 3, 4)	X	X	Intoxicación	-	0,08	0,01	0,04
	<i>Tripos fusus</i> (Ehrenberg) F.Gómez ^(2, 3, 4)	X		Hipoxia y Anoxia, Productora de marea	-	0,06	0,01	0,17
	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech ^(2, 4)	X	X	Hipoxia y Anoxia, formadora de toxina	-	0,05	-	0,01
	<i>Tripos longissimus</i> (Schröder) F.Gómez	X		Hipoxia y Anoxia, Productora de marea	-	0,02	-	-
	<i>Tripos massiliensis</i> (Gourret) F.Gómez	X		Hipoxia y Anoxia, Productora de marea	-	0,01	-	0,02
	<i>Tripos limulus</i> (Pouchet) F.Gómez ^(2, 4)	X		Hipoxia y Anoxia, Productora de marea	-	0,01	-	0,01

Grupo	Especie	FAN		Impacto	SM	Puerto Bolívar		
		NT	T		Elizabeth II	Algora	Green Univers	UBC Santa
	<i>Protoperidinium pyrum</i> (Balech) Balech ⁽³⁾	X	X	Hipoxia y Anoxia, formadora de toxina	-	-	0,01	-
	<i>Oxytoxum</i> sp. Stein				-	-	0,01	-
	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy				-	-	0,25	-
	<i>Tripes candelabrum</i> (Ehrenberg) F.Gómez ⁽⁴⁾	X		Hipoxia y Anoxia, Productora de marea	-	-	-	0,01
	<i>Protoperidinium bergh</i> ⁽⁴⁾	X	X	Hipoxia y Anoxia, formadora de toxina	-	-	-	0,01
	<i>Tripes trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez ⁽⁴⁾	X		Hipoxia y Anoxia, Productora de marea	-	-	-	0,01
Cianófitas	<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher ex Gomont ^(2,3)	X	X	Hipoxia y Anoxia, formadora de toxina	-	0,01	0,05	-
Silicoflagela	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg ⁽²⁾	X		Daños mecánicos	-	0,07	0,01	0,03

En la Moto Nave Algoma Victory fueron identificados 22 taxones, siendo los dinoflagelados, el grupo de mayor riqueza (10 especies), codominando por las diatomeas con 9 especies y en menor cantidad los silicoflagelados y cianófitas con un solo taxón.

Con respecto a la abundancia, se obtuvieron 2.938 cel/m³, observando que los dinoflagelados fue el grupo dominante para el buque y con el mayor aporte de taxones a la comunidad con 1.969 cel/m³, representando el 67% de la comunidad, mientras que las diatomeas alcanzaron 719 cel/m³ representando el 24%, los grupos silicoflagelados y cianófitas representaron el 7 y % respectivamente (Figura 4).

La moto nave registró mayores abundancias de las especies *Tripos hircus*, *Tripos fusus*, *Dinophysis caudata* y *Protoperidinium divergens*, representativas del grupo de los dinoflagelados y *Coscinodiscus gigas*, *Coscinodiscus radiatus* y *Pleurosigma* sp., del grupo de las diatomeas, los silicoflagelados fueron representados por la especie *Dictyocha fibula*, mientras que las cianofitas por *Oscillatoria* sp. (Tabla 4).

En la Moto Nave Green Universe fueron identificados 27 taxones, de los cuales la mayor riqueza estuvo dada principalmente por las diatomeas (15 especies), seguida por los dinoflagelados (10 especies) y en menor cantidad las cianófitas y silicoflagelados con un solo taxón cada uno.

En términos de abundancia se obtuvieron 2.375 cel/m³, observando que las diatomeas fueron el grupo dominante para el buque y con el mayor aporte de taxones a la comunidad con 1.250 cel/m³, representado con el 53%, seguido por los dinoflagelados con 969 cel/m³ representando el 41%, por último, estuvieron las cianófitas con 125 cel/m³ representando el 25% y los silicoflagelados con 31 cel/m³ representando el 1% de la población (Figura 4).

