

**ORGANISMOS PLANCTÓNICOS TRANSPORTADOS EN EL
AGUA DE LASTRE DE BUQUES QUE ARRIBAN AL GOLFO DE
URABÁ, Y SU POSIBLE ADAPTACIÓN A LAS CONDICIONES
FÍSICO-QUÍMICAS DEL GOLFO**

Presentado por:

Erica Paola Zapata Valenzuela

Trabajo de investigación para optar por el título de:

Oceanógrafa

Asesora:

Mónica María Zambrano Ortiz

Corporación Académica Ambiental

Pregrado en Oceanografía

Universidad de Antioquia

Turbo-Antioquia

2020

DEDICATORIA

A mi madre, mi abuela y mis hermanos, quienes todo el tiempo estuvieron demostrándome su apoyo y me ayudaron a continuar en los momentos más difíciles.

A la memoria de Morelia Valenzuela, quien siempre estuvo para nosotros.

A todas las personas que siempre han creído en mí.

AGRADECIMIENTOS

A Capitanía de puerto, en especial a Juan Uricoechea, quién desempeñaba el cargo de Capitán de Puerto y brindó su apoyo para el desarrollo del presente trabajo de investigación. A Elkin Múnera y Edison Guevara, por su amabilidad y gran ayuda en la logística de ingresos a los buques.

A Jhovanny, quién hace parte del personal de Aduanas y estuvo presto a ayudar en la logística para las visitas a buques y toma de muestras en el golfo, agradezco su amabilidad y gran ayuda.

A la Universidad de Antioquia, sede Ciencias del Mar y al profesor Lennin Flórez por el préstamo de los materiales necesarios para el desarrollo satisfactorio del trabajo de investigación.

A la Corporación Académica Ambiental y mis profesores, que con sus conocimientos, amabilidad y entrega nos forman académicamente de una manera integral; muchos de ellos con su amor a la ciencia nos inspiran todo el tiempo, mi admiración para ustedes.

A mi asesora, Mónica Zambrano, quien desde el inicio me mostró su apoyo para el desarrollo de este trabajo.

A mi familia por su apoyo incondicional.

A Keila Montiel y Liyen Chico por su acompañamiento en las salidas de campo.

A Jhon Wilmer David y Natalia Cardona por sus sugerencias, gran ayuda y amabilidad en todo momento.

A Yisela y Edwin, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional en los momentos más necesarios.

A quienes estuvieron en el camino y no pudieron estar en el final, gracias.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	12
2. MARCO TEÓRICO Y ESTADOS DEL ARTE	12
2.1 TRANSPORTE MARÍTIMO A NIVEL GLOBAL	12
2.1.1 AGUAS DE LASTRE	13
2.1.2 CASOS DE INTRODUCCIÓN DE ORGANISMOS POR AGUAS DE LASTRE A NIVEL GLOBAL	14
2.1.3 CASOS DE INTRODUCCIÓN DE ORGANISMOS POR AGUAS DE LASTRE EN COLOMBIA.....	15
2.2 NORMATIVA	18
2.3 ANTECEDENTES	19
2.4 HIPÓTESIS	22
2.5 OBJETIVOS	22
2.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3. METODOLOGÍA	23
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	23
3.2 TRABAJO DE CAMPO.....	25
3.2.1 TOMA MUESTRAS DE AGUA DE LOS TANQUES.....	25
3.2.2 OBTENCIÓN DE MUESTRAS BIOLÓGICAS	27
3.2.3 ANÁLISIS DE MUESTRAS BIOLÓGICAS	28
3.2.4 TOMA DE AGUA DE MAR DEL GOLFO DE URABÁ	28
3.2.5 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.....	29
4. RESULTADOS	29
4.1 INFORMACIÓN DE BUQUES MUESTREADOS	29
4.2 SALINIDAD	29
4.3 ESPECIES PLANCTÓNICAS Y NÚMERO DE INDIVIDUOS OBSERVADOS EN AGUAS DE LASTRE	32
4.4 ESPECIES PLANCTÓNICAS Y NÚMERO DE INDIVIDUOS OBSERVADOS AGUAS DEL GOLFO DE URABÁ	34
4.5 COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DEL GOLFO CON LAS ENCONTRADAS EN TANQUES DE AGUAS DE LASTRE	34
4.6 PORCENTAJE DE ORGANISMOS POR GRUPOS.....	36
4.7 PORCENTAJES DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON EN AGUAS DE LASTRE	37
4.8 ABUNDANCIA DE ESPECIES POR TANQUES	38
4.9 RELACIÓN DE ESPECIES ENCONTRADAS CON LOS DIFERENTES BUQUES.....	46
5. DISCUSIÓN	48
6. CONCLUSIONES	55
7. RECOMENDACIONES	56
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56



9. ANEXOS	63
Anexo A. ESPECIES Y NÚMERO DE ORGANISMOS ENCONTRADOS EN AGUAS DE LASTRE DE BUQUES.....	63
Anexo B. ESPECIES Y NÚMERO DE ORGANISMOS ENCONTRADOS EN AGUAS DEL GOLFO DE URABÁ.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESPECIES EXÓTICAS INTRODUCIDAS A DIFERENTES ECOSISTEMAS POR MEDIO DE AGUAS DE LASTRE. ADAPTADO DE (GARCÍA, 2015).	14
TABLA 2. ALGUNOS ORGANISMOS INTRODUCIDOS A ECOSISTEMAS ACUÁTICOS NACIONALES POR MEDIO DE AGUAS DE LASTRE. ADAPTADO DE (GARCÍA, 2015).	16
TABLA 3. RELACIÓN DE BUQUES ESTUDIADOS PARA LA EVALUACIÓN DE AGUAS DE LASTRE.	30
TABLA 4. REGISTRO DE SALINIDAD OBTENIDOS EN LAS MUESTRAS DE AGUAS DE LASTRE.	30
TABLA 5. ESPECIES OBSERVADAS EN EL AGUA DE LASTRE DE LOS DIFERENTES BUQUES MUESTREADOS.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO, TURBO, ANTIOQUIA, SITUADA EN EL GOLFO DE URABÁ, EN EL CARIBE COLOMBIANO.....	25
FIGURA 2. EJEMPLOS DE BUQUES VISITADOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS DE LASTRE. A) MSC WESER, B) AS PALINA, C) NORDISABELLA, D) CARIBEAN EXPRESS.....	26
FIGURA 3. EJEMPLO DE TOMA DE MUESTRA DE AGUA DE LASTRE DE DONDE SE TOMARON MUESTRAS DIRECTAS.....	26
FIGURA 4. FILTRADO DE MUESTRAS BIOLÓGICAS A BORDO DE BUQUES MUESTREADOS.....	27
FIGURA 5. SALINIDAD REGISTRADA EN LOS TANQUES DE AGUAS DE LASTRE DE LOS BUQUES Y EN LAS MUESTRAS DE AGUAS DEL GOLFO DE URABÁ.....	31
FIGURA 6. DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE SALINIDAD DE LOS TANQUES 1 (A) Y TANQUES 2 (B).....	32
FIGURA 7. ESPECIES Y NÚMERO DE INDIVIDUOS TOTALES ENCONTRADOS EN AGUAS DE LASTRE DE BUQUES QUE ARRIBAN AL GOLFO DE URABÁ.....	33
FIGURA 8. ESPECIES Y NÚMERO TOTAL DE INDIVIDUOS ENCONTRADOS EN MUESTRAS DE AGUA DEL GOLFO DE URABÁ.....	35
FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS ESPECIES REGISTRADAS EN EL GOLFO DE URABÁ Y EN TANQUES DE AGUAS DE LASTRE DE LOS BUQUES.....	36
FIGURA 10. PORCENTAJE DE ORGANISMOS PLANCTÓNICOS POR GRUPOS EN LOS TANQUES DE LASTRE DE BUQUES (A) Y EN AGUAS DEL GOLFO DE URABÁ (B).....	37
FIGURA 11. PORCENTAJE DE ORGANISMOS FITOPLANCTÓNICOS Y ZOOPLANCTÓNICOS ENCONTRADOS EN AGUAS DE LASTRE.....	38
FIGURA 12. ABUNDANCIA DE ESPECIES PLANCTÓNICAS EN AGUAS DE LASTRE DE LOS TANQUES 1.....	42
FIGURA 13. ABUNDANCIA DE ESPECIES PLANCTÓNICAS EN LOS TANQUES DE LASTRE, CORRESPONDIENTES A LOS TANQUES 2.....	46
FIGURA 14. AMEBA ENCONTRADA EN EL BUQUE 1, TANQUE 2; FILTRADA CON RED DE OJO DE MALLA DE 25 μ M.....	49
FIGURA 15. CILIADOS ENCONTRADOS EN AGUAS DE LASTRE DE BUQUES QUE ARRIBAN AL GOLFO DE URABÁ.....	50
FIGURA 16. NEMATODO ENCONTRADO EN EL TANQUE 2 DEL BUQUE NÚMERO 7.....	50

RESUMEN

El golfo de Urabá posee un repositorio de organismos zooplanctónicos y fitoplanctónicos que juegan un papel fundamental en los procesos biológicos de la zona. Sin embargo, el transporte marítimo de carga que se presenta en la zona y los planes de construcción de dos puertos: Puerto Pisisí y Puerto Antioquia y, por ende, el aumento futuro del ingreso de embarcaciones representa un incremento en el riesgo de introducción de especies invasoras a través de aguas de lastre. Esto se ha convertido en un peligro para el equilibrio biológico de diferentes ecosistemas a escala global. En el presente estudio se realizó un seguimiento al agua de lastre de buques que arriban al golfo de Urabá identificando los organismos planctónicos presentes en los mismos y su factibilidad de adaptación a este ambiente. Se obtuvieron muestras de un total de 13 buques que arribaron al Golfo entre los meses de noviembre de 2018 y mayo de 2019, empleando para ello redes de plancton (de 25 y 40 μm de ojo de malla). En los tanques muestreados se identificaron 53 especies de organismos planctónicos, 17 de ellas fueron identificadas en dos muestras de agua obtenidas en la zona de arribo de las embarcaciones. El número total de individuos varió entre 2 y 65, observándose el menor número de individuos en una embarcación procedente de Panamá y el mayor en una procedente de Costa Rica. Las especies vivas identificadas en los tanques de lastre no representan un riesgo de bioinvasión debido a que no cumplen con los perfiles descritos para especies invasoras, sin embargo, los ciliados pueden llegar a adaptarse, pero no presentan peligro para el medio. La presente investigación constituye un aporte al levantamiento de información de línea base para un posible seguimiento de las especies que son transportadas con regularidad en las embarcaciones y que, a futuro, si no se tiene un manejo adecuado de las mismas, pueden causar un problema biológico por el asentamiento de especies exóticas que amenacen la estabilidad del sistema.

1 INTRODUCCIÓN

El constante flujo de grandes embarcaciones que navegan los océanos ha sido fundamental para dinamizar la economía global, esto es debido a que más del 80 % de la mercancía mundial se transporta de forma marítima (García, 2015). Sin embargo, para navegar de manera eficiente los buques utilizan un sistema de lastre, el cual consiste en piedras, arena, agua o elementos de peso que se sitúan en la parte inferior del buque, la cual suele representar entre el 30% al 57% de la capacidad de carga del total, para así funcionar correctamente (Ramírez, 2011; Conde, 2019). No obstante, hay una preocupación en las últimas décadas por el uso de este sistema de lastre y es el transporte e introducción de organismos foráneos a otro ecosistema.

Esta problemática constituye un grave factor de contaminación marina, debido a que los vectores primordiales de introducción de especies con potencial para invadir se relacionan con la incrustación de organismos en las superficies de los barcos, los cuales permiten la supervivencia y el fácil desplazamiento a diversos puertos de especies de fitoplancton, zooplancton, huevos y larvas de peces, bacterias e incluso virus (Árias, 2013; Ramírez, 2015; Apín-Campos *et al.*, 2016). Es necesario tener en cuenta que en todo el mundo se transfieren aproximadamente unos trece mil millones (13.000.000.000) de toneladas de agua de lastre cada año, de los cuales un buque puede trasladar desde varios centenares de litros, hasta más de cien mil (100.000) toneladas de agua de lastre, de acuerdo con las dimensiones y propósitos del buque (Muelle, 2015).

El problema del transporte de especies ha tomado importancia para la Organización Marítima Internacional (OMI) por el hecho de que ha sido considerado como la cuarta amenaza medioambiental para los océanos. Las graves consecuencias que ha ocasionado se evidencian en estudios realizados por varios países, en donde se estima que plantas y animales logran sobrevivir en el agua de lastre y los sedimentos que son transportados por los buques inclusive viajes de muchas semanas (Basáñez, 2010). Estas condiciones permiten que al menos 7000 a 10000 especies de microbios, animales y plantas se trasladen e introduzcan en nuevos ambientes marinos; muchas de ellas han podido asentarse de manera exitosa como invasores, contribuyendo así a cambios significativos en los patrones de distribución biogeográfica de especies marinas (Ramírez, 2015; Okolodkov & García, 2014).

La región Caribe tiene una gran actividad portuaria lo que incrementa la llegada de especies con potencial para invadir. En Colombia se han investigado e identificado especies presentes en aguas de lastre de buques que arriban a un puerto local de la Bahía de Cartagena y comparando con las especies que históricamente hacen parte de la biota del lugar, se ha indicado que diversas bacterias patógenas, organismos fitopláctonicos y zoopláctonicos que no eran propias de la Bahía y que se encontraron en los buques, estaban haciendo presencia en el lugar (Rendón, 2003).

Por lo que en medio de esta problemática el golfo de Urabá, un estuario altamente rico en especies, que ha sido objeto de visión para el desarrollo de los proyectos portuarios que hasta su momento tienen aval de construcción y traerán un incremento en el tránsito de buques, no está exento a la afectación en la distribución de especies que llegan al territorio marino-costero local. Proyecciones de una movilización de carga de 1,7 millones de toneladas para el Puerto Pisisí y de 6,6 millones de toneladas en el caso de Puerto Bahía Colombia (Ministerio de Transporte, 2020), incrementarán drásticamente la entrada de

organismos mediante aguas de lastre al golfo de Urabá. Por lo que este trabajo pretende entender cuáles organismos planctónicos están presentes en las aguas de lastre de buques que arriban al golfo de Urabá y qué tan factible es su adaptación a este ambiente. Se espera que los resultados obtenidos sean tenidos en cuenta para la toma de decisiones para el manejo de aguas de lastre en la región.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde la creación de grandes embarcaciones se empezó a utilizar el agua como lastre para la estabilización de los mismos. Esta es fundamental para dar seguridad a las operaciones de los buques, sin embargo, puede ser causante de problemas ecológicos por la cantidad de organismos que contiene (Organización Marítima Internacional-OMI, 2018). Asimismo, se considera el agua de lastre como el principal medio de transporte transoceánico de organismos costeros de aguas superficiales a nuevos ambientes marinos (Ramírez, 2011).

Entre los organismos que pueden ser transportados por las aguas de lastre se encuentra el plancton. Este se divide principalmente en dos grandes grupos: el fitoplancton, que son microalgas y el zooplancton, que se refiere a organismos heterótrofos; este grupo se conforma en su mayoría por invertebrados marinos que pueden pasar todo el ciclo de vida perteneciendo a este grupo o solo una parte de dicho ciclo (Vides, 2016). Cabe resaltar que también se puede hacer una clasificación por tamaños, encontrándose que individuos con un tamaño inferior a $1\mu\text{m}$ se denominan picoplancton y organismos superiores a 1 cm pertenecen al macrozooplancton y al ictioplancton (Rodríguez, 2005), por ende, entre los organismos pertenecientes al plancton se pueden encontrar desde bacterias hasta larvas de peces.

Diversos estudios realizados a nivel global han demostrado que algunos organismos pueden sobrevivir en aguas de lastre y en los sedimentos transportados en los buques después de viajes que han tenido varios meses de duración. Al momento de depositar estas aguas en los puertos receptores, puede inducir al asentamiento de organismos perjudiciales y agentes patógenos, los cuales pueden impactar de manera negativa tanto los ecosistemas como la vida humana (González & Salamanca, 2013). En este sentido, actualmente ha sido posible evidenciar que la entrada de especies alóctonas a ecosistemas marinos junto con las fuentes de contaminación terrestre, la sobreexplotación de los recursos marinos y la destrucción de los hábitats, es considerada como el cuarto riesgo más importante para los océanos, ya que causa severos impactos sociales, ambientales y económicos (Trindade, 2012). Esto se debe a que dichas

especies pueden sobrevivir y establecer poblaciones reproductivas en el lugar de llegada, convirtiéndose de esta manera en especies invasoras que pueden proliferarse hasta el punto de convertirse en plagas (OMI, 2018).

El problema se vuelve cada vez más grave por la creciente demanda del transporte marítimo internacional, la cual registraba un aumento del 2,6% hasta el año 2016 y cuyas proyecciones alcanzan un crecimiento anual de 3,2% hasta el año 2022 (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo-UNCTAD, 2017). A su vez, el aumento en la construcción de navíos a nivel mundial y el incremento del número, tamaño y velocidad de los buques, lleva a esta actividad marino mercante a constituirse como el principal vector de organismos marinos invasores (Ramírez, 2011).

Como consecuencia y con el fin de adelantar acciones en torno a esta problemática global, en Colombia se han realizado estudios de aguas de lastre en los principales puertos marítimos tanto de la costa Pacífica como del mar Caribe. Los resultados han evidenciado la presencia de especies no nativas posiblemente invasoras, que pueden traer consigo alteración del equilibrio natural y ponen en riesgo la diversidad biológica del país. Según lo reportado por García (2015) entre estas especies se puede encontrar el coral copa naranja (*Tubastraea coccinea*), el gusano de los pilotes (*Alitta succinea*) y el mejillón verde asiático (*Perna viridis*); de igual manera García *et al.*, (2011) menciona que especies como *Coscinodiscus wailesii*, *Coscinodiscus granni*, *Chaetoceros danicus* y *Chaetoceros pseudocurvisetus* han sido reportadas en Cartagena y Bahía Portete como especies planctónicas introducidas. Teniendo en cuenta los factores anteriormente expuestos, se ha logrado evidenciar la necesidad de implementar normas para el transporte marítimo con la finalidad de evitar la introducción de especies no nativas en los diferentes lugares que sirven de recepción a las embarcaciones.

Cañón (2009), sugiere que los sistemas de detección temprana y acción inmediata son fundamentales en el control de especies invasoras acuáticas. Así mismo sugiere que es necesario desarrollar redes nacionales y regionales que trabajen a favor de la conservación de la biodiversidad acuática nativa y en caso de que las acciones preventivas que se tomen no sean eficientes, se debe recurrir de manera inmediata a programas de erradicación de invasores. En relación con lo previamente expuesto, en septiembre de 2012 entró en vigor la 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 colombianas”.

En el golfo de Urabá la problemática asociada con organismos transportados por medio de aguas de lastre es potencialmente alta debido a que mensualmente arriban entre 60 y 70 buques cargueros de más de 8000 toneladas de registro bruto, a lo que se suma el arribo de buques maderos y con frecuencia, buques tanque provenientes de Cartagena (Arbeláez *et al.*, 2014). A su vez, con la puesta en marcha de los proyectos portuarios que tienen aval de construcción y que traerá consigo un aumento significativo en el tránsito de buques, cuyas proyecciones de movilización de carga desde Turbo hacia Centroamérica y Europa ascienden a 1,7 millones de toneladas en Puerto Pisisí y 6,6 millones de toneladas en el caso del Puerto Bahía Colombia; se movilizará carga proveniente principalmente de los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y el Eje Cafetero; los cuales generan al menos el 70% del PIB de la nación (Ministerio de Transporte, 2020). Debido a lo anterior, el número de organismos transportados en aguas de lastre se incrementará con respecto al transportado en la actualidad, teniendo en cuenta el limitado número de embarcaciones que actualmente ingresan al puerto de Turbo con respecto al proyectado.

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles organismos planctónicos se pueden encontrar las aguas de lastre de los buques que arriban al golfo de Urabá, y de acuerdo a las condiciones necesarias para su supervivencia, qué posibilidad de adaptación tienen en el Golfo?

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADOS DEL ARTE

2.1 TRANSPORTE MARÍTIMO A NIVEL GLOBAL

El comercio mundial ha ido en aumento en los últimos años y para la transferencia de mercancías a diferentes lugares se ha recurrido al uso de diversos medios de transporte. Dentro de estos el transporte marítimo es el más utilizado debido al volumen de carga que soportan los buques y al bajo costo con el que operan (García y Pallares, 2015) respecto a los transportes terrestre y aéreo; es por ello que en la actualidad más del 90% del comercio mundial se hace por vía marítima (Trindade, 2012).

Para que un buque pueda navegar y permanecer estable sin hundirse necesita de unos componentes que lo ayuden a mantenerse sumergido hasta el punto necesario para que la hélice y el timón operen de una manera eficiente, estos elementos que le otorgan peso al buque son el cargamento y los sistemas de lastre (García, 2015). Cuando se habla de lastre en los canales de navegación se refiere a piedras, arena, agua u otro elemento de peso que se sitúan en el

fondo del buque con el propósito de que este entre en el agua hasta donde sea necesario para su funcionamiento (Ramírez, 2011).

Por otra parte, el transporte marítimo tiene como consecuencia el fácil traslado de organismos a través de la carga, el casco de los buques o por medio del agua de lastre que estos soportan. Además, con la modernización de los buques se ha reducido el tiempo de los viajes, lo que conlleva a tener una mayor probabilidad de supervivencia de dichos organismos (Cañón *et al.*, 2016).

Debido a que el agua de lastre es muy necesaria para la seguridad de los buques porque les proporciona estabilidad y que se reconocen los impactos que producen las descargas de las aguas de lastre, la comunidad científica ha realizado esfuerzos en torno a la implementación de regulaciones entre los puertos para reducir la invasión de especies marinas (Arias, 2013).

2.1.1 AGUAS DE LASTRE

El agua de lastre es el agua que toman los buques directamente del puerto donde zarpan y es descargada en el puerto de destino; dichas aguas sirven para optimizar la seguridad de los buques ya que proporciona estabilidad al momento de la navegación (García, 2015). Desde 1880 se inició el empleo de tanques para el almacenamiento de agua como lastre, su uso representa facilidades para el negocio naviero porque el agua es un recurso abundante, sin ningún costo y, al ser un líquido, se adapta a la forma del tanque permitiendo de esta manera un rápido confinamiento. Sin embargo, el uso de este mecanismo de lastrado ha traído repercusiones para la biodiversidad marina (Ramírez, 2011), dado que las barreras naturales entre todas las regiones biogeográficas a nivel global se están cruzando fácilmente, contribuyendo de esta manera a la homogenización de especies y a la afectación del equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos (Trindade, 2012).

El agua de lastre se ha vuelto un gran problema, pues facilita la introducción de especies marinas en diferentes ecosistemas, esto se debe a que en un año los buques pueden transportar alrededor de 10 billones de toneladas métricas de lastre a través del mundo, favoreciendo el desplazamiento de biomasa a nuevos puertos. Entre los organismos transportados se incluyen virus, bacterias, fitoplancton, huevos y larvas de diferentes especies (Arias, 2013).

Entre los problemas más importantes que pueden traer los organismos transportados en las aguas de lastre está el hecho de que cuentan con potencial para convertirse en invasores, nocivos o tóxicos y pueden alterar la ecología nativa de la zona receptora, afectar la economía y causar enfermedades (Suárez

et al., 2007). Tal como ocurrió con *Caulerpa taxifolia* (alga asesina), que fue introducida por aguas de lastre y en 1992 se expandió en los litorales españoles, lo que hasta la actualidad ha generado repercusiones ambientales por su capacidad de reproducción, resistencia a diferentes ambientes y la sustitución de especies autóctonas debido a las toxinas que genera (González & Salamanca, 2013).

Además, en contraste con contaminantes como los derrames petroleros, las medidas paliativas para combatir invasores son complejas, por lo que se recomienda el manejo y prevención ya que una vez establecidos su eliminación resulta casi imposible (Suárez, 2017). Debido a lo anterior, se han establecido normas para el transporte marítimo a nivel global, en algunas de ellas se indica que siempre que sea posible los buques deben realizar las operaciones de cambio de agua de lastre en alta mar. De no ser posible el cumplimiento de dicho acuerdo, el Estado rector del puerto deberá permitir que estas operaciones se realicen en zonas destinadas para este fin (OMI, 1997).

2.1.2 CASOS DE INTRODUCCIÓN DE ORGANISMOS POR AGUAS DE LASTRE A NIVEL GLOBAL

La introducción involuntaria de organismos acuáticos extranjeros en diferentes lugares del mar da lugar al asentamiento de especies no nativas en diferentes áreas, lo que hace que se conviertan en una amenaza para los lugares afectados. La introducción de especies por transporte marítimo puede darse de diferentes maneras: organismos adheridos al casco de los buques, aguas de limpieza de las bodegas, residuos no tratados de plantas sépticas, por las aguas de lastre, entre otras (González & Salamanca, 2013). A diario miles de organismos son transportados de su ambiente natural a uno donde las condiciones fisicoquímicas que posee los pueden volver organismos colonizadores, causando de esta manera impactos negativos sobre el medio (García, 2015). Algunos ejemplos de introducción de especies a través del agua de lastre a nivel mundial se relacionan en la Tabla 1.

Tabla 1. Especies exóticas introducidas a diferentes ecosistemas por medio de aguas de lastre. Adaptado de (García, 2015).

Organismo	Descripción
<i>Dreissena polymorpha</i> (Mejillón de cebra)	Molusco proveniente del mar Caspio y el mar Negro, se expandió por Europa, Asia y América del Norte a través de los cascos y aguas de lastre de buques. Por ser un

	organismo tan resistente a distintas condiciones ambientales se ha vuelto un invasor, es una especie incrustante que puede cubrir cualquier superficie dura y alterar ecosistemas
<i>Mnemiopsis leidyi</i> (Nuez de mar)	Endémico de la costa Atlántica de América del Norte y del Sur, tolera altos niveles de salinidad y temperatura. Se expandió al mar negro (1980), al mar Caspio (1990) y al mar Báltico (2006)
<i>Alexandrium catenella</i> (Microalga)	Originaria del océano Pacífico, es tóxica e infecta a los mariscos que al ser consumidos por el hombre genera problemas de salud. Ha llegado a las costas de España por medio de aguas de lastre.
<i>Caulerpa racemosa</i> (Alga)	Originaria de Australia. Afecta las actividades pesqueras. Se ha expandido desde España hasta Turquía a través de cascos de buques y aguas de lastre.
<i>Codium fragile</i> (Planta robusta)	Proviene de Japón y se ha expandido hacia el Mediterráneo y el Atlántico por aguas de lastre. Por el gran tamaño que adquiere puede asfixiar a mariscos, mejillones, obstruye las redes de pesca.
<i>Vibrio cholerae</i> (Bacteria)	Produce la enfermedad del cólera en humanos, produce diarrea, vómito, deshidratación e incluso la muerte. En 1991 hubo un brote de cólera en Perú y se expandió por toda América Latina. <i>V. cholerae</i> sobrevive hasta 50 días en aguas de lastre.
<i>Eriocheir sinensis</i> (Cangrejo de Shangai)	Originario de Asia Oriental, se ha expandido por Europa, el mar Báltico y la costa norte de América. Una de las especies invasoras más dañinas que se han encontrado.

2.1.3 CASOS DE INTRODUCCIÓN DE ORGANISMOS POR AGUAS DE LASTRE EN COLOMBIA

En el caso de Colombia, los estudios sobre Especies Exóticas Invasoras (EEI), Organismos Acuáticos Perjudiciales y Agentes Patógenos OAP en aguas de lastre comenzaron a principios de la década del 2000 en Cartagena, luego se abordó Puerto Bolívar y Coveñas, estos estudios se realizaron desde la Dirección General Marítima (DIMAR), y a ellos se han sumado los desarrollados por

algunas universidades como la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Dichos estudios han dado como resultado bases de datos de fisicoquímicos, microbiológicos, de zooplancton y listados de especies exóticas que han sido introducidas (Martínez *et al.*, 2015).

Para el 2002 se entregaron los primeros resultados obtenidos por la DIMAR desde su Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) referidos a la caracterización de los puertos del Caribe colombiano, estas primeras operaciones investigativas permitieron el levantamiento de información base en torno a sus objetivos institucionales de gestión y control de aguas de lastre (Cañón, 2009). Para la región de Cartagena se ha desarrollado el programa Global Ballast, liderado por la Organización Marítima Internacional (OMI), el cual se centra en el desarrollo de estudios enfocados en aguas de lastre. Programa del cual participa la DIMAR, quién determinó la importancia que tiene mantener el liderazgo en los estudios relacionados con esta problemática (Gavilán *et al.*, 2005) no solo a nivel país, sino a nivel regional, pues Colombia lidera este programa entre los países del Pacífico Sudeste, en el marco de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).

A la fecha son diversos los puertos del país en los que se han identificado especies introducidas, algunas de ellas se relacionan en la Tabla 2. En el mar Caribe se han realizado diversos estudios centrados en las especies transportadas en aguas de lastre, sin embargo, en el golfo de Urabá y el Pacífico colombiano la información que se tiene es escasa y, por ende, la problemática es subestimada.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Estado colombiano se encuentra ejerciendo estrategias para la protección de los ecosistemas marinos, tales estrategias incluyen adaptaciones tecnológicas, capacitación de personal y adecuaciones en el ordenamiento jurídico (García, 2015). Asimismo, se desarrollan estudios correspondientes a aguas de lastre en los principales puertos del país con acompañamiento de la DIMAR, que como Autoridad Marítima Nacional reconoce la importancia de liderar procesos investigativos referentes al tema de aguas de lastre tanto a nivel nacional como internacional (Gavilán *et al.*, 2005), tal y como se mencionó previamente.

Tabla 2. Algunos organismos introducidos a ecosistemas acuáticos nacionales por medio de aguas de lastre. Adaptado de (García, 2015).

Organismos.	Descripción
<i>Tubastraea coccinea</i> (Coral copa naranja)	Coral heterótrofo, hermafrodita y altamente reproductivo. Pone en riesgo a especies nativas de los corales. Se ha

	encontrado en la costa Pacífica y en el mar Caribe colombiano.
<i>Alitta succinea</i> (Gusano de los pilotes)	Se aloja en ostras, mejillones o algas. Se ha dispersado en la costa Pacífica y el mar Caribe del país a través de aguas de lastre. Modifica la distribución de nutrientes y afecta la biodiversidad marina
<i>Electroma</i> sp. (Molusco)	Monopoliza sustratos algales dificultando el asentamiento de otras especies. Proviene de Australia y se ha encontrado en el golfo de Morrosquillo y en Santa Marta
<i>Perna viridis</i> (Mejillón verde)	Originario de la región del Indo-Pacífico y se ha registrado en el puerto de Cartagena. Desplaza especies nativas, su consumo es peligroso para la salud, afecta la pesquería
<i>Balanus amphitrite</i> (Balano rayado)	Es un crustáceo, habita en estuarios y costas y se ha encontrado en la bahía de Cartagena y en la Ciénaga de la Boquilla. Se asienta en los barcos, muelles y boyas, su control genera gran impacto económico.
<i>Charybdis hellerii</i> (Cangrejo nadador del Indo-Pacífico)	Es una especie proveniente del Indo-Pacífico, se asienta sobre los corales. Se ha localizado en la Guajira, el Tayrona y en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Desplaza a cangrejos nativos.

Por otro lado, Leal *et al.*, (2011) realizaron una valoración económica de los recursos marinos que se encuentran en riesgo por la introducción de especies marinas invasoras. Destacando por ejemplo que los pescadores artesanales resultarían más afectados por la introducción de posibles especies invasoras contenidas en aguas de lastre que la pesquería industrial, ya que la segunda se desarrolla en aguas internacionales con poca probabilidad de proliferación de especies nocivas. Esto se debe a que en aguas oceánicas no se tienen la disponibilidad de nutrientes necesaria para una reproducción en masa exitosa, además no todas las especies contenidas en plancton son capaces de tolerar salinidades altas. Dichas valoraciones son una herramienta importante para la toma de decisiones referentes a normativa marítima nacional.

2.2 NORMATIVA

En la década del 70 los buques petroleros utilizaban los mismos tanques de almacenamiento de hidrocarburos para cargar el agua de lastre, a estas les llamaban aguas sucias y al momento de deslastrar generaban mucha contaminación. Sumado a ello ocurrieron muchos accidentes de derrames de petróleo alrededor del mundo lo cual originó interés por el tema de seguridad en los buques y de contaminación marina causada por ellos. Por tal motivo la preocupación en torno a este asunto derivó en el Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación Procedente de Buques (MARPOL) en 1973. De este nació una solicitud a la OMI y a la Organización Mundial de la Salud (OMS) para que realizaran estudios al agua de lastre, ya que se tenía la sospecha de que llevara consigo bacterias asociadas a enfermedades epidémicas y, aunque MARPOL no reguló el tema de aguas de lastre sino el de hidrocarburos, sugirió posibles riesgos causados por las mismas (García, 2015).

Asimismo, debido a la alta amenaza que representan las especies invasivas en los diferentes ecosistemas y a que en la actualidad esto constituye una de las mayores amenazas para los sistemas ecológicos y económicos; la OMI se dio a la tarea de crear convenios internacionales para el control de aguas de lastre. Esto con el fin de ayudar en la prevención de la transferencia de especies (OMI, 2019); en el año 2000, la OMI en conjunto con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), los países miembros y la industria de transporte marítimo se unieron para desarrollar un proyecto llamado Programa de Gestión del Agua de Lastre (GloBallast). El cual consistió en ayudar a los países en desarrollo a abordar los problemas que representan las aguas de lastre (GloBallast, 2019).

Sumado a lo anterior, en el 2004 se adoptó el Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques (BWM); el cual tiene como objetivo principal impedir la propagación de especies de un lugar a otro. Dicho convenio establece que todos los buques utilizados para el transporte marítimo internacional deben hacer gestión de sus aguas de lastre y sedimentos ajustados a una norma determinada, a su vez, deben llevar registro de aguas de lastre y certificado internacional de gestión de las mismas. Por otra parte, mientras entra en rigor la normativa, los buques deberán cambiar el agua de lastrado en aguas internacionales y en su mayoría, deberán tener instalado un sistema de tratamiento de dichas aguas (OMI, 2019).

Aguilar (2012) sugiere que el intercambio de agua de lastre en zonas oceánicas ayuda en la dispersión de organismos invasores porque en el camino que recorren las corrientes oceánicas se encuentran islas a las que pueden llegar las

especies que han sido transportadas en el buque antes de realizar el recambio correspondiente. Es por ello que se hace necesario que se consideren otro tipo de procedimientos al interior de los buques, tales como tratamientos mecánicos de filtración o separación, tratamientos físicos como esterilización por ozono, ultravioleta, calor o corrientes eléctricas; tratamientos químicos referentes a la utilización de biocidas en los tanques de lastre o tratamientos que incluyen la combinación de varios de los mencionados anteriormente.