Los organismos más representativos para la motonave fueron *Coscinodiscus wailesii*, *Bacteriastrium hyalinum*, *Bacteriastrium furcatum* y *Rhizosolenia* sp. para el grupo de las diatomeas, mientras que, para los dinoflagelados, las especies *Noctiluca scintillans* y *Tripos furca*. Las especies *Dictyocha fibula* y *Oscillatoria* sp. fueron los representantes de los grupos de silicoflagelados y cianófitas (Tabla 4).

Con relación a los buques BW Japan y Tiger South, atracados en Puerto Drummond (Santa Marta), no se evidenció presencia de células fitoplanctónicas, sin embargo, a través de microscopia se logró observar pequeñas partículas, los cuales se consideraron como materia orgánica.

Por otra parte, se identificaron 24 especies productoras de floraciones algales, de las cuales 17 son consideradas como especies nocivas y siete tóxicas. De la misma forma, gran parte de estas pertenecen al grupo de los dinoflagelados (16 especies), seguida de diatomeas (6 especies), cianofitas y silicoflagelados, con una especie, respectivamente (Tabla 4). Principalmente estas especies se identificaron en agua de lastre proveniente de Ciudad de Panamá y el Puerto de Tampa.

En cuanto la comunidad zooplanctónica, Se identificaron 32 taxones pertenecientes a 13 grandes grupos, tres de ellos con presencia de formas de desarrollo (Polychaeta, Bryozoa y Euphausiacea). Adicionalmente se identificaron formas naupliares y larvas de crustáceos. El grupo de los tintínidos fue el que presentó un mayor número de taxones con 12 géneros identificados. Dentro de los taxones encontrados en todas las embarcaciones se encuentran el tintínido del género *Eutintinnus*, los moluscos, los copépodos calanoideos y los de la familia Oithonidae (Tabla 5).

Tabla 5. Taxones zooplanctónicos registrados en las embarcaciones monitoreadas. Organismos no contados dentro de los grandes grupos.

Grupo	Taxón	Elizabeth	Algoma	Green	UBC Santa
Foraminifera	Foraminifera	-	+	+	+
Polycystina	Polycystina	+	+	-	-
Tintinnida	<i>Amphorides</i>	-	+	+	-
	<i>Codonellopsis</i>	-	-	-	+
	<i>Epirocylis</i>	+	+	-	-
	<i>Eutintinnus</i>	+	+	+	+
	<i>Favella</i>	+	-	+	-
	<i>Parafavella</i>	-	-	-	+
	<i>Ptychocylis</i>	-	-	-	+
	<i>Rhabdonella</i>	-	+	+	-
	<i>Rhabdonellopsis</i>	-	+	+	+
	<i>Salpingella</i>	-	-	+	-
	<i>Tintinnopsis</i>	-	+	-	+
	<i>Tintinnopsis tocaninensis</i>	-	-	-	+
Rotifera	Brachionidae	-	+	+	+
	<i>Keratella</i>	-	+	+	-
Mollusca	Mollusca	+	+	+	+
Polychaeta	Polychaeta (Larva)	-	+	+	-
Bryozoa	Bryozoa (Larva)	-	-	+	-
*	Nauplios crustacea	+	+	+	+
Copepoda	Calanoida	+	+	+	+
	Cyclopoida	-	+	-	-
	Corycaeidae	-	+	+	-
	Oithonidae	+	+	+	+
	Harpacticoida	+	+	+	+
Cladocera	Cladocera	-	-	-	+
Ostracoda	Ostracoda	-	-	+	-
*	Larvas crustacea	-	+	-	+
Appendicularia	Appendicularia	-	-	-	+
Chaetognatha	Chaetognatha	-	+	-	-
	Riqueza total	8	18	16	15
	Abundancia total (Org * m³)	126	4377	1670	72859

Las embarcaciones monitoreadas en la Guajira presentaron un mayor número de taxones, encontrándose en primer lugar AV con 18, seguida por GU con 16 y UBC SM con 15. En contraste, los buques monitoreados en Santa Marta (E II, TS y BWJ) presentaron el número más bajo de taxones. En cuanto a la abundancia total de organismos (Tabla 2), el buque UBC SM presentó un valor dos órdenes de magnitud mayor al registrado para E II (126 org * m³). El buque PAN, pese a

poseer un bajo número de taxones evidenció abundancias similares en magnitud a las del buque UBC SM.