En Colombia, la Estrategia Nacional para el Agua de Lastre (ENAL) direccionó acciones que ayudaron al posicionamiento del país como referente para el intercambio de conocimientos y buenas prácticas sobre la gestión de agua de lastre en el ámbito regional. A su término, se formuló una nueva estrategia para el periodo 2016-2020, tendiente a promover el desarrollo de diferentes acciones normativas, formativas e investigativas, todo esto con el fin de dar continuidad y sostenibilidad a lo propuesto en el programa global de agua de lastre (Martínez *et al.*, 2016).

Cabe resaltar que, a parte de las obligaciones que deben cumplir los países firmantes del Convenio para el control y gestión de aguas de lastre, los participantes también tienen derecho a ejercer, individual o de manera conjunta, otros tipos de medidas que consideren necesarias para prevenir, reducir o eliminar la transferencia de organismos nocivos para el medio. Sin embargo, las partes que adopten dichas medidas deben asegurarse de que estas no ejerzan ningún daño a la salud humana ni a los recursos de otros Estados (Plata y Criales, 2011).

2.3 ANTECEDENTES

Debido al aumento de la propagación de especies no nativas en diversos lugares del mundo, se han tomado medidas de control regional con el fin de tener una menor transferencia de organismos no deseados en cada localidad. En países como Turquía, que cuenta con una de las zonas marinas más susceptibles como consecuencia del tráfico marítimo intensivo al que está sometido y, que hasta el año 2010 tenía 66 especies reportadas como invasoras, de las cuales 19 podrían catalogarse como especies dañinas; se han visto en la necesidad de implementar proyectos con ayuda de Centros de Investigación Científica y Tecnológica para hacer frente a dicha problemática (National Ballast Water Management Strategy for Turkey, 2010).

Por otra parte, en Cuba se plantea que a la hora de tomar el lastrado los buques deben seguir algunas recomendaciones con el fin de minimizar el transporte y posterior ingreso de organismos marinos no deseados. Dichas recomendaciones

hacen referencia a que se debe reducir al máximo la toma de lastre en aguas poco profundas, en zonas donde las hélices puedan resuspender sedimentos y en horarios nocturnos para evitar tomar organismos de fondo que hacen un ascenso en la columna de agua durante la noche. A su vez, es de gran importancia conocer que las autoridades marítimas están obligadas a brindar información a los buques acerca de algunas circunstancias en las que no sea adecuada la toma de agua de lastre, tales como: zonas afectadas por epidemias o floraciones algales, zonas próximas a desagües o cercanas a sitios de dragado y lugares donde el agua sea turbia por las corrientes (Árias, 2013).

Baro y Stotz (2018), desarrollaron una propuesta de gestión para el control de aguas de lastre en la Ecorregión marina de Chile central, la cual consiste en seguir un plan preventivo. Primero se deben verificar los reportes de agua de lastre de cada buque, si la información de estos es confiable el buque puede deslastrar en puerto, de lo contrario deberá volver a aguas oceánicas a realizar el recambio correspondiente; luego de tal revisión, se comprueba el último puerto donde hizo maniobra de descarga, si el puerto no está ubicado en una zona definida como Potencialmente Peligrosa, el buque puede realizar deslastrado. A continuación, se cuantifica el riesgo asociado a la descarga de agua de lastre calculando los coeficientes de riesgo, si el resultado indica que hay una baja probabilidad de riesgo, se puede hacer deslastrado y finalmente se hace un muestreo de aguas de lastre para tener certeza de que en los tanques efectivamente hay agua oceánica y de esta manera tener autorización de deslastre en el puerto receptor.

En Nueva Zelanda se desarrolló una ley de bioseguridad encargada de controlar todos los buques provenientes de aguas no territoriales y de las enfermedades que puedan contener. De acuerdo con dicha ley los buques deben enviar un formulario de pre arribo con 48 horas de anticipación especificando toda la carga que pudiera considerarse peligrosa y en esta se incluyen las aguas de lastre, además el único método que se acepta en este Estado es el intercambio oceánico de lastre, este cambio se debe realizar a 200 metros de cualquier costa y 200 metros de profundidad. Las únicas alternativas diferentes que aceptan en el lugar es no hacer descarga en Nueva Zelanda o usar un método químico o de irradiación (Aguilar, 2012).

En cuanto a nivel nacional, se resalta que inicialmente Colombia no contaba con leyes específicas referentes al tratamiento, manejo o gestión de agua de lastre, pero contaba con leyes y decretos relacionados a la contaminación ambiental, los cuales se enfocaron en la protección de la diversidad biológica y reglamentación de operaciones de buques y puertos. Esto era de gran importancia porque reconocía el agua de lastre como contaminante del medio

ambiente debido a la introducción de especies dañinas (García, 2015). Sin embargo, en la actualidad cuenta con la Resolución 477 de 2012 (6 de septiembre de 2012) en la que se adoptan medidas para el control de la gestión de aguas de lastre y sedimentos a bordo de naves tanto nacionales como extranjeras que se encuentran en aguas de jurisdicción colombiana. En esta se otorgan funciones a la DIMAR de dirigir y controlar la seguridad de la navegación y de la vida humana en el mar y hacer cumplir normas nacionales e internacionales referentes a la protección del medio marino.

Sumado a esto, se ha estado trabajando en el levantamiento de información base desde el año 2002 a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), dicha información puede ser utilizada como soporte técnico para la construcción de mecanismos legales y jurídicos necesarios para adoptar el Convenio para el Control y la Gestión de Agua de Lastre. Asimismo, en la Constitución política colombiana aparecen artículos como el artículo 12 de la ley 356 de 1997 que se refiere a la introducción de especies exóticas, en los que se pueden basar las autoridades para controlar y prevenir la introducción de organismos. Dichos artículos hacen referencia al cuidado, protección ambiental, prevención del deterioro ambiental, desarrollo sostenible de espacios costeros y oceánicos, sanciones legales y exigencia de reparación de daños, entre otras (Cañón *et al.*, 2016).

Velasco (2011) considera que la transferencia de organismos nocivos a través del agua de lastre puede traer serias consecuencias como alteración de los ecosistemas e impactos negativos en la salud humana, es por ello que realizó un estudio de aguas de lastre en la bahía de Tumaco con el fin de demostrar la presencia de organismos patógenos en dichas aguas. En este estudio se hicieron visitas a 18 buques de tráfico internacional que llegaron al Terminal Multiboyas de Ecopetrol, sitio de recepción de aguas de lastre procedentes de diversas regiones a nivel global. Como resultado del estudio se encontró que en cinco de los buques muestreados había presencia de organismos zooplanctónicos y en 10 de ellos se encontraron organismos fitoplanctónicos. Los organismos encontrados corresponden a diferentes especies.

Del mismo modo, Rodríguez (2011) adelantó un estudio de determinación de *Vibrio cholerae* en tanques de aguas de lastre, las muestras necesarias para el estudio fueron tomadas en los mismos buques evaluados en la investigación mencionada anteriormente. En este se evidenció la presencia de *Vibrio cholerae* en el 67% de los buques monitoreados, confirmando que las aguas de lastre son un agente significativo en la transmisión de este microorganismo.

De otra parte, Suárez (2007) hizo una comparación entre la biodiversidad fitoplanctónica en aguas de lastre de buques de tráfico internacional y los principales muelles de la bahía de Cartagena. En el estudio se encontró una mayor abundancia de especies de la bahía, en comparación con las observadas en las aguas de lastre y se determinó que las encontradas en los buques hacen parte de la flora fitoplanctónica de la bahía. En las aguas de lastre se evidenciaron bajos niveles de clorofila, lo cual es un índice de la presencia de fitoplancton con una baja actividad fotosintética dentro de los tanques de lastrado.

El trabajo realizado en torno al agua de lastre y el interés del país en abordar este tema condujo a la estructuración en el año 2011 de la primera Estrategia Nacional para el Agua de Lastre (ENAL) para el periodo 2011-2014. Esta primera estrategia contempló los resultados de los estudios realizados sobre los impactos socio-económicos y ambientales producidos por las EEI y OAP transferidas por el agua de lastre. Este documento relacionó toda la normatividad nacional e internacional que regula la gestión de agua de lastre, junto con las acciones planteadas y ejecutadas por el Programa GloBallast a nivel global, regional y nacional. Esto con el fin de preparar a la comunidad internacional para la aplicación de lo estipulado por el Convenio BWM (Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques de 2004), como preámbulo a su entrada en vigor (Martínez et al., 2016).

Cabe resaltar que a nivel global todos los países están en el derecho de poner en práctica normativas internas que resulten beneficiosas para sus zonas marítimas, con el fin de que pueda regularse el ingreso de especies no deseadas que puedan afectar sus ecosistemas y de manera general su economía. Además, el trabajo realizado por Colombia en torno a la gestión del agua de lastre le ha significado el reconocimiento internacional, razón por la cual en la actualidad es un país líder del proyecto Asociaciones GloBallast para la región Pacífico Sudeste (Martínez *et al.*, 2016)

2.4 HIPÓTESIS

Si los buques de tránsito internacional hacen el recambio de agua de lastre indicado en la normativa, los organismos presentes en los tanques de lastre serán de origen oceánico, por lo tanto, las especies contenidas en tanques de lastre de los buques que arriban al golfo de Urabá representarán bajo riesgo de contaminación biológica; de lo contrario se encontrarán organismos de origen nerítico, muchos de ellos con potencial invasor.

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar cualitativa y cuantitativamente los organismos planctónicos presentes en el agua de lastre de buques que arriban al golfo de Urabá y su posible adaptación a este ambiente.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los organismos fito y zooplanctónicos transportados en los tanques de lastre de los buques que arriban al golfo de Urabá.
- Determinar la salinidad del agua contenida en tanques de lastre.
- Verificar si hubo o no recambio de agua de lastre por parte de las embarcaciones monitoreadas.
- Identificar organismos viables que puedan ser posibles invasores en el Golfo.

3. METODOLOGÍA

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está enmarcada en el golfo de Urabá, el cual se caracteriza por ser un estuario localizado en el margen meridional y al extremo sur del Caribe colombiano. Se encuentra en la jurisdicción de los departamentos de Antioquia y Chocó, que hacen parte de la región del Darién que es conocida por tener condiciones de alta humedad, gran biodiversidad, relieve montañoso y depresiones fluviales. A su vez, cuenta con un ancho promedio de 25 km de longitud, que varía entre 12 y 50 km. Asimismo, una distancia axial sur norte de 80 km, y una línea de costa de aproximadamente de 543 km (García y Sierra, 2007).

Como mencionan Chevillot y Molina (1993), la batimetría del golfo de Urabá se caracteriza por contar con zonas muy someras (menores de 15 m) en el sur, y con zonas de hasta 80 m de profundidad hacia el norte. Sin embargo, el Golfo cuenta con una profundidad promedio de 40 m con fondos lodosos y altamente sedimentados, producto de la descarga de los ríos Atrato, León, Turbo y Caimán.

En cuanto a la circulación atmosférica, los vientos se ven influenciados por el mar Caribe y el Océano Pacífico y su clima es influenciado por la presencia de

la zona de convergencia intertropical (ZCIT), que de acuerdo con Roldán (2008), genera un patrón bimodal estacional: Alisios fuertes del Norte y el Noreste en temporada seca (diciembre-abril), y Alisios del Sur y el Suroeste en temporada húmeda (mayo-noviembre).

Asimismo, al contar con un clima húmedo-tropical, este favorece en gran medida la agricultura y explotación forestal, por lo cual la economía de la región está enfocada en la exportación de banano (García & Sierra, 2007). Debido al potencial y a la expansión de este importante renglón de la economía en la actualidad se están desarrollando algunos proyectos portuarios que están encaminados soportar este crecimiento, dadas las necesidades de movilizar un alto volumen de productos tipo exportación, actividad que tiene en las rutas marítimas el principal medio de transporte.

En el puerto de Turbo se realizan las maniobras de cargue de banano a los buques y descargue de insumos para las empresas exportadoras, se encuentra ubicado en la zona sur-oriental del golfo de Urabá, dentro de bahía Colombia, Punta de las vacas (Figura 1); su infraestructura abarca tanto bahía Colombia como los canales de Zungo y Nueva Colonia (localizados en el río León). Dicho puerto atiende al mes alrededor de 70 buques de 8000 ton y 8 m de calado, los cuales están dedicados al transporte de banano y plátano (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas- CIOH, 2014).

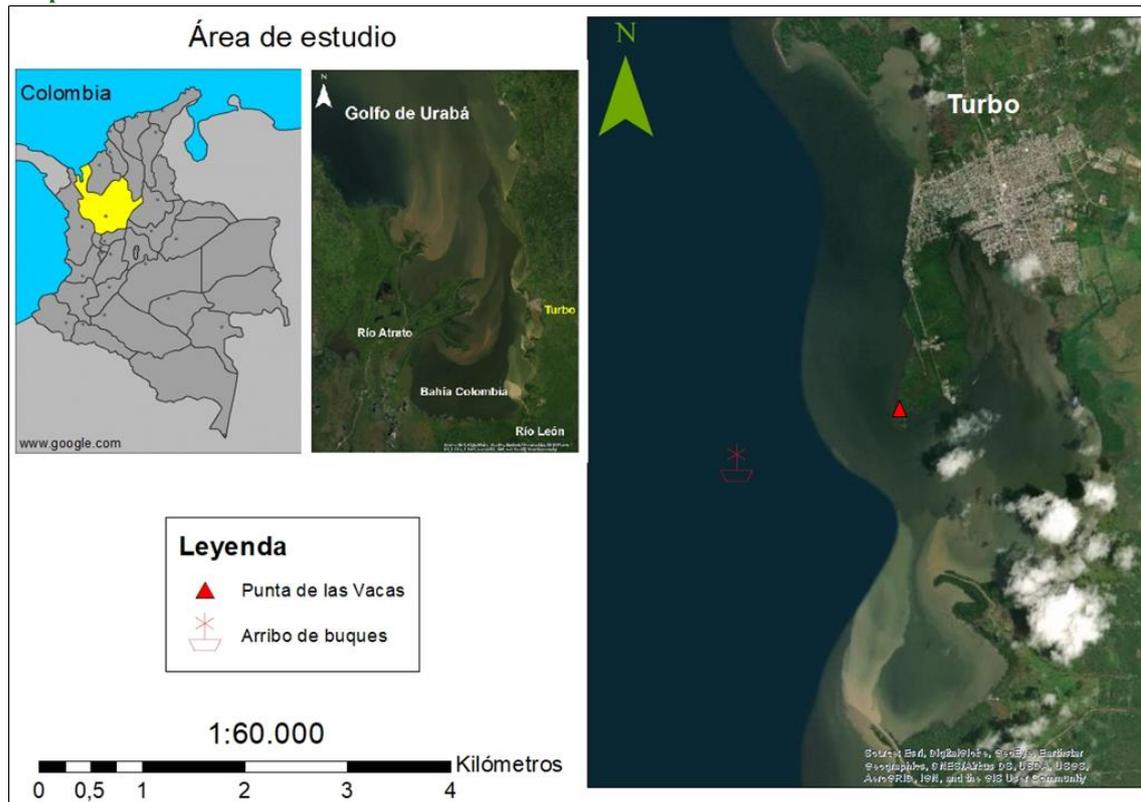


Figura 1. Localización del área de estudio, Turbo, Antioquia. Situada en el golfo de Urabá, en el Caribe colombiano.

3.2 TRABAJO DE CAMPO

Se tomaron muestras de aguas de lastre en diferentes buques que arribaron al puerto de Turbo (Figura 2), golfo de Urabá, muestreando un total de 13 embarcaciones entre los meses de noviembre de 2018 y mayo de 2019. Asimismo, se recolectaron muestras de agua de mar del Golfo para hacer una comparación entre las especies que se encuentran en el lugar mencionado y las transportadas por los buques, ambas muestras fueron tomadas en el mes de septiembre del año 2019.

3.2.1 TOMA MUESTRAS DE AGUA DE LOS TANQUES

Las muestras fueron recolectadas en cada uno de los buques visitados (Figura 3) empleando recipientes plásticos de diferentes volúmenes (entre 5 y 20 L). No fue posible obtener un volumen de agua estándar (20 L), pues no se permitió el acceso a los tanques de lastre, sólo se obtuvo la cantidad suministrada por el personal a cargo por parte de la embarcación y de la Dimar. Para la extracción de las muestras se pidió que fueran de tanques con agua contenida durante el viaje para garantizar que no se haya llenado con agua del Golfo.

(a)



(b)



(c)



(d)



Figura 2. Ejemplos de buques visitados para la toma de muestras de aguas de lastre. a) MSC Weser, b) AS Palina, c) Nordisabella, d) Caribbean Express.



Figura 3. Ejemplo de toma de muestra de agua de lastre de donde se tomaron muestras directas.

Las visitas a los buques para la toma de muestras estuvieron programadas entre los meses de noviembre de 2018 y mayo de 2019 y la cantidad de buques muestreados ascendió a 13, todos ellos provenientes de diferentes puertos del continente americano.

3.2.2 OBTENCIÓN DE MUESTRAS BIOLÓGICAS

A partir del volumen de agua recolectado en los tanques de lastre de las embarcaciones, se tomaron muestras biológicas para análisis de fitoplancton y zooplancton por medio de redes de plancton con ojo de malla de 25 y 40 μm respectivamente (Figura 4).

El volumen de agua total suministrado fue filtrado empleando primero la red de 40 μm para obtener la submuestra de zooplancton y luego, se usó la red de 25 μm para obtener la correspondiente al fitoplancton, cada una de ellas fue depositada en recipientes plásticos de 500 mL los cuales fueron transportados en una nevera plástica destinada para tal fin.

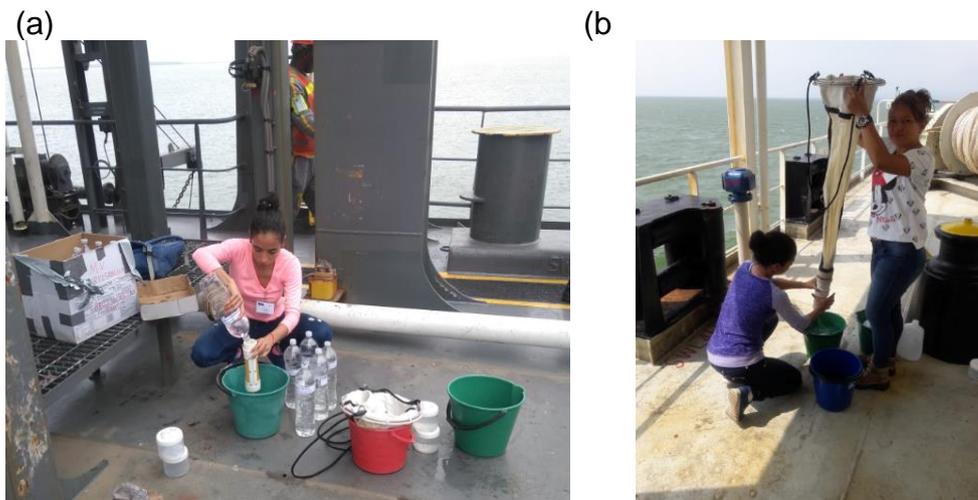


Figura 4. Filtrado de muestras biológicas a bordo de buques muestreados.

Parámetros fisicoquímicos como temperatura y oxígeno disuelto no fueron tomados *in situ* ya que las muestras fueron recolectadas previamente por funcionarios de cada buque y posteriormente entregadas en recipientes plásticos, por lo tanto, estos parámetros se alteraban y no correspondían a las condiciones ambientales propias de los tanques; por esta razón no se tuvieron en cuenta para la realización del presente estudio ya que se quería verificar en qué condiciones eran transportados los organismos en los tanques de lastre para conocer su tolerancia a condiciones adversas.

3.2.3 ANÁLISIS DE MUESTRAS BIOLÓGICAS

Las muestras recolectadas fueron llevadas al laboratorio de biología de la Universidad de Antioquia para su revisión y análisis empleando para ello un microscopio triocular invertido marca OPTIKA. Para observar las muestras correspondientes a organismos fito y zooplanctónicos se utilizó una cámara de conteo Sedgewick Rafter con capacidad de 1 ml, para el zooplancton se revisaron 5 ml de agua, mientras que para fitoplancton se analizaron dos alícuotas, para un total de 2 ml. Cada una de las muestras fue revisada completamente debido a que la cantidad de organismos que se esperaban encontrar era mínima; dichas revisiones se realizaron teniendo en cuenta la metodología establecida para ello.

La diferencia entre los volúmenes de agua revisados para fitoplancton y zooplancton radica en la menor probabilidad de encontrar organismos zooplanctónicos en las muestras de aguas de lastre, por ende, es necesario revisar un mayor volumen para obtener resultados significativos. Asimismo, para las muestras analizadas no se emplearon reactivos de fijación, ya que se buscaba determinar si las mismas contenían organismos vivos, para así cumplir los objetivos propuestos en la investigación. Cabe resaltar que se determinó como organismos vivos cualquiera que presentara movimiento a la hora de su observación.

Por otra parte, no fue posible realizar mediciones *in situ* de parámetros fisicoquímicos como salinidad, pH, oxígeno disuelto y temperatura del agua debido a que no se permitió el acceso a los tanques de lastre, pues como se mencionó previamente, las muestras se suministraron por operarios de las embarcaciones. Solo se determinó la salinidad, mediante procedimiento realizado en el laboratorio de biología de la Universidad de Antioquia empleando un multiparámetro Hanna, en primera instancia porque este parámetro no se altera con el tiempo y a la vez, porque indica si la embarcación realizó o no los recambios establecidos por las normas internacionales tendientes a evitar el traslado de organismos a través de los tanques de lastre.

3.2.4 TOMA DE AGUA DE MAR DEL GOLFO DE URABÁ

Se tomaron dos muestras de agua de mar del golfo de Urabá, estas se obtuvieron en el sitio de arribo de los buques por personal de la Dimar, pues no se permitió el acceso a la embarcación para realizar los arrastres horizontales propuestos. El volumen de agua suministrado fue de 20 litros, los cuales fueron filtrados empleando redes de plancton de 25 y 40 μm para la obtención de muestras biológicas de fitoplancton y zooplancton respectivamente. Dichas muestras

fueron revisadas y analizadas en el laboratorio de biología de la Universidad de Antioquia con la ayuda de microscopio invertido y guías taxonómicas como el Catálogo de fitoplancton de la bahía de Cartagena, bahía Portete y Aguas de Lastre, entre otros.

3.2.5 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

A partir de los análisis realizados se digitalizó la información obtenida y se realizaron gráficas de abundancia de especies, porcentajes de organismos por grupo y de salinidad utilizando la herramienta de Microsoft Excel.

Por otra parte, se adoptó la fórmula, descrita por Uribe (2003), con el fin de determinar la abundancia celular en las muestras.

$$(Cel/500ml)*(1000ml/L)$$

Para utilización de esta fórmula se tiene en cuenta que se analizaron 5 ml de muestra para zoo y 2 ml para fitoplancton, que representan los 500 ml totales de la muestra obtenida en cada tanque. Se tiene en cuenta que los 500 ml obtenidos son la representación del volumen de agua de lastre filtrado para cada uno de los tanques. Además, para estandarizar la información se hace el reporte de Células/Litro y de esta manera comparar los resultados entre buques.

4. RESULTADOS

4.1 INFORMACIÓN DE BUQUES MUESTREADOS

De manera aleatoria se realizó el monitoreo de 13 buques que arribaron al puerto de Turbo (tabla 3), todos ellos procedentes de puertos ubicados en el continente americano. Asimismo, en la tabla 3 se relacionan las fechas de muestreo (comprendidas entre noviembre de 2018 y mayo de 2019), el puerto de origen, el nombre de la embarcación y el volumen de agua de lastre filtrado en cada buque.

4.2 SALINIDAD

A continuación, se hace una relación de los registros de salinidad obtenidos en cada uno de los tanques de donde se extrajeron las muestras de aguas de lastre analizadas por cada buque (tabla 4).

Tabla 3. Relación de buques estudiados para la evaluación de aguas de lastre.

Buque	Fecha de muestreo	Nombre	Procedencia	Volumen filtrado
1	22/11/2018	MSC Weser	-	20
2	13/02/2019	AS. Cleopatra	Puerto Moin (Costa Rica)	5
3	14/02/2019	MSC Weser	-	10
4	5/03/2019	AS. Petulia	Guatemala	10
5	5/03/2019	AS. Palina	Panamá	10
6	27/03/2019	AS. Cleopatra	Philadelphia	10
7	29/03/2019	CAP. Reinga	Cartagena	10,5
8	5/04/2019	MV. Nordisabella	Fort Everglade (Florida)	8
9	12/04/2019	CAP. Roca	Cartagena	8
10	12/04/2019	CAP. Roca	Cartagena	8
11	1/05/2019	San Antonio	Puerto Moin (Costa Rica)	8
12	16/05/2019	Caribbean Express	Cristobal Panamá	10
13	17/05/2019	MV. Nordisabella	Fort Everglades (Florida)	8

Tabla 4. Registro de salinidad obtenidos en las muestras de aguas de lastre.

Buque	Salinidad (psu)	
	Tanques 1	Tanques 2
1	*	*
2	28.61	27.65
3	30.45	29.99
4	29.45	29.26
5	30.91	30.58
6	8.64	4.72
7	29.92	29.93
8	30.40	30.50
9	29.59	29.37
10	29.71	29.35
11	30.03	30.14
12	33.61	34.13
13	37.30	37.24

*No fue posible registrar la salinidad de la muestra.

El comportamiento de la salinidad en relación a las diferentes embarcaciones muestreadas se puede observar en la figura 5; cabe resaltar que el número 14

en el eje X de la figura corresponde a las dos muestras de agua tomadas en el Golfo.

La salinidad en los tanques de agua de lastre varió entre 4.72 psu (buque número 6) y 37.3 psu (buque número 13); ambos registros corresponden a embarcaciones cuya procedencia se relaciona con puertos de los Estados Unidos, Philadelphia y Fort Everglades respectivamente. El promedio de salinidad obtenido en los buques a lo largo del estudio fue de 28,81 psu.

El buque número 6, cuya procedencia era del puerto de Philadelphia, en Estados Unidos, presentó las salinidades más bajas (en ambos tanques revisados), con respecto a los demás buques visitados; dichas salinidades registraron 8,64 psu y 4,72 psu, en los tanques 1 y 2 respectivamente.

En cuanto a las salinidades medidas en las muestras de agua del Golfo, se obtuvo un rango bastante amplio, en la primera muestra la salinidad registrada fue de 13,39 psu mientras que la segunda muestra fue de 30,17 psu.

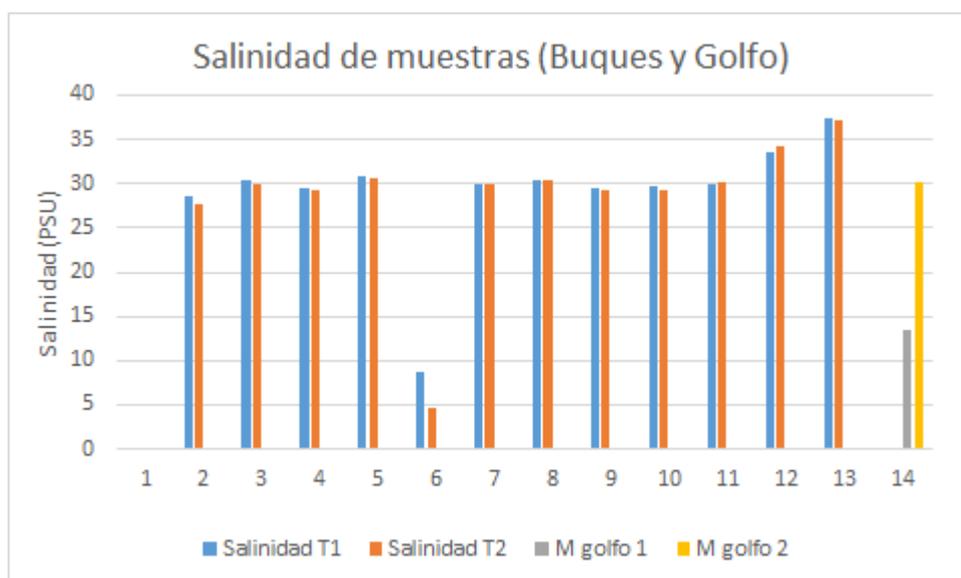
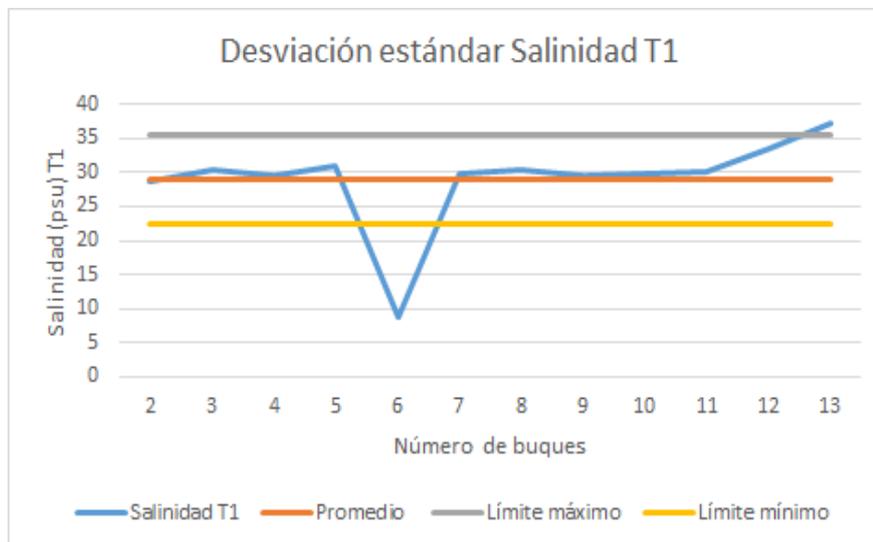


Figura 5. Salinidad registrada en los tanques de aguas de lastre de los buques y en las muestras de aguas del golfo de Urabá.

La desviación estándar de la salinidad tanto para los tanques 1 (T1) como para los tanques 2 (T2) de todos los buques muestreados, se puede apreciar en la figura 6. La desviación estándar para la salinidad de los tanques 1 (Fig. 6a) fue de 6,6 y en los tanques 2 (Figura 6b) de 7,6; se puede evidenciar que en la mayoría de los buques los datos no presentan una dispersión importante respecto a la media. Sin embargo, en ambos tanques del buque número 6 se encuentra una salinidad por debajo del límite inferior de la gráfica, del mismo modo, se puede observar en el buque 13 que su salinidad sobrepasa el límite

superior del gráfico. Los buques 6 y 13 presentaron los datos más dispersos respecto al promedio del total de las muestras.

(a)



(b)

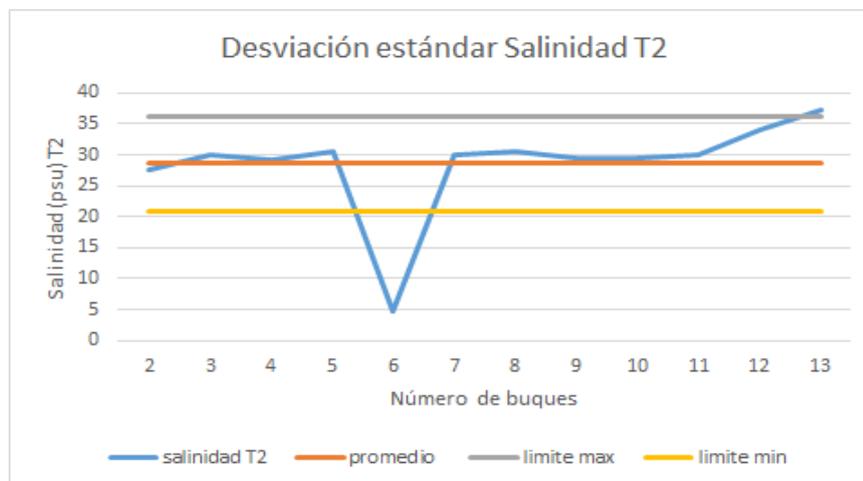


Figura 6. Desviación estándar de salinidad de los tanques 1 (a) y tanques 2 (b).

4.3 ESPECIES PLANCTÓNICAS Y NÚMERO DE INDIVIDUOS OBSERVADOS EN AGUAS DE LASTRE

El análisis de las muestras de agua tomadas de los tanques de buques permitió observar las diferentes especies de organismos presentes, tanto del fitoplancton como del zooplancton, al igual que el número de individuos contenidos en el total de muestras evaluadas (figura 7).

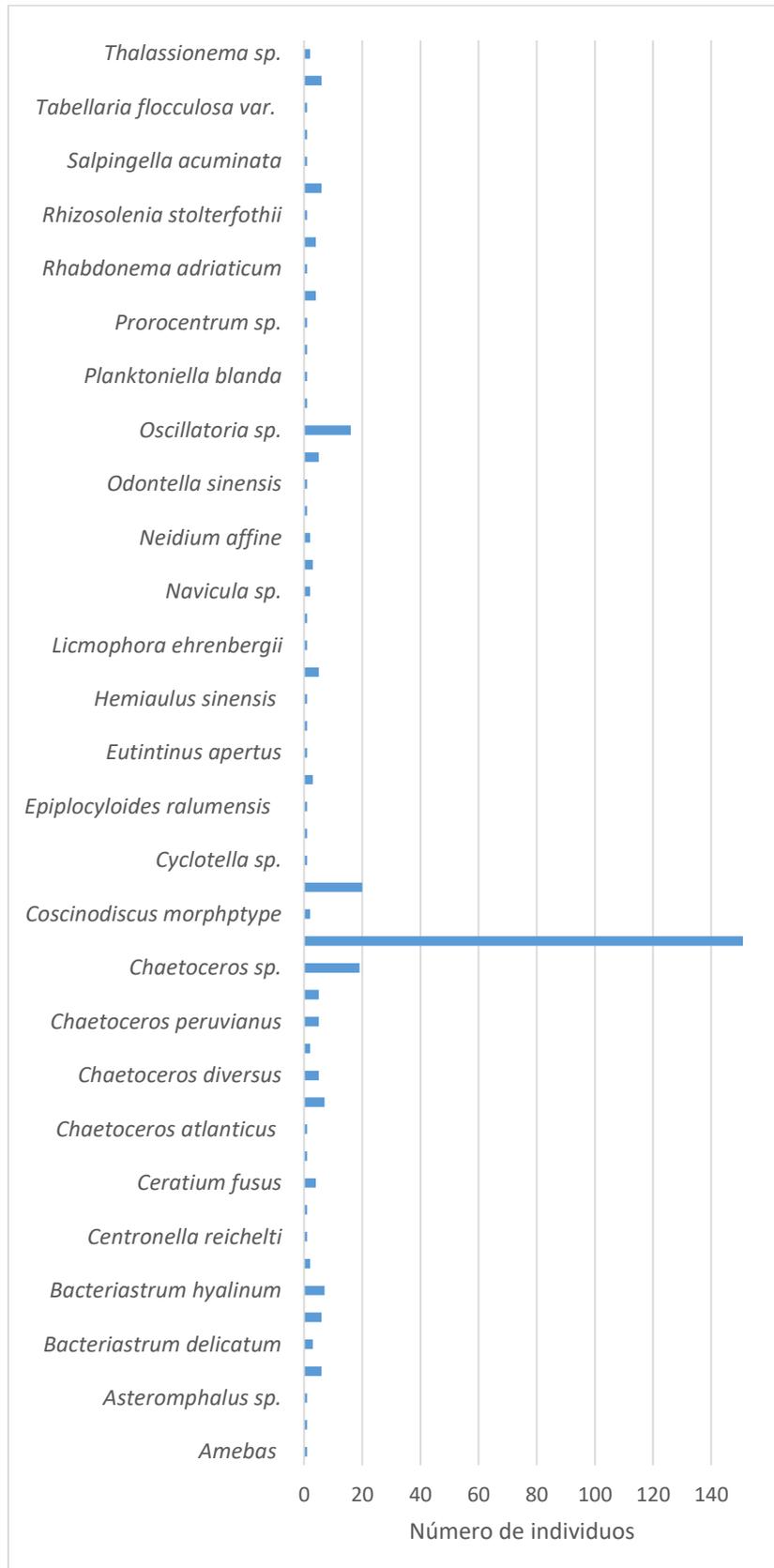


Figura 7. Especies y número de individuos totales encontrados en aguas de lastre de buques que arriban al golfo de Urabá.