En términos de abundancia relativa, a excepción de GU y BWJ, en todos los buques predominaron numéricamente las formas naupliars de crustáceos con contribuciones entre el 33 y 62 % (Figura 5). La representación de los tintínidos fue notable en todas las embarcaciones con valores entre el 5 (PAN) y el 63 % (BWJ). Del mismo modo, el aporte de los moluscos a la comunidad fue relevante en TS (33 %), GU (20 %) y PAN (15 %). Únicamente en E II, la contribución de los polycystinos superó el 1% (9,09 %) mientras que otros grupos aportaron hasta el 7 % en los buques monitoreados en la Guajira (AV, GU y UBC SM) y hasta el 17 % en los buques monitoreados en Santa Marta (E II, TS y BWJ).

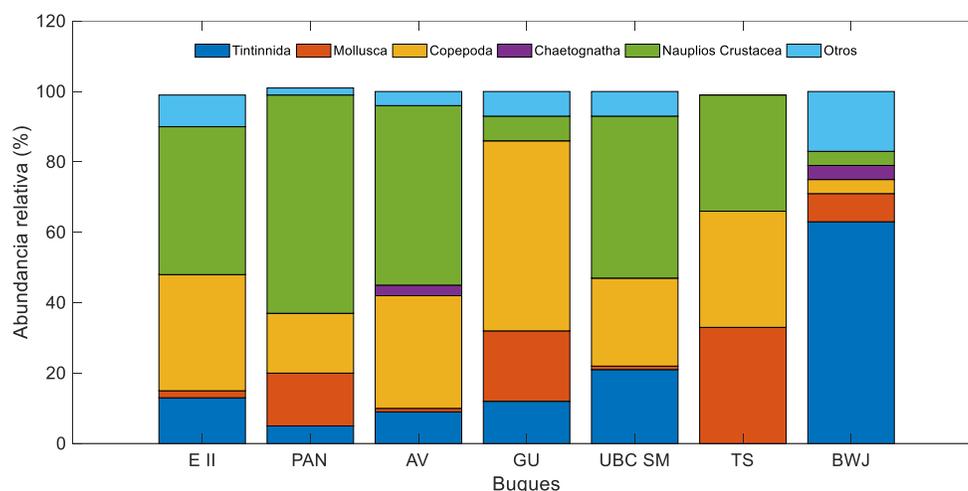


Figura 5. Abundancia relativa (%) de los principales grupos zooplanctónicos en los buques monitoreados.

Discusión

Variable Física

Dentro de las medidas voluntarias para reducir el riesgo de introducción de especies asociadas al agua de lastre, la Organización Marítima Internacional -OMI sugiere el recambio de agua costera por agua oceánica antes que el buque arribe a un determinado puerto y manteniendo las prescripciones de la Regla B-4 “Cambio de Agua de Lastre” y D-1 “Norma para el Cambio del Agua de lastre” del Convenio Sobre la Gestión de agua de Lastre (Arregocés y Cañón, 2015) y adoptadas por la Colombia mediante la Resolución 477 de 2012 de la DIMAR. De acuerdo a la Directiva Permanente 20200027 de la DIMAR, el agua de lastre con salinidad significativamente inferior a 30 UPS indica que no hubo recambio durante el viaje o que este no se efectuó con éxito. En este sentido, todos los tanques inspeccionados presentaron valores superiores al referido

anteriormente, por consiguiente, se asume que el origen del agua contenida en estos proviene de altamar, lo cual disminuye el riesgo de introducciones de organismos a las zonas portuarias de Santa Marta y Puerto Bolívar.

No obstante, el análisis del cumplimiento de la Regla B-4 puede ser complementado con el análisis de otros parámetros 1 (Aguilar y Martínez, 2012), para el caso y términos de investigación a continuación se realiza el análisis de parámetros biológicos tales como composición de especies planctónicas y caracterización microbiológica.

Componente Microbiológico

Los microorganismos en general requieren ciertas condiciones especiales para su crecimiento y desarrollo y dependiendo de la familia y género se van volviendo más específicas dichos requerimientos, entre estos el pH del agua, la salinidad, cantidad de nutrientes, temperatura. Es importante, mencionar que el agua de mar entre más lejana sea de la costa, más dilución de nutrientes va a tener. Se sabe que esta contiene iones inorgánicos y gases disueltos, pero nutrientes importantes para el desarrollo de varios microorganismos con nitrógeno, fósforo y hierro se encuentran en concentraciones muy bajas; siendo estos más concentrados en zonas costeras (Carlucci and Pramer, 1959).

Vibrio cholerae, pertenecen al género *Vibrio* de la familia Vibrionaceae que incluye varias bacterias heterótrofas, bacilos Gram negativos en su mayoría con un flagelo polar. *Vibrio cholerae*, es una bacteria patógena nativa de aguas marinas y se encuentra distribuida a nivel mundial. Produce enfermedades diarreicas graves entre estas el cólera el cual ha tenido una alta tasa de mortalidad, siendo responsables los serotipos O1 y O139 de las pandemias que se han dado en el mundo por esta bacteria (Martínez, González, and Leyva, 2018) (Mouriño-Pérez, Worden, and Azam, 2003).

Aunque *Vibrio cholerae*, es nativa de sistemas marinos y estuarinos no es tan común aislarla en estado viable, pero se ha identificado que los géneros como *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* y *V. alginolyticus*, si lo son. Por ende, los resultados obtenidos de ausencia son acordes a épocas en las cuales no se tienen brotes (Martínez, González, and Leyva, 2018). Esta bacteria, por lo general se inhibe en condiciones de salinidad alta y temperatura baja (Martínez, González, and Leyva, 2018), y teniendo en cuenta el rango de salinidad obtenido en el agua de los tanques de lastre de 30,95 – 38,77 PSU, se puede deducir que el agua presenta características de aguas oceánicas.

Se ha llegado a considerar que altos valores de salinidad (Entendiendo que este parámetro reúne varios tipos de sales inorgánicas en forma de iones, Na⁺, Cl⁻, Mg⁺, K⁺), puede llegar hacer potencialmente tóxicas y más para las bacterias ya que puede generar un efecto osmótico y producir toxicidad iónica específica (Martínez, González, and Leyva, 2018). De igual manera, existen también

una gran variedad de bacterias que pueden crecer en diferentes concentraciones de salinidad, este no deja de ser un parámetro determinante para las bacterias que se encuentran en el océano.

Por su parte, *Escherichia coli* (*E. coli*) es una bacteria de la familia de las enterobacterias, bacilo Gram negativo que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas, pero algunas de ellas, como *E. coli* productora de toxina Shiga, pueden causar graves enfermedades. Los resultados obtenidos muestran que esta bacteria no se encontraba en los tanques de lastre evaluados. En el caso de Enterococos, es un coco Gram negativo, que tiene la capacidad que crecer en algunas condiciones extremas como por ejemplo altas temperatura (Pacheco *et al.*, 2018). Esta bacteria reporto valores bajos en los tanques que fueron evaluados de las diferentes embarcaciones evaluadas, lo que indica que las condiciones dentro de estos no son óptimas para el desarrollo de este tipo de bacterias, siendo similar para *E. coli*.

La norma nacional resolución 477/2012 mencionada antes, actualmente solo aplica para embarcaciones que cuenten con algún tipo de sistema de tratamiento abordo para el agua de lastre, en este caso los buques monitoreados únicamente el buque BW JAPAN el cual tuvo como último puerto de arribo Brasil y puerto de arribo Santa Marta. Las demás embarcaciones no contaban con algún método de tratamiento, siendo importante mencionar que para el 2024 estos sistemas serán obligatorios de acuerdo con lo establecido en el Convenio BWM/2004.