En dichas muestras se registraron en total de 53 especies planctónicas que, en su mayoría, no superaron los 10 individuos registrados en el volumen total de las muestras de agua de lastre observadas, especies como *Chaetoceros* sp., *Oscillatoria* sp. y *Coscinodiscus* sp. presentaron un número de individuos relativamente alto (19, 16 y 20 respectivamente) con respecto a otras especies como *Leptocylindrus* sp., *Bacteriastrum hyalinum* y *Odontella* sp., cuyo número de individuos no superó los 5. Por otra parte, se encontraron ciliados los cuales registraron una muy alta cantidad de individuos (159) respecto a las restantes especies observadas. Es importante mencionar que el grupo de los ciliados se enmarca como una sola especie debido a que a simple vista todos los individuos eran muy similares, sin embargo, no fue posible determinar si todos pertenecían a la misma especie.

De los organismos registrados, los pertenecientes al grupo de los ciliados, la ameba y el nematodo fueron los únicos que se encontraron vivos.

4.4 ESPECIES PLANCTÓNICAS Y NÚMERO DE INDIVIDUOS OBSERVADOS EN AGUAS DEL GOLFO DE URABÁ

En la figura 8 se muestran las especies encontradas en las muestras de agua tomadas del golfo de Urabá; se pudieron apreciar un total de 23 especies que abarcan tanto el fito como el zooplancton. El número total de individuos de copépodos y especies como *Cyclotella* sp., *Leptocylindrus* sp., *Chaetoceros minimus* y *Chaetoceros diversus* no superó los 23 individuos en la totalidad de las muestras; por otro lado, especies como *Ceratium fusus*, *Hemiaulus sinensis* y *Thalassionema* sp. presentaron un registro total de individuos inferior a 5. Mientras que para *Pseudonitzschia australis* el registro un total de individuos fue muy alto (124) en relación a las demás especies planctónicas observadas.

4.5 COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DEL GOLFO CON LAS ENCONTRADAS EN TANQUES DE AGUAS DE LASTRE

De las 53 especies de organismos planctónicos que se encontraron en los tanques de agua de lastre de los diferentes buques visitados, el 32,1 %, que equivalen a 17 especies, se encontraron también en las muestras de agua obtenidas en el golfo de Urabá (figura 9). Estos organismos corresponden a las especies *Bacteriastrum curvatus*, *Ceratium fusus*, *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros diversus*, *Chaetoceros peruvianus*, *Chaetoceros* sp., *Coscinodiscus* sp., *Cyclotella* sp., *Hemiaulus sinensis*, *Leptocylindrus* sp., *Navicula* sp., Nematodo, *Odontella* sp., *Oscillatoria* sp., *Pseudonitzschia australis*, *Rhizosolenia styliformis* y *Thalassionema* sp. En cuanto a las especies mencionadas, 14 de ellas pertenecen al grupo de las diatomeas, 1 al de los

dinoflagelados, 1 a las cianofíceas y 1 a los nemátodos. De las especies que solo se encontraron en aguas de lastre, 24 pertenecen al grupo de las diatomeas, 5 hacen parte de los dinoflagelados y 6 hacen parte de los protozoos.

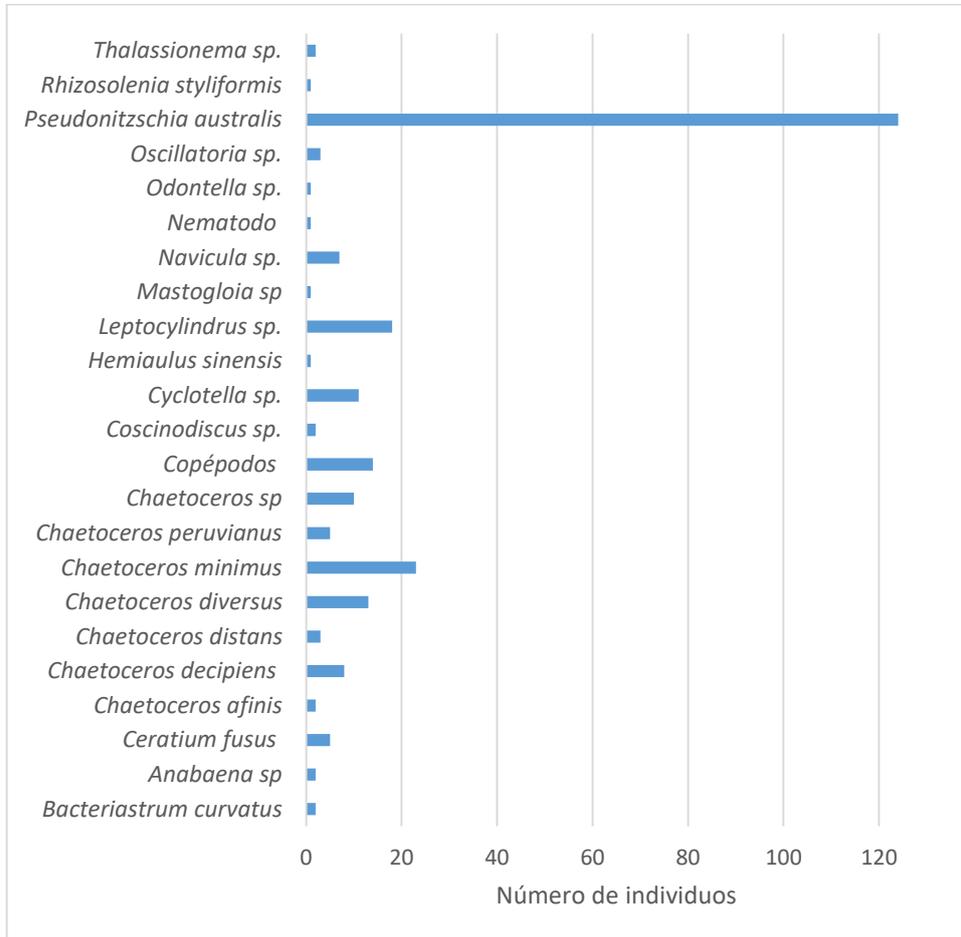


Figura 8. Especies y número total de individuos encontrados en muestras de agua del golfo de Urabá.

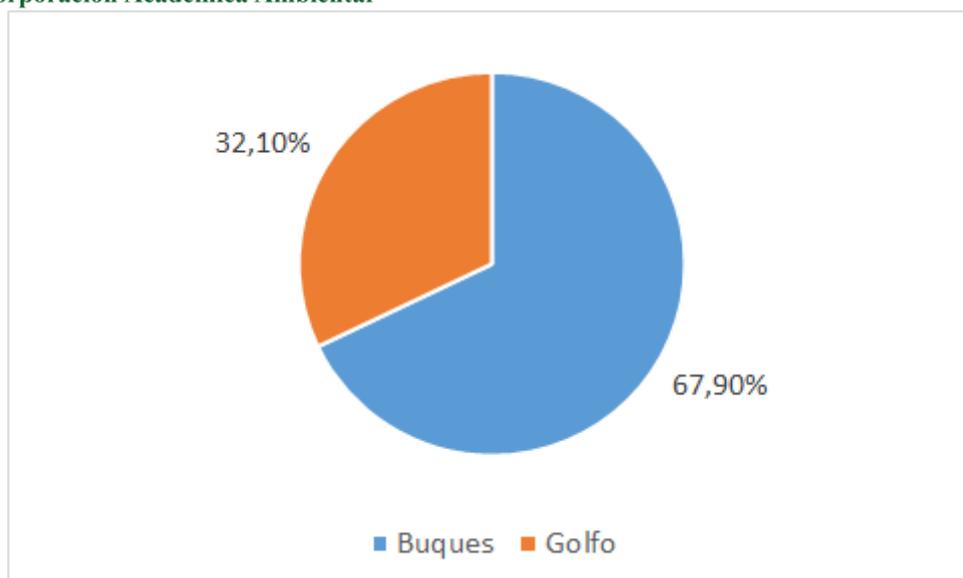


Figura 9. Distribución porcentual de las especies registradas en el golfo de Urabá y en tanques de aguas de lastre de los buques.

4.6 PORCENTAJE DE ORGANISMOS POR GRUPOS

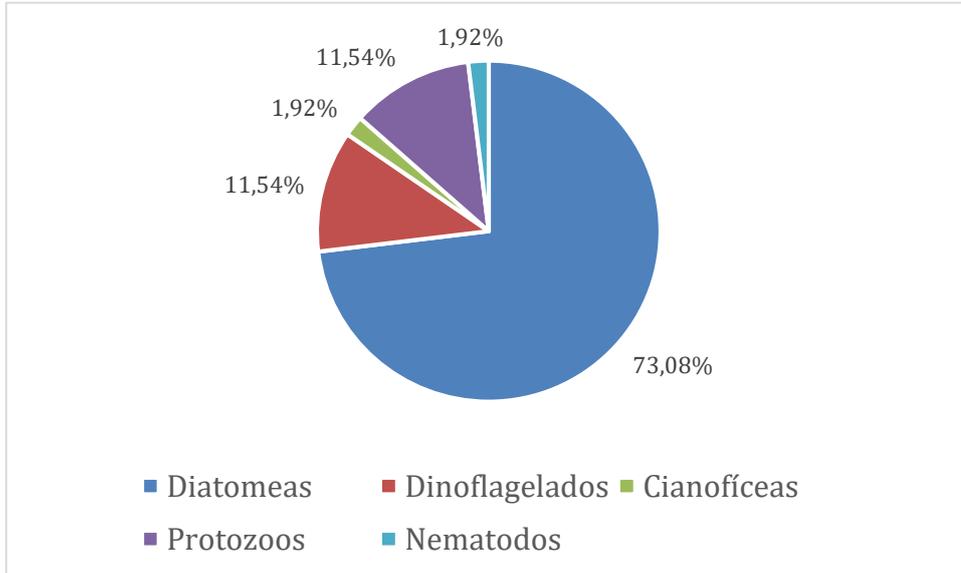
El porcentaje de organismos de acuerdo con los grupos a los que pertenecen y a su presencia en las muestras de agua tomadas del golfo de Urabá y en las procedentes de los diferentes buques muestreados se puede observar en la figura 10.

Se registró una dominancia importante del grupo de las diatomeas, tanto en aguas de buques como en las muestras obtenidas *in situ* en la zona de arribo de embarcaciones en el Golfo, la cuales superaron el 73,08% y 78,26% respectivamente. A su vez, se observó que las muestras de buques no registraron organismos del grupo de los copépodos mientras que en el Golfo este grupo presentó un porcentaje correspondiente al 4,35% del total de la muestra.

Los dinoflagelados en las muestras de aguas de lastre presentaron un porcentaje abundante (11,54%) respecto al mismo grupo encontrado en el Golfo (4,35%). A su vez, el grupo de los protozoos en las muestras en aguas de lastre también tuvo un porcentaje alto de organismos (11,54%), en este grupo se encontraron diferentes especies de tintínidos y amebas.

En la figura 10 b se puede apreciar otro grupo que registró un porcentaje importante de organismos que hicieron presencia en las muestras del Golfo, estos corresponden a las cianofíceas, las cuales presentaron un 8,69% del total de las muestras; las especies encontradas pertenecientes a este grupo fueron *Oscillatoria sp.* y *Anabaena sp.* las cuales se asocian con aguas estuarinas, condiciones que refleja el golfo.

(a)



(b)

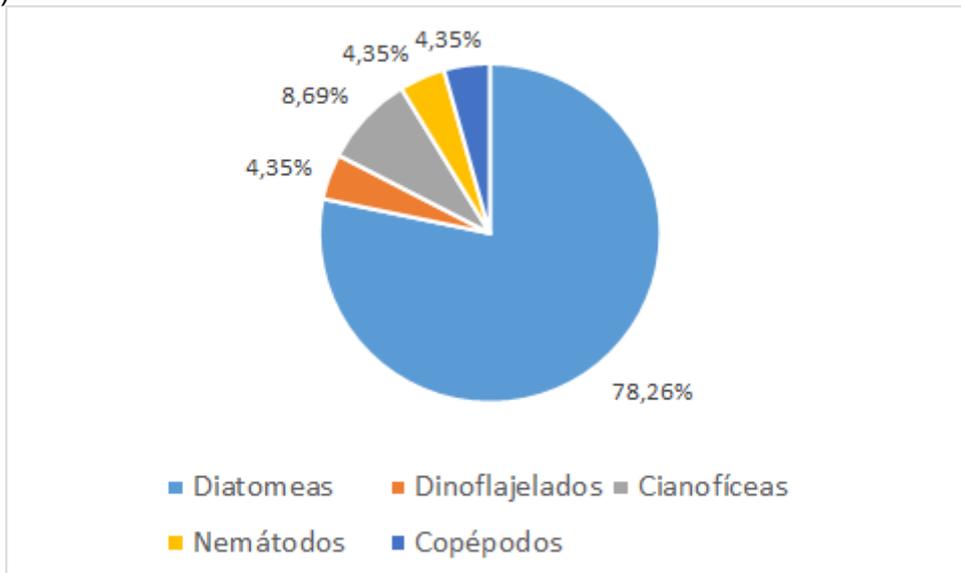


Figura 10. Porcentaje de organismos planctónicos por grupos en los tanques de lastre de buques (a) y en aguas del golfo de Urabá (b).

4.7 PORCENTAJES DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON EN AGUAS DE LASTRE

A continuación, en la figura 11 se muestra el porcentaje de organismos planctónicos, tanto fitoplanctónicos como zooplanctónicos observados en las muestras de agua de lastre tomadas de los buques; se destaca que el fitoplancton tuvo una mayor abundancia, con un 86,80% del total de organismos

encontrados, el zooplancton registró el 13,20% restante del total de las muestras revisadas.