Estas dos últimas bacterias, se consideran indicadores microbiológicos de la calidad del agua principalmente de contaminación fecal. Su presencia en áreas costeras y más aún en zonas donde se genera contacto primario con el agua pueden provocar infecciones intestinales si esta es ingerida (Karbadehi *et al.* 2017), suele considerarse una alerta en el control de las aguas contaminadas que pueden llegar a las playas. De allí su importancia como indicadores, permitiendo generar un control en las concentraciones de los mismos en las masas de agua e indicar si las aguas pueden o no tener diferentes usos.

Componente Planctónico

Para realizar inferencias adecuadas respecto a las comunidades biológicas en aguas de lastre, es de crucial importancia que los organismos no sean sub o sobreestimados, es decir, el protocolo de muestreo empleado debe garantizar la obtención de muestras representativas de toda la descarga de agua de lastre de un mismo tanque o de una combinación de tanques a ser descargados (OMI, 2013). En este sentido, muestras colectadas mediante redes de arrastre parecen reflejar de manera más real las características de la comunidad planctónica (David *et al.*, 2007), por lo cual en este informe se asume que las muestras analizadas contienen un buen número de las especies presentes en el volumen total de los tanques analizados.

Las especies fitoplanctónicas transportadas en el agua de lastre que son expulsadas a un nuevo ambiente, pueden experimentar condiciones óptimas resultando en altas abundancias celulares e incluso formando floraciones algales nocivas y exóticas (Rangel y Vidal, 2008).

La alta dominancia de las diatomeas en los tanques de lastre de los buques inspeccionados, puede estar asociado a la tolerancia de este grupo a la oscuridad (Rangel y Vidal, 2008), resultando en una alta probabilidad a sobrevivir en los tanques de lastre. Además, las especies pertenecientes a este grupo son generalistas y oportunistas (Rines y Therlot, 2003), y según Intergovernmental Oceanographic Commission (2002) el transporte de agua de lastre puede favorecer el desarrollo masivo de estos organismos. Si bien, las diatomeas se caracterizan por sus grandes densidades, no forman floraciones algales nocivas (Smodlaka et al., 2018).

Los dinoflagelados fueron registrados con alta dominancia en las muestras colectadas, estos organismos poseen estrategias reproductivas que permite que de unas pocas células lleguen a producir una floración masiva (Suárez, 2007), y han sido documentado como uno de los grupos fitoplanctónicos con más especies nocivas y con producción de bio-tóxina (Vidal y Rangel, 2008; Pineda et al., 2009; Torres, 2017).

Para el caso de los buques BW Japan y Tiger South, se evidenció la ausencia de organismos fitoplanctónicos. Estos resultados podrían considerarse normales para buques que poseen un sistema de tratamiento de agua de lastre a bordo (Burkholder et al., 2007), como en el caso de BW Japan, adicionando que, la motonave cumplió con el recambio de agua de lastre en mar abierto, coincidiendo con los resultados de salinidad, los cuales fueron mayores a 35 UPS.

Con respecto a Tiger South, a pesar de no poseer un sistema de tratamiento de agua de lastre a bordo, la motonave realizó el recambio de agua de tanques en mar abierto, cumpliendo con las directrices de la gestión de agua de lastre. Adicional a esto, se evidenció en la notificación emitida por los buques que las aguas de los tanques de lastre se habían retenido durante 7-8 días, y el 96% de los tanques habían sido sometido a cambio de lastre con aguas de mar abierto. Estos resultados coinciden con los reportados por Holm et al. (2005) y Burkholder et al. (2007), los cuales mencionan que la diversidad y el número de organismos fitoplanctónicos totales y viables disminuyen con la edad de residencia de las aguas en los tanques.

La mayoría de las especies nocivas y tóxicas identificadas en el estudio, hacen parte de la flora típica de la región Caribe (Gavilán, 2005, Suarez, 2007; López, 2011 y Salón, 2013), sin embargo, hay algunas especies nocivas como *Pseudosolenia calcar-avis* e inocuas como *Coscinodiscus wailesii*, las cuales han sido potencialmente introducidas (Clarke et al., 2003; Costello et al., 2010) y su introducción ha sido asociada al aguas de lastre, y como resultado se han reportado impactos sobre ecosistemas marinos de la región (Vidal y Rangel, 2008). Entre los impactos que pueden generar las floraciones algales de las especies identificadas en monitoreo realizado a los buques de tráfico internacional que arribaron a Puerto Bolívar y Santa Marta, se encuentran no solo aquellos relacionados con la comunidad íctica tales como obstrucción mecánica que dificulta la respiración

en peces, sino también repercusiones indirectas como las generadas en la salud humana (intoxicación diarreica).