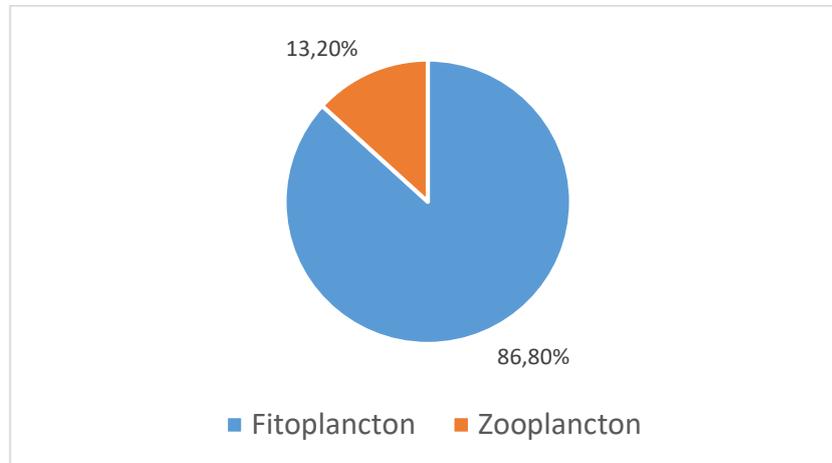
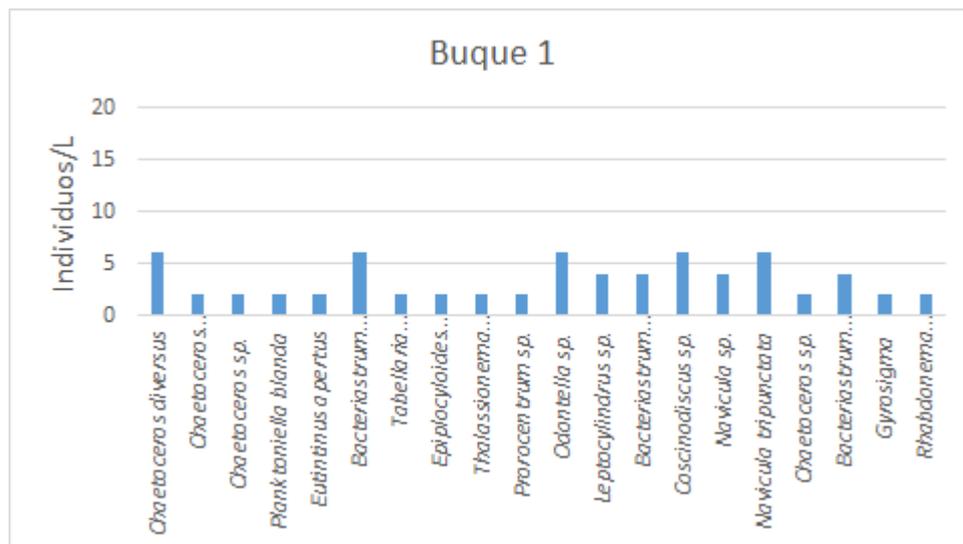
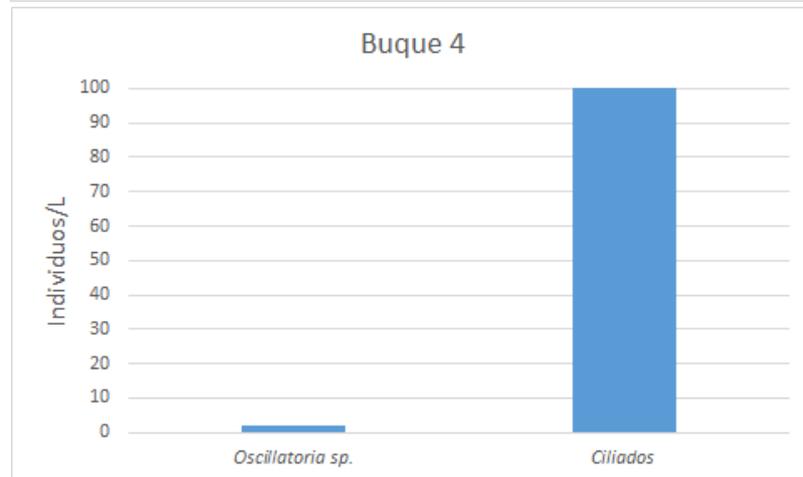
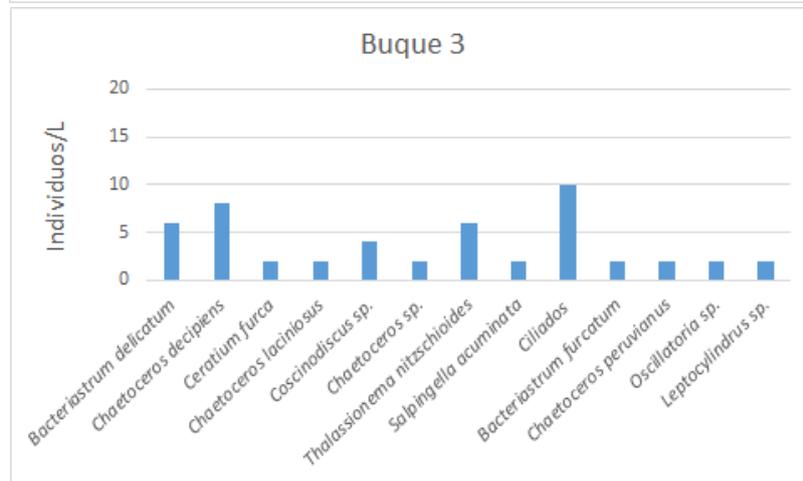
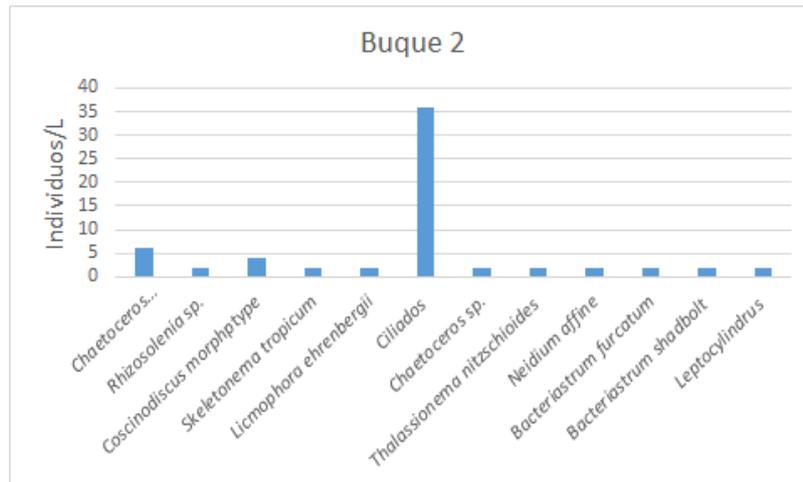


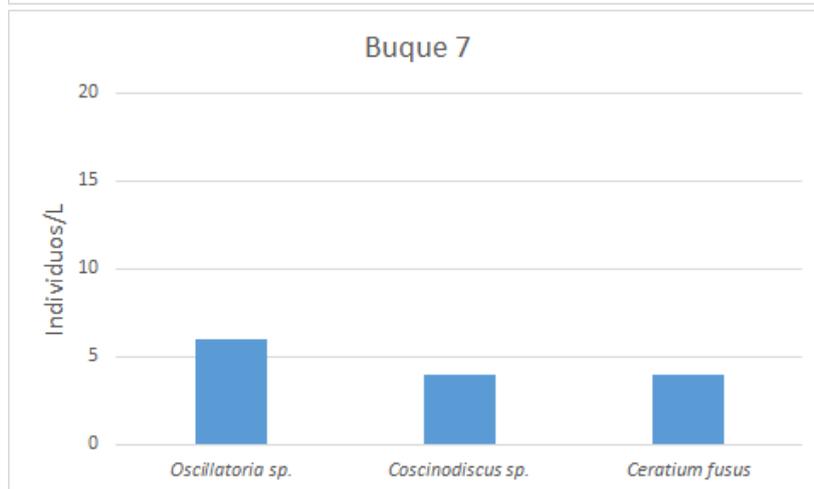
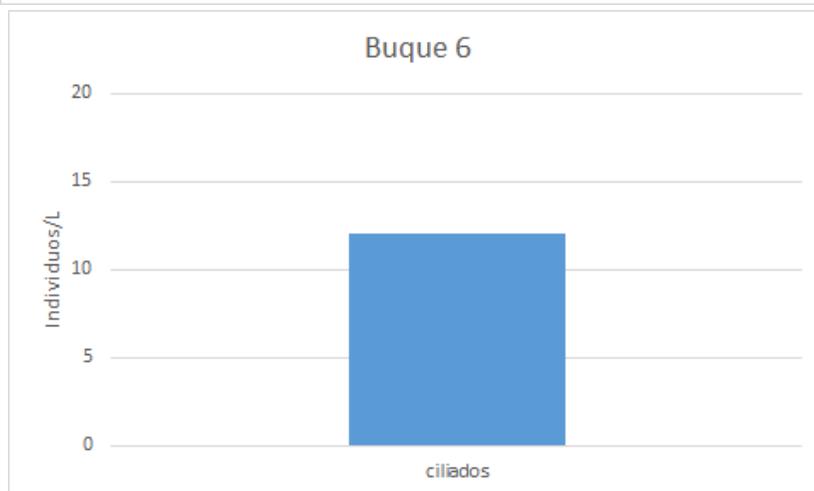
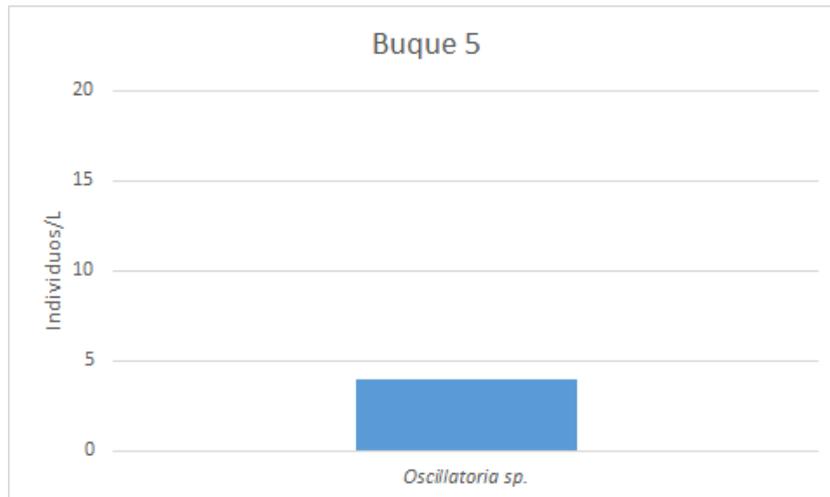
Figura 11. Porcentaje de organismos fitoplanctónicos y zooplanctónicos encontrados en aguas de lastre.

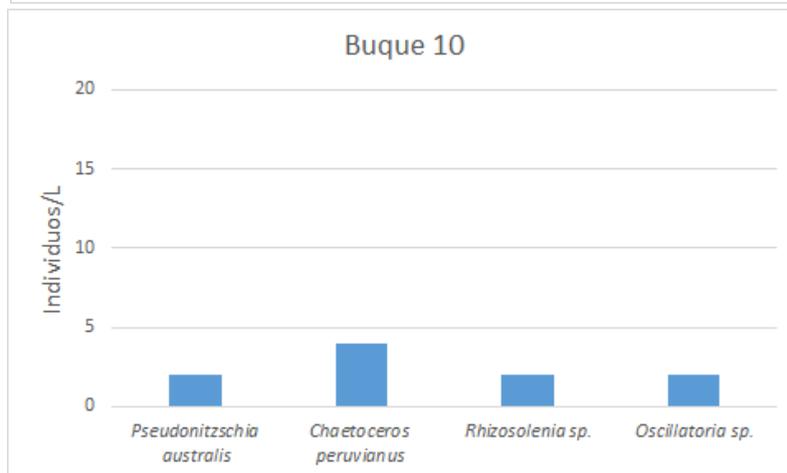
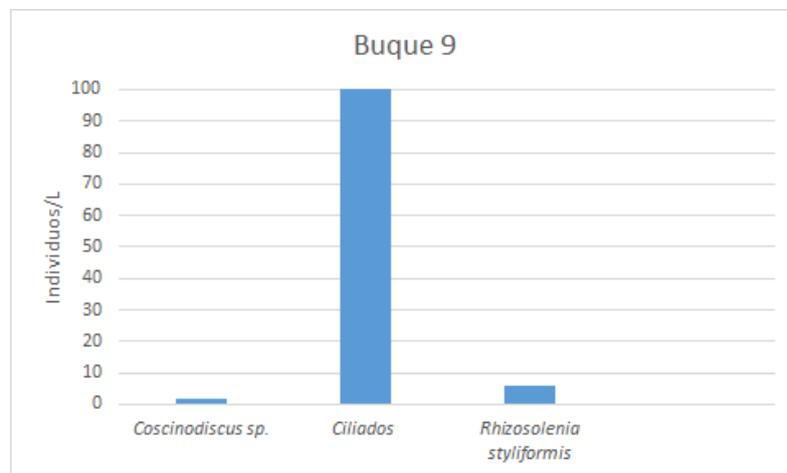
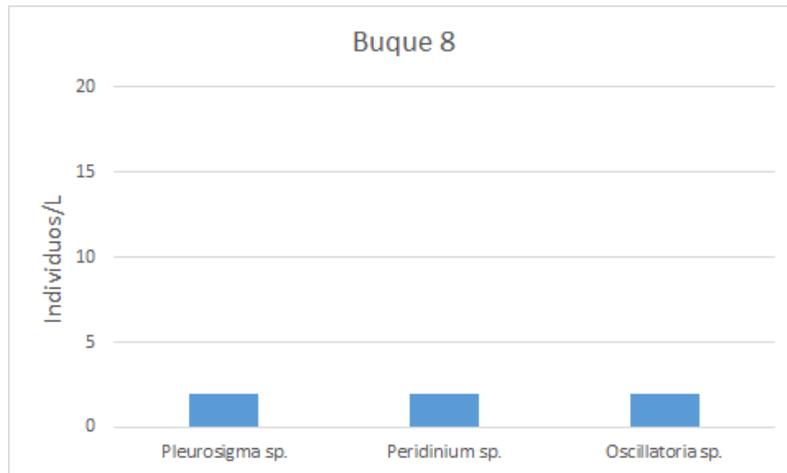
4.8 ABUNDANCIA DE ESPECIES POR TANQUES

La abundancia de las especies planctónicas encontradas en los tanques de lastre muestreados (individuos/L) se presentan en las figuras 12 y 13, las cuales corresponden respectivamente a los registros obtenidos en los tanques 1 y 2.









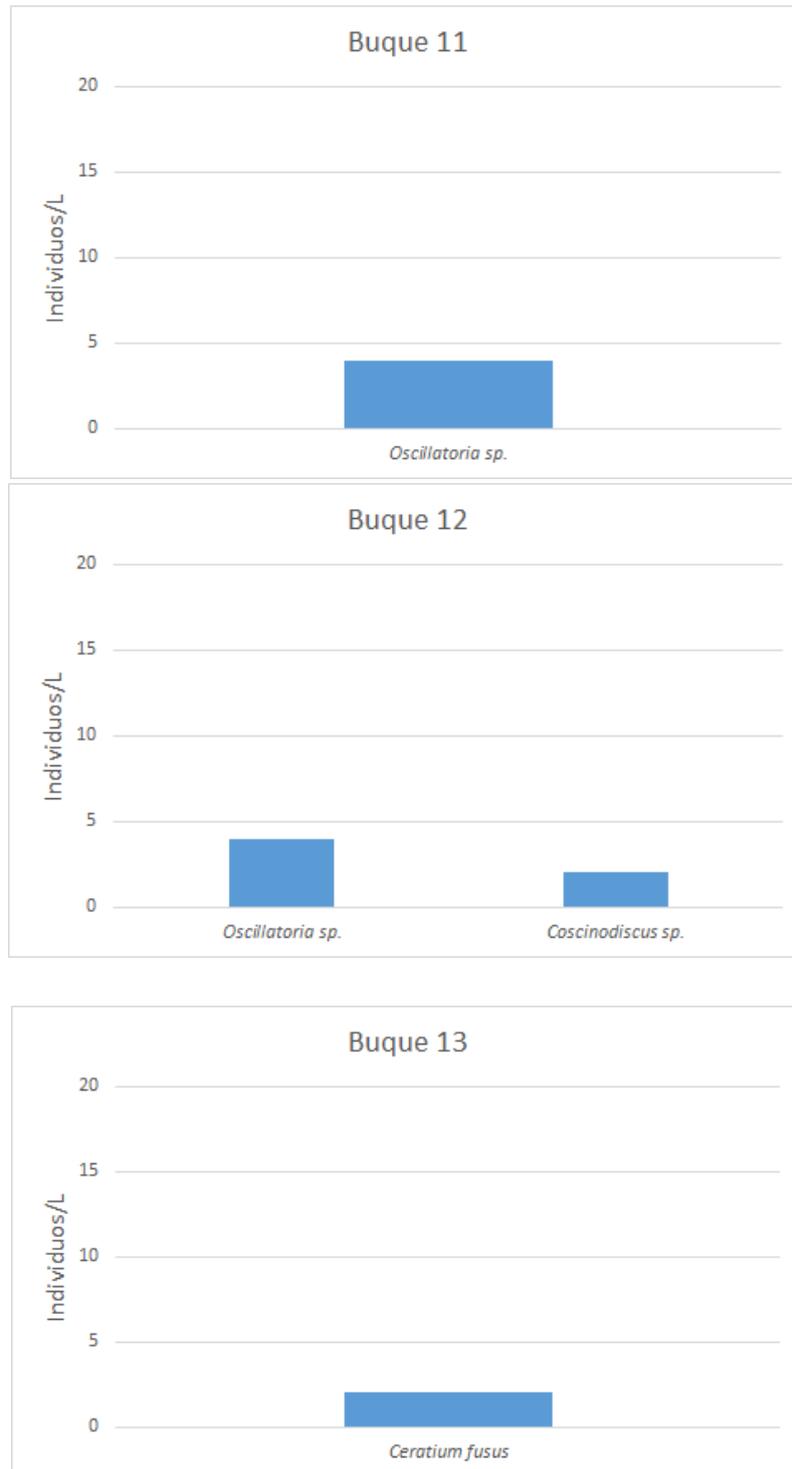
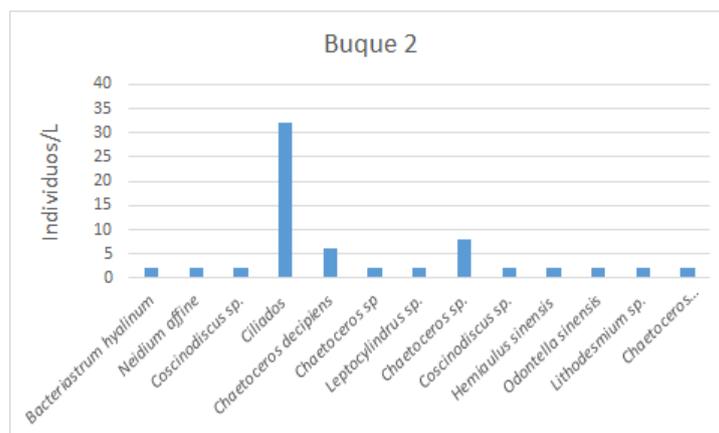
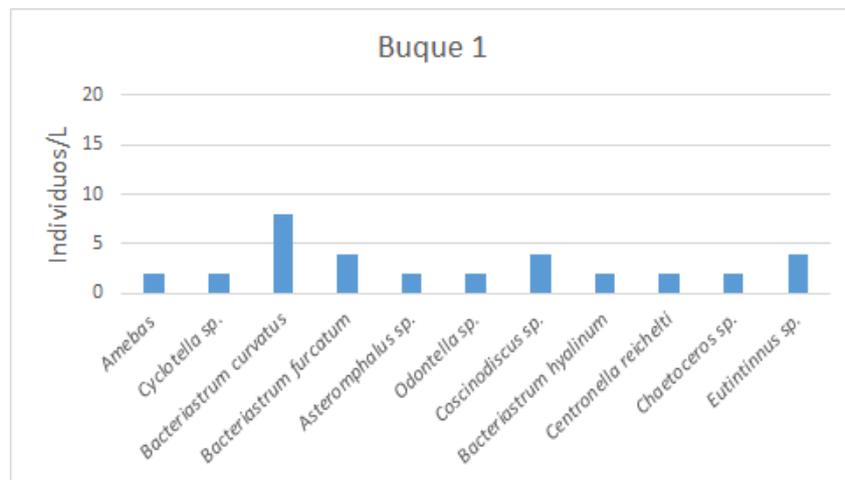