En relación al origen de las especies identificadas como tóxicas o nocivas, en su mayoría correspondió a puertos donadores localizados en el mar Caribe, lo que se traduce en un menor tiempo de permanencia de los organismos en el tanque de lastre y mayor probabilidad de sobrevivencia de estos.

Es posible que hasta el momento no se hayan visto los efectos generados por estas descargas y saber a ciencia cierta si fenómenos ambientales como floraciones algales nocivas se deban a este tipo de actividades antropogénicas, sin embargo, es posible que organismos fitoplanctónicos presentes en las descargas de agua de lastre puedan incrementar significativamente las abundancias de la población local, siempre y cuando encuentren las condiciones ambientales idóneas para su crecimiento, lo que conllevaría a cambios en la dinámica de la comunidad fitoplanctónica de la región (Avaria et al., 1999).

En cuanto al material zooplanctónico, el análisis demostró la presencia de comunidades taxonómicamente diversas y con hábitos mero y holoplanctónicos. De manera amplia, los grupos listados en la Tabla 2 coinciden con lo reportado por otras investigaciones que mencionan la presencia frecuente de grupos como crustáceos, moluscos y poliquetos tanto en estado adulto como en formas de desarrollo (David et al., 2007; DiBacco et al., 2012). Adicionalmente, varios de los grupos registrados (Poliquetos, pterópodos, ostrácodos, cladóceros, apendicularios y quetognatos) usualmente son registrados tanto en aguas abiertas (Bernal y Zea, 1993) como costeras (Dorado-Roncancio, 2015).

Dentro del grupo de los protozoos es común registrar foraminíferos y ciliados como los tintínidos (Gollasch et al., 2002). En el caso específico de los tintínidos, a nivel de género existen marcados patrones de distribución global. En este sentido, los géneros *Favella* y *Tintinnopsis* son considerados neríticos; la elevada frecuencia de *Favella* en aguas de lastre permite catalogarlo como ubicuo mientras que *Tintinnopsis* suele ser el género con mayor número de especies (Pierce et al., 1997). Los géneros *Parafavella* y *Ptychocylis* son exclusivamente boreales, *Epiplocyloides* y *Rhabdonellopsis* son de aguas cálidas mientras que los restantes poseen una distribución cosmopolita (Pierce y Turner, 1993; Dolan y Pierce, 2013). A excepción del género *Ptychocylis*, todos los géneros han sido registrados en diferentes ambientes en el país. En el caso particular del buque UBC SM, en el cual fueron registrados los géneros con distribución boreal, la información reportada menciona Pointe-à-Pitre (Guadalupe), un puerto antillano, como lugar del recambio del agua de lastre. Lo anterior deja el interrogante de si el recambio de lastre fue total o parcial, pues organismos de origen boreal permanecieron en los tanques.

Respecto a la abundancia de los grupos, el mayor aporte a la abundancia total de organismos por parte de los copépodos (Fig. 1) ha sido reportado también por David et al. (2007) y Ghabooli et al. (2016). En particular los copépodos presentan altas abundancias en este tipo de aguas con cifras de

hasta 1.5×10^3 org /m³ (Meave-del-Castillo, 2014). Los copépodos del orden Calanoida son generalmente más abundantes (David et al., 2007) y particularmente para Colombia, son el orden con mayor número de especies registradas en ambientes neríticos y pelágicos (Gaviria et al., 2019); sin embargo, en estas muestras predominó el orden Cyclopoida, particularmente con las familias Oithonidae y Corycaeidae (Tabla 1). Los copépodos oithonidos están entre los grupos numéricamente dominantes tanto en ecosistemas estuarinos y costeros como oceánicos (Ferrari y Ambler, 1992). Para nuestro país se cuenta con un mayor número de especies registradas en ambientes costeros, con una única especie identificada en aguas oceánicas (Gaviria et al., 2019). Del mismo modo, la familia Corycaeidae es encontrada con frecuencia en aguas cálidas tropicales y templadas de los océanos Atlántico e Indo Pacífico; no obstante, su contribución numérica no suele ser elevada (Vidjak y Bojanić, 2009). Para Colombia esta familia ha sido registrada tanto en ambientes costeros como oceánicos (Gaviria et al., 2019). En Colombia, existen 18 especies registradas de las cuales únicamente dos se distribuyen en aguas oceánicas (Gaviria et al., 2019). Las bajas abundancias de Harpacticoida en los tanques analizados pueden deberse a las preferencias bentónicas de estos organismos, con pocos representantes de vida planctónica (Medellín-Mora y Navas, 2010). La presencia mayoritaria de formas naupliares es congruente con lo reportado por David et al. (2007) y Gollasch et al. (2000).

La baja resolución taxonómica de las identificaciones sumada a la presencia de todos los grupos señalados en la Tabla 1 en ambientes costeros y oceánicos, dificulta la inferencia respecto a la realización del intercambio de aguas de lastre en aguas oceánicas e impide emitir en este informe un diagnóstico de riesgo de contaminación biológica. En este informe no fue incluida la información referente al volumen de agua deslastrada y su origen, factores determinantes en el análisis de introducción de especies por agua de lastre (Arregocés-Silva y Cañón-Páez, 2015)

CONCLUSIONES

La inspección indicativa realizado a buques mercantes en la zona portuaria de Santa Marta y Puerto Bolívar arrojó resultados para el parámetro de salinidad superiores a 30 UPS, indicando que las motonaves realizaron gestión de agua de lastre en mar abierto, cumpliendo con las prescripciones contenidas en el artículo 5 de la Resolución 477 de 2012 y las referidas en el Convenio Sobre la Gestión de agua de Lastre.

El análisis microbiológico para el caso de *Vibrio Cholerae* indicó que para la totalidad de los buques monitoreados no se evidenció la presencia de estas bacterias, y aunque para *Escherichia coli* se evidenciaron 2UFC/100mL en uno de los seis buques monitoreados y Esterococos intestinales se presentó en muestras de dos embarcaciones con valores superiores a 1UFC/100mL, dichas concentraciones con bajos e indican que posiblemente no se cuenta con las condiciones óptimas

para el aumento de la población microbiana lo cual se puede deber a que las condiciones del agua de lastre no cuentan con los rangos requeridos para los procesos biológicos de las mismas. En el caso de embarcación BW JAPAN que contaba con sistema de tratamiento los valores reportados para los microorganismos de interés se mantuvieron por debajo del valor permisible de acuerdo al artículo 6 de Resolución 477 de 2012 para cada uno de estos.

En cuanto a la caracterización biológica, al igual que la información microbiológica permitió inferir las condiciones ambientales del ecosistema de procedencia de los organismos reportados en los tanques lastre. Específicamente para el caso del componente fitoplanctónico, se identificaron algunos organismos responsables de floraciones algales, sin embargo, para que tenga lugar una proliferación significativa requieren condiciones ambientales óptimas, siendo importante realizar monitoreo periódico la comunidad fitoplanctónicas de las áreas de estudio y en caso de evidenciarse este fenómeno se sugiere restringir las maniobras de lastrado para evitar contaminación a otros puertos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apín-Campos, Yanet Caridad, and Benigno Torres-Pérez. 2016. "Introducción De Especies Invasoras a Partir Del Agua De Lastre Proveniente Del Transporte Marítimo Comercial: Estado Del Arte." *Ciencia en su PC* (2): 56–70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181349391007>.

Balech, E. 1988. *Dinoflagelados Del Atlántico Sudoccidental*. Madrid.

Bicudo, C. E. M., and R. M. T. Bicudo. 1970. *Algas de Águas Continentais Brasileiras : Chave Ilustrada Para Identificação de Generos*. ed. Fundação brasileira para o desenvolvimento do ensino de Ciência. São Paulo.

Board, WoRMS Editorial. 2021. "World Register of Marine Species." <http://www.marinespecies.org>.