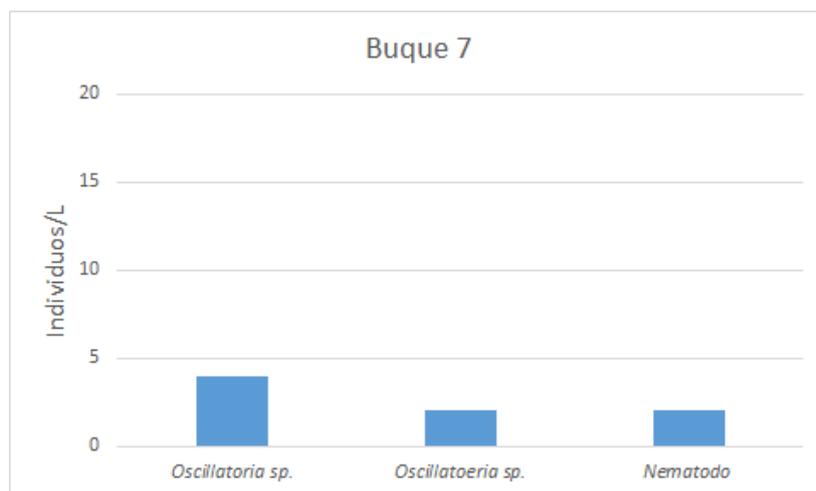
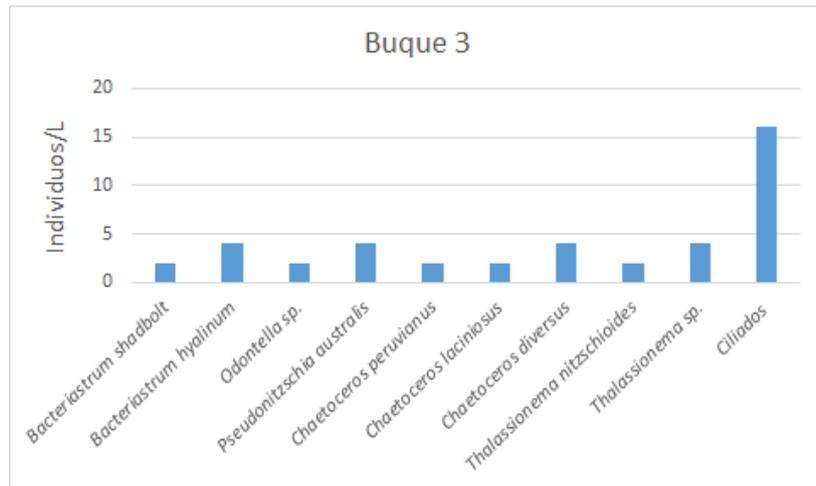
Figura 12. Abundancia de especies planctónicas en aguas de lastre de los tanques 1.

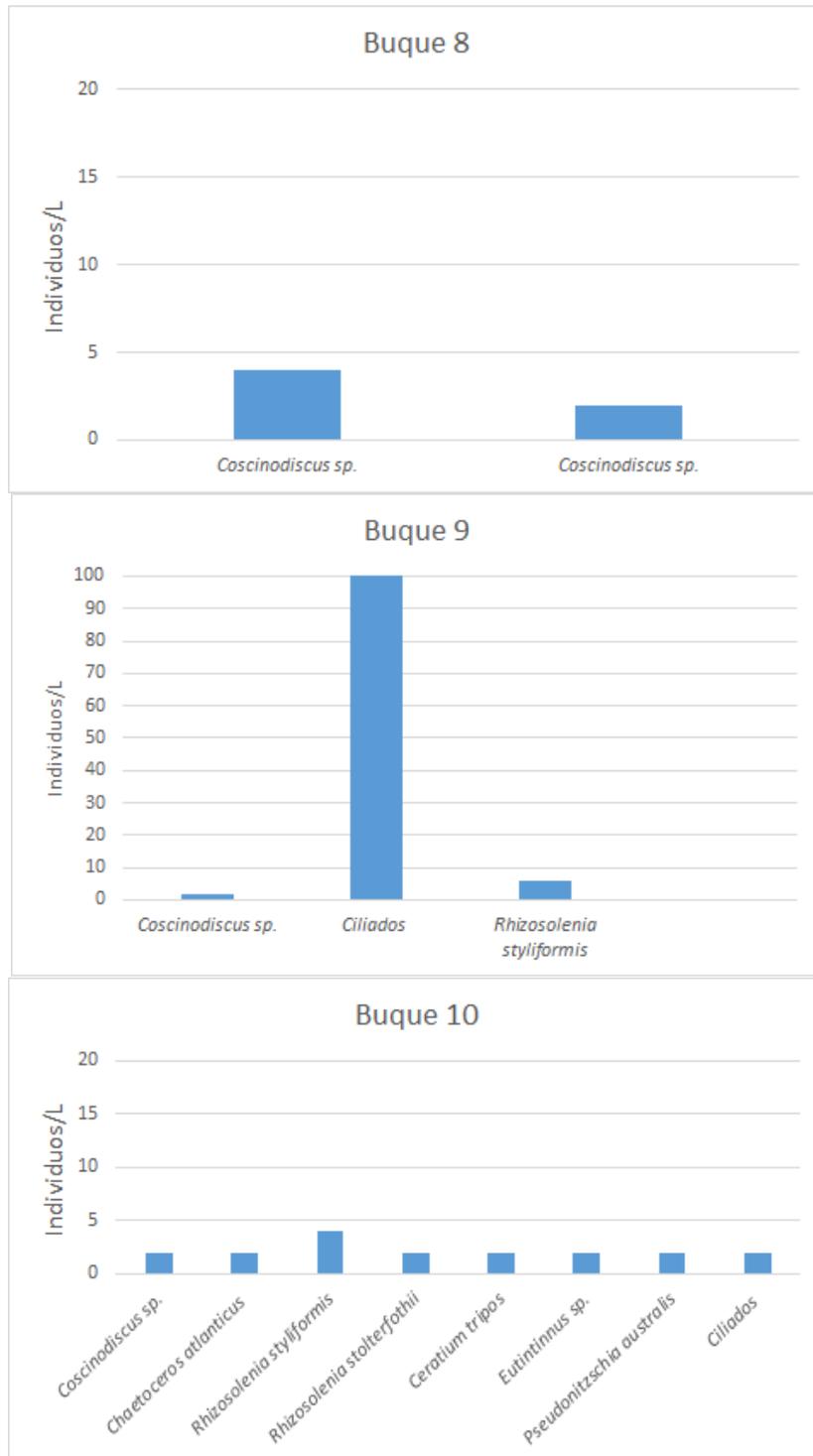
Se evidencia que los buques 1, 2 y 3 registraron las mayores cantidades de especies, sin embargo, la abundancia de las mismas fue baja, esta no superó los 10 individuos/L, comportamiento que se presentó en cada buque, con excepción de los ciliados, dichos organismos presentaron las mayores abundancias, registrando en los buques 4 y 9 valores de 100 individuos/L.

En la figura 13, se muestran las abundancias de especies halladas en los tanques 2 de todos los buques muestreados y se puede observar que los buques 1, 2, 3 y 10 presentaron la mayor cantidad de especies; sin embargo, tal como se describió anteriormente, a excepción de los ciliados ninguna especie registró una abundancia superior a los 10 individuos/L.

Se destaca que en los buques 4, 5 y 11 no se registró ningún organismo. En los buques 2 y 3 los ciliados alcanzaron los valores más altos de abundancia, los cuales oscilaron entre los 15 y 30 individuos/L.







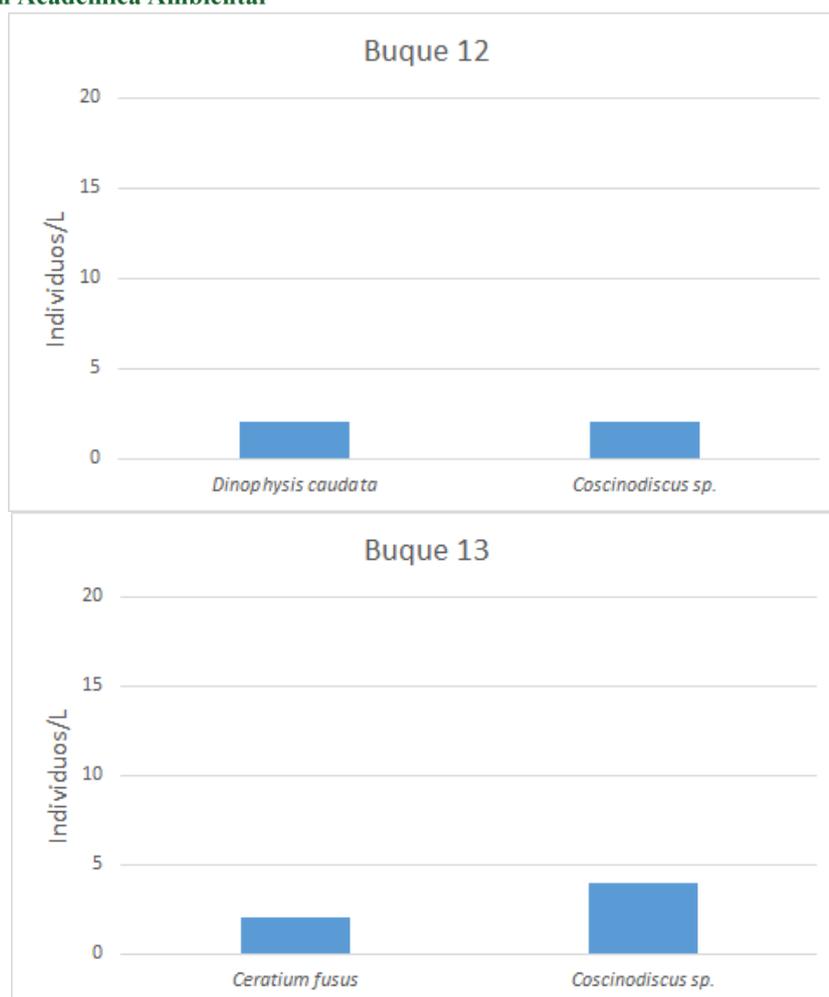


Figura 13. Abundancia de especies planctónicas en los tanques de lastre, correspondientes a los tanques 2.

4.9 RELACIÓN DE ESPECIES ENCONTRADAS CON LOS DIFERENTES BUQUES

Las especies encontradas en el agua de lastre de los diferentes buques muestreados se relacionan en la tabla 5; en total se observaron 53 especies planctónicas (que abarcan tanto el fito como el zooplancton). En dicha tabla se pueden apreciar también los grupos a los que pertenece cada organismo.

Las especies que presentaron una mayor distribución entre los buques fueron *Coscinodiscus sp* y *Oscillatoria sp*, estas se encontraron en 8 de los 13 buques visitados; asimismo, se observó que los buques 1, 2 y 3 y 10 presentaron los mayores números de especies con 23, 17, 18 y 11 respectivamente, mientras que los buques 4, 5, 6 y 13 presentaron entre una y dos especies.

Tabla 5. Especies observadas en el agua de lastre de los diferentes buques muestreados.

Especies	Buque													Grupos *
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Amebas	X													P
<i>Asterionella glacialis</i>						X								D
<i>Asteromphalus sp</i>	X													D
<i>Bacteriastrum curvatus</i>	X													D
<i>Bacteriastrum delicatum</i>			X											D
<i>Bacteriastrum furcatum</i>	X	X	X											D
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	X	X	X											D
<i>Bacteriastrum shadbolt</i>		X	X											D
<i>Centronella reichelti</i>	X													D
<i>Ceratium furca</i>			X											Df
<i>Ceratium fusus</i>							X						X	Df
<i>Ceratium tripos</i>										X				Df
<i>Chaetoceros atlanticus</i>										X				D
<i>Chaetoceros decipiens</i>		X	X											D
<i>Chaetoceros diversus</i>	X		X											D
<i>Chaetoceros lacinosus</i>			X											D
<i>Chaetoceros peruvianus</i>			X						X	X				D
<i>Chaetoceros pseudocurvicetus</i>	X	X												D
<i>Chaetoceros sp.</i>		X												D
Ciliados		X	X	X		X			X	X				P
<i>Coscinodiscus morphotype</i>		X												D
<i>Coscinodiscus sp.</i>	X		X				X	X	X	X		X	X	D
<i>Cyclotella sp.</i>	X													D
<i>Dinophysis caudata</i>												X		Df
<i>Epiplocyloides ralumensis</i>	X													P
<i>Eutintinnus sp.</i>	X									X				P
<i>Eutintinus apertus</i>	X													P
<i>Gyrosigma</i>	X													D
<i>Hemiaulus sinensis</i>		X												D
<i>Leptocylindrus sp.</i>	X	X	X											D
<i>Licmophora ehrenbergii</i>		X												D
<i>Lithodesmium sp.</i>		X												D
<i>Navicula sp.</i>	X													D
<i>Navicula tripunctata</i>	X													D
<i>Neidium affine</i>		X												D

organismos no deseados en los cuerpos de agua costeros, los cuales deben estar aunados a las medidas que deben tomar las embarcaciones, pues estas deben velar por evitar el transporte de los mismos.

Entre los organismos encontrados vivos se pudo observar una ameba de vida libre en el buque 1 (figura 14), de modo general se puede decir que estos son organismos microscópicos que pertenecen al subreino protozoa (Carbal *et al.*, 2016), tienen una amplia distribución a nivel global y pueden ser encontrados en diferentes fuentes de agua tales como lagunas, lagos, ríos y océanos; aunque también pueden encontrarse en la vegetación, el suelo y en animales como peces, mamíferos y reptiles, haciendo parte de su flora intestinal (Suárez *et al.*, 2002). Si bien pueden encontrarse en diferentes fuentes de agua, tienen preferencia por aquellas que están contaminadas, estancadas o con materia orgánica en descomposición (Carbal *et al.*, 2016).

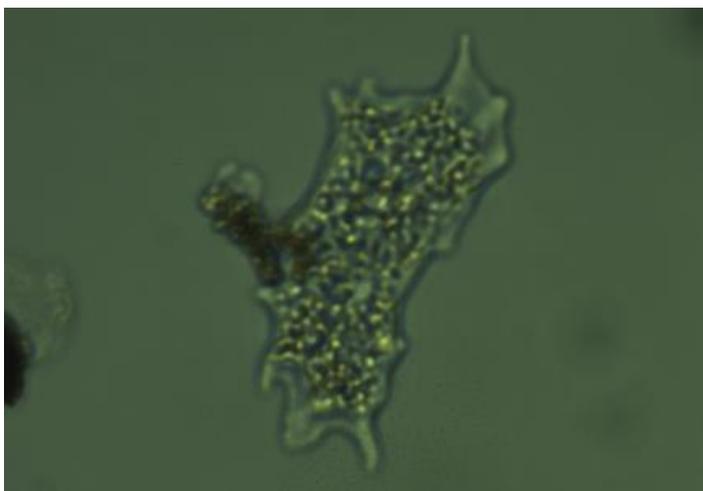


Figura 14. Ameba encontrada en el buque 1, tanque 2; filtrada con red de ojo de malla de 25 μm .

Puede ser normal encontrar ciertos organismos como amebas en tanques de agua de lastre por su amplia distribución en la naturaleza (cosmopolitas), sin embargo, encontrar organismos vivos evidencia que el grado de cumplimiento de las normas locales e internacionales sobre manejo de agua de lastre no es el adecuado.

Además, se encontraron 159 ciliados pertenecientes a la clase *Oligohymenophorea* (figura 15) en 6 de los 13 buques muestreados, en su mayoría vivos. Los ciliados son protozoos que se caracterizan por tener cilios en alguna etapa de su vida, se consideran el grupo más homogéneo de los protozoos (Lubel *et al.*, 2007). Estos conforman un grupo de alrededor de 8000 especies, son organismos unicelulares heterótrofos generalmente solitarios, sin embargo, se pueden presentar en formas de colonias; tienen reproducción

asexual denominada fisión binaria y también se pueden reproducir sexualmente por medio del proceso de conjugación (Mayén *et al.*, 2014). Los ciliados son organismos que pueden considerarse como cosmopolitas debido a que pueden ser encontrados en cualquier tipo de ambiente siempre y cuando presenten las condiciones requeridas para su desarrollo (Aladro *et al.*, 2007).