Burkholder, J., Hallegraeff, G., Melia, G., Cohen, A., Bowers, H., Oldach, D., Parrow, M., Sullivan, M., Zimba, P. Allen, E., Kinder, C. y Mallin, M. 2007. Conjuntos de fitoplancton y bacterias en el agua de lastre de los barcos militares estadounidenses en función del puerto de origen, el tiempo de viaje y las prácticas de intercambio oceánico. *Algas nocivas* , 6 (4), 486-518.

Capdevila-Argüelles, Laura, Bernardo Zilletti, and Víctor Ángel Suárez Álvarez. 2013. "Causas de La Pérdida de Biodiversidad: Especies Exóticas Invasoras Causes of Biodiversity Loss: Invasive Alien Species." *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 10: 55–75.

Carlucci, A. F., and D. Pramer. 1959. "Factors Affecting the Survival of Bacteria in Sea Water."

- Applied microbiology* 7(1944): 388–92.
- Cupp, Easter E. 1943. "Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America." *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography* 5(1): 199–207.
- DIMAR-CIOH. 2009. *Dossier Para El Control y La Gestión Del Agua de Lastre y Sedimentos de Los Buques En Colombia*. ed. DIMAR. Cartagena de Indias: Legis S.A.
- Dirección General Marítima. 2012. *Resolución 477 de 2012 Por La Cual Se Adoptan y Establecen Las Medidas y El Procedimiento de Control Para Verificar La Gestión Del Agua de Lastre y Sedimentos a Bordo de Naves y Artefactos Navales Nacionales y Extranjeros En Aguas Jurisdiccionales Colombi*. Colombia.
- González, Primitivo., and Antonio Salamanca. 2013. Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España *Contaminación Biológica Del Mar Por El Agua de Lastre de Los Buques y Medios Para Evitarla*. ed. COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS NAVALES Y OCEÁNICOS. Madrid.
<https://www.ingenierosnavales.com/wp-content/uploads/2018/03/AGUA-LASTRE.pdf>.
- Guiry, M., and E Guiry. 2021. "Algaebase." <http://www.algaebase.org>.
- Holm, E., Arredondo, A., Bednarski, M., Davidson, B., Grovhoug, J., Guerrero, J., Haslbeck, E., Legge, B., Rosen, G., Ruiz, G., Smith, G. 2005. Characterization of Aquatic Nonindigenous Species for Department of Defense Vessels: Large (>80 mm) Zooplankton in Ballast Water. Report to the U.S. DoD—SERDP, Arlington, VA, USA.
- Karbasdehi, Vahid Noroozi et al. 2017. "Indicator Bacteria Community in Seawater and Coastal Sediment: The Persian Gulf as a Case." *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 15(1): 1–15.
- Lizarralde, Marta. 2016. "Especies Exóticas Invasoras (Eei) En Argentina: Categorización de Mamíferos Invasores y Alternativas de Manejo." *Mastozoología Neotropical* 23(2): 267–77.
- Martínez, I.M, M.I González, and V. Leyva. 2018. "Identificación de Vibrio Cholerae y Enterococos En Aguas Costeras Del Litoral Habanero." *Revista: Hig. Sanid. Ambient.* 18(3): 1651-1656,.
- Mouriño-Pérez, R, A Worden, and F Azam. 2003. "Growth of Vibrio Cholerae O1 in Red Tide Waters off Californi." *Appl Environ Microbiol.* 69(11): 6923–6931.
- Rabenhorst, Ludwig, and A Grunow. 1889. *Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich Und Der Schweiz*. Germany: E. Kummer.
- Taylor, F.J.R, and U Pahlinger. 1987. "The Biology of Dinoflagellates." *Botanical Monographs* 21: 399–529.
- Tenenbaum, D. et al. 2004. *Phytoplankton Atlas of Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brasil*. London.
- Vidal, L. 2010. *Manual Del Fitoplancton Hallado En La Ciénaga Grande de Santa Marta y Cuerpos de Agua Aledaños*. Santa Marta: Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Vivanco, X., and M Seguel. 2009. *No Title*. Puerto Mont.