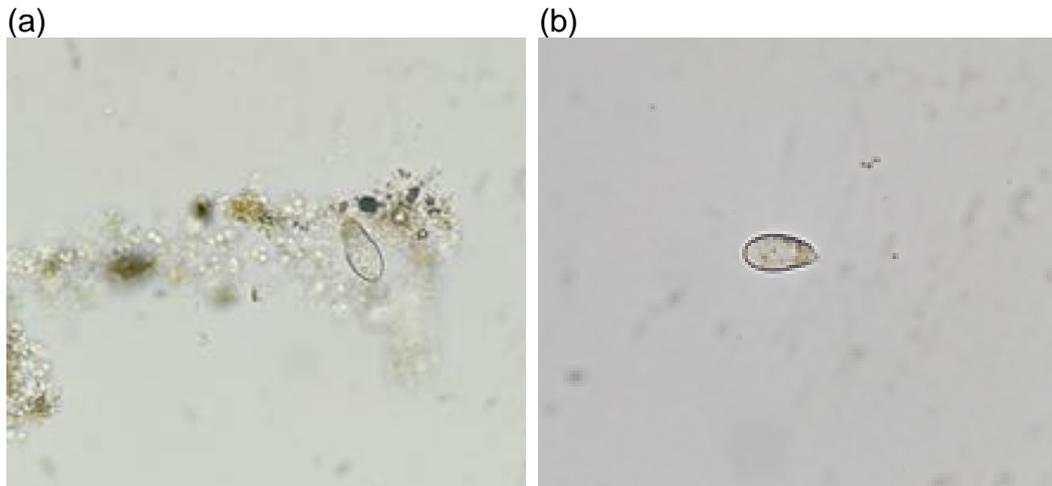


Figura 15. Ciliados encontrados en aguas de lastre de buques que arriban al golfo de Urabá.

Por otra parte, fue hallado un nemátodo en el total de las muestras de agua de lastre analizadas, este se encontró en el tanque 2 del buque número 7 (figura 16), estos son organismos que tienen pueden habitar en ambientes terrestres, marinos y dulceacuícolas; a nivel global son considerados como uno de los organismos más abundantes y diversos (Navarrete, s.f.).



Figura 16. Nematodo encontrado en el tanque 2 del buque número 7.

El phylum Nematoda contiene alrededor de 20000 especies, de ellas aproximadamente 4000 son nemátodos marinos de vida libre, dichos organismos

son capaces de adaptarse y resistir todo tipo de condiciones ambientales (Marruedo, 2009), razón por la cual su presencia en tanques de aguas de lastre no es inusual.

De acuerdo con Baptiste *et al.*, (2010), Moyle y Light en el año 1996 llegaron a la conclusión de que todas las especies son posibles invasoras y todos los ecosistemas pueden llegar a invadirse; además, los efectos de dichas invasiones pueden agravarse cuando la especie que se introduce es piscívora o hervívora y cuando el ecosistema afectado tiene baja biodiversidad. Por lo tanto, aunque inicialmente se pueda partir del hecho que todos los organismos encontrados en los tanques de aguas de lastre son invasores, el que la mayoría de los individuos encontrados pertenezcan al fitoplancton (86,80%), puede hacer que se consideren de menor riesgo debido a que dichos organismos no tienen una alimentación que ponga en peligro a la diversidad local. Por otro lado, el golfo de Urabá tiene ecosistemas muy diversos lo que, según lo descrito por el mismo autor, minimiza el riesgo de invasiones exitosas.

Rahel 2000, Fargione *et al.*, 2004, citados por Gutiérrez (2006) exponen que la introducción de especies puede eliminar especies nativas o disminuir la biodiversidad del ambiente colonizado, siendo el problema acentuado cuando las especies introducidas son cosmopolitas; de acuerdo con lo anterior, el nemátodo, los ciliados y la ameba pueden tener una mayor probabilidad de asentamiento en el Golfo ya que una de sus características generales es que son organismos cosmopolitas. Sin embargo, según lo menciona el autor, dichas especies no podrían representar un peligro inminente de invasión porque no cumplen con todo el perfil de una especie invasora, el cual se basa en la competencia interespecífica, el número de residentes en la comunidad y la valoración ambiental; en el caso de la ameba y el nematodo, la cantidad de individuos encontrados con vida fue de uno por cada especie, por lo cual no se puede generar una competencia por alimentación ni espacio. Además, con un número tan limitado, es casi imposible que se presente una proliferación de los mismos.

Barrios *et al.*, (2014) definen ciertos criterios que se deben tener en cuenta para determinar una especie como invasora, dichos criterios abarcan: el estatus, que hace referencia a reportes de invasión que se hayan tenido en otras áreas, si la especie en cuestión tiene relación con otros taxones invasores o si es vector de alguna especie invasora; también hacen mención al riesgo de invasión, donde se describen los riesgos de introducción, establecimiento, dispersión, impactos sanitarios a la salud humana o animal, impactos económicos, ambientales o ecológicos. A cada uno de estos factores se les asignan valores (Muy alto, Alto, Medio, Bajo, Nulo y Se desconoce), se tiene en cuenta que las respuestas otorgadas deben ser corroboradas de manera fácil y las especies que generan

un riesgo inminente de invasión son las que en su evaluación se le asignan los valores más altos.

De acuerdo a dicha valoración, se puede decir que las especies que se pudieron encontrar vivas en los buques no podrían representar un riesgo inminente de asentamiento exitoso en el área de estudio debido a que no se han tenido reportes de las mismas como invasoras. Respecto a la ameba, muchas especies pueden presentar riesgo a la salud humana, sin embargo, este trabajo no permite determinar si la especie encontrada representa algún tipo de patógeno. Asimismo, la abundancia encontrada en los tanques de lastre corresponde a 2 individuos/L, lo cual es un número reducido de organismos que disminuye la probabilidad de generar algún tipo de problema para la comunidad. Por lo anterior se puede decir que, aunque se puede presentar la introducción de dichos organismos, el riesgo de dispersión, propagación y daños económicos o ecológicos se disminuye por la baja abundancia de los organismos mencionados.

Con respecto a los ciliados, grupo que presentó mayor número, y teniendo en cuenta lo expuesto por Lubel *et al.*, (2007), estos protozoos son organismos que tienen una amplia distribución en todos los cuerpos de agua, tanto dulce como salada y se adaptan al medio siempre y cuando tengan las condiciones adecuadas de agua acumulada y alimento. Del mismo modo, Olmo (1998) expone que la capacidad que tienen tales organismos de formar colonias con un número elevado de individuos y su dispersión geográfica amplia, son características que indican que estos protozoos son de naturaleza cosmopolita y no presentan endemismos, es decir que no presentan áreas de distribución únicas y limitadas; por tal motivo se podría decir que los ciliados encontrados en aguas de lastre observadas pueden entrar al golfo y adaptarse ya que cuentan con condiciones ambientales favorables para su desarrollo.

Por otra parte, según lo mencionado por Marín *et al.*, (2017), dichos protozoos hacen parte importante de la cadena trófica, siendo el alimento de macroinvertebrados zooplanctónicos, lo que minimizaría las posibilidades de supervivencia y capacidad de reproducción en el medio; además, si se observa el número de individuos encontrados por buque, se minimizan las posibilidades de asentamiento debido a que el número de individuos es más reducido. Cabe resaltar que, aunque las condiciones del Golfo sugieren que puede ser posible el asentamiento de estos organismos, es poco probable que representen un peligro para la economía o las comunidades, ya que tienen gran importancia en las redes tróficas acuáticas y desempeñan un papel fundamental como productores primarios, recicladores de nutrientes y consumidores de bacterias y materia en descomposición (Mayén *et al.*, 2016)

De manera general, se encontró un porcentaje menor de dinoflagelados en las muestras de agua del Golfo (4,35) con respecto al encontrado en las muestras de aguas de lastre observadas (11,54), lo cual se debe a que los dinoflagelados son más abundantes en hábitats marinos que en los costeros, tal como lo mencionan Gárate *et al.*, (2007). Sin embargo, teniendo en cuenta que en el Golfo la entrada de aguas marinas con salinidades altas hace parte de su dinámica natural, es posible encontrar dichos organismos habitando el lugar.

Cabe aclarar que, pese a que se obtuvo un volumen de agua inferior a los 20 litros planteados, podría asumirse que la muestra obtenida no sería muy representativa de acuerdo a la totalidad de organismos que pueden encontrarse en cada tanque. En este sentido Suárez (2007) realizó un trabajo sobre biodiversidad en fitoplancton de aguas de lastre de buques de tráfico internacional, para ello empleó una botella Niskin de 6 litros para la toma de muestras de agua en cada uno de los buques, razón por la cual se puede decir que los volúmenes de agua de lastre utilizados en la realización del presente trabajo son significativos a al momento de presentar los resultados del estudio.

A su vez, Cañón *et al.*, (2007) mencionan que diferentes autores concluyen que ningún método utilizado hasta el momento para el monitoreo de especies invasoras en aguas de lastre es adecuado para estudiar los diferentes organismos. Mientras que, Hernández *et al.*, (2018) quienes tomaron aguas de lastre para determinar zooplancton, realizaron arrastres verticales sin flujómetro, por lo que no determinaron el volumen de agua medido; pero al analizar la muestra en la cámara Sedgwick-Rafter (la muestra fue revisada en su totalidad), metodología empleada en este trabajo para abarcar la mayor cantidad de organismos que pudieran ser evidenciados, debido a la usual baja densidad que en los tanques de lastre se registra.

La salinidad del agua constituye un buen indicador de su origen, ya que en el océano abierto es normalmente mayor que 30 psu, mientras que en las aguas costeras puede ser considerablemente menor, y en las aguas interiores o dulces de ríos y lagos no supera generalmente las 4 psu. En consecuencia, si la salinidad del agua de tanques de lastre es inferior a 30 partes por mil, es señal de que el agua no fue cambiada, o que el cambio no se realizó de manera adecuada de acuerdo con las recomendaciones de la OMI (Correa & Almada, 2013).

Teniendo en cuenta lo anterior, y a partir de los resultados obtenidos en torno a este parámetro en las embarcaciones muestreadas, se pudo evidenciar que el buque número 6 cuya procedencia fue del puerto de Philadelphia, presentó

salinidades muy bajas (entre 4 y 8 psu) respecto a las embarcaciones restantes; aguas con estas características son propias de ambientes salobres con alta influencia de ríos, de hecho, el puerto se encuentra situado sobre la margen occidental del río Delawere y a la vez, está influenciado por la acción mareal, por tanto es un estuario.

Las características del agua del puerto son la razón por la cual se reportaron bajos valores de salinidad, pues el agua de lastre contenida en tanques de esta embarcación pudo ser cargada en el puerto. Encontrar aguas de baja salinidad refleja que no se realizó un adecuado manejo del agua de lastre en los tanques durante el tiempo de travesía de la embarcación hasta su llegada al puerto de Turbo, pues los valores de salinidad registrados reflejan dicha situación.

En esta embarcación se encontraron 6 ciliados en el tanque 1 y una diatomea de la especie *Asterionella glacialis* en el tanque 2, lo que podría indicar que puede haberse dado un manejo adecuado a las aguas de lastre para evitar el transporte de organismos, empleando métodos complementarios (filtración o UV) a los recambios requeridos, que de haberse realizado habrían incrementado los registros de salinidad. Asimismo, los ciliados tienen alta distribución en ambientes de agua dulce y salada, pero *Asterionella glacialis* es una especie de aguas oceánicas, lo cual puede indicar que se hizo un recambio parcial del agua de los tanques, o que se lastró con agua salobre que presentaba una gran influencia del río.

Por otra parte, el promedio de salinidad de los tanques de lastre fue de 28,81, y según Cañón *et al.*, (2007) dicho valor puede ser indicador de condiciones salobres y un poco de mezcla. Teniendo en cuenta que se tome el agua de lastre cerca a la costa y se haga algún recambio en alta mar, los buques 3, 5, 8, 11, 12 y 13 presentaron salinidades mayores o iguales a 30 psu, destacando el buque 13 cuya salinidad tuvo valores por encima de 37 que, de acuerdo con lo reportado por estos autores, puede deberse a altas temperaturas en los tanques de lastre, lo que genera procesos de evaporación y, por ende, incrementos importantes en este parámetro.

En las muestras de agua tomadas en el Golfo se evidenciaron valores de 13,39 y 30,17 psu, cabe resaltar que, aunque dichas muestras fueron tomadas durante el mismo mes, se registró una pequeña transición de clima lluvioso a seco, lo que explica las diferencias significativas entre cada registro. Según lo encontrado por Montoya (2010), en bahía Colombia, las salinidades tienen una variación entre 15 y 36 psu; sin embargo, este autor también describe que a lo largo del Golfo se pueden encontrar valores mínimos de salinidad con registros de 7 psu.

Esta situación es importante debido a que en los tanques de agua de lastre se encontraron salinidades entre 4,72 y 37.3 psu, estos valores extremos corresponden a los buques 6 y 13 respectivamente y no entrarían en el rango de salinidades correspondientes a bahía Colombia, que es el sitio de arribo de los buques y potencial receptores de agua de lastre en casos extremos; por lo tanto, se podría decir que los organismos encontrados en los buques previamente mencionados no cuentan con una capacidad adaptativa en el Golfo por las diferencias de salinidad. Sin embargo, las demás embarcaciones tuvieron rangos de salinidad entre 28 y 34 psu, las cuales están entre los rangos reportados para bahía Colombia; lo que indica que los organismos observados en estas embarcaciones pueden tener capacidad de supervivencia en el Golfo si llegasen a ser introducidos. Hay que tener en cuenta que muchas especies son tolerantes a rangos de salinidad amplios, lo que se tiene que tener en cuenta para una valoración final de supervivencia de organismos en diferentes medios.

Se destaca que los dinoflagelados en las muestras de aguas de lastre se encontraron en un porcentaje mayor (11,54%) respecto al mismo grupo encontrado en el Golfo (4,35%) esto se debe a que este grupo se incrementa en número bajo condiciones que registran aguas con mayor salinidad, estando por tanto este comportamiento acorde con lo mencionado previamente en torno a que en la mayoría de los buques se hallaron salinidades por encima de los 28 psu.

En ambos grupos de tanques (T1 y T2) los ciliados representaron a los organismos con mayores abundancias registradas, ya que en la mayoría de los tanques donde se encontraron, se registraron abundancias superiores a los 10 individuos/L.

Parámetros fisicoquímicos como temperatura y oxígeno disuelto no fueron tomados *in situ* ya que las muestras fueron recolectadas previamente por funcionarios de cada buque y posteriormente entregadas en recipientes plásticos, por lo tanto, estos parámetros se alteraban y no correspondían a las condiciones ambientales propias de los tanques; por esta razón no se tuvieron en cuenta para la realización del presente estudio ya que se quería verificar en qué condiciones eran transportados los organismos en los tanques de lastre para conocer su tolerancia a condiciones adversas.

6. CONCLUSIONES

- El 32% de las especies encontradas en el agua de lastre de los buques visitados, hace parte de la biomasa de golfo de Urabá y, por lo tanto, estas no representan ninguna amenaza al ecosistema marino local.

- Los organismos que se encontraron con vida en las muestras de agua de lastre no representan amenaza de asentamiento en el ecosistema del golfo de Urabá ya que no cumplen con el perfil de una especie invasora.
- Los ciliados pueden adaptarse a las condiciones locales porque son organismos que se adaptan con facilidad siempre y cuando tengan las condiciones de abundante agua y alimento, sin embargo, son importantes productores primarios y ayudan a la recirculación de nutrientes; además no ponen en peligro la biodiversidad local. Por lo cual, en caso de ser introducidos al Golfo, no generan peligro para la comunidad.
- Los valores de salinidad obtenidos en los tanques de agua de lastre de la mayor parte de los buques (excepto el 6), indican un manejo adecuado a nivel de los recambios parciales o totales del agua de lastre en alta mar.

7. RECOMENDACIONES

Se debe procurar que en trabajos posteriores las muestras sean tomadas por el personal que esté adelantando la investigación, que se haga directamente de los tanques de lastre para tomar los parámetros fisicoquímicos necesarios que permitan realizar una comparación más certera con el agua de golfo y así tener unos resultados más significativos. El agua a filtrar debe ser en volúmenes más altos para tener muestras que aporten más información y que, por ende, resulten de mayor significancia, tal y como se sugiere en las metodologías que se han implementado en el país.

Es de gran importancia que las autoridades competentes apoyen la realización de este tipo de trabajos, de esa manera se podrá contar con monitoreos constantes de los organismos que ingresan al Golfo, y esto a su vez estará acorde con el control adecuado a las embarcaciones que arriban al puerto, disminuyendo el riesgo de que se presente contaminación biológica que genere alteración en el funcionamiento normal de los ecosistemas de la zona.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Ríos, E. (2012). Análisis del tratamiento de aguas de lastre: Estudio de dicho tratamiento en el crucero "Radiance of the seas", alternativas y valoración.

Aladro M. & Santos M. & Olvera J. & Robles M. (2007). Ciliados y otros protozoos. Laboratorio de Protozoología. Departamento de biología comparada, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Apín-Campos, Y. & Torres-Pérez, B. (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. [fecha de Consulta 18 de Abril de 2020]. ISSN: 1027-2887. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1813/181349391007>

Arbeláez Rivera, J. P., Builes Rivera, D. A., & Montoya, J. J. (2014). Puerto de Urabá, una apuesta de funcionamiento y mejoramiento logístico (Bachelor's thesis, Universidad de Medellín).

Árias-Lafargue, T. (2013). Alternativa de solución a la contaminación marina por agua de lastre. *Tecnología Química*, 34(2), 170-177.

Baptiste, M., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, D., Gil, D., & Lasso, C. (2010). Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia.

Baro-Narbona, S., & Stotz, W. (2018). Propuesta para el control del agua de lastre en buques que arriban a puertos de la Ecorregión Marina de Chile Central. *Revista de biología marina y oceanografía*, 53(3), 291-306.

Barrios, Y. Born-Schmidt, G. Martínez, A. Koleff, P. & Mendoza, R. (2014). Avances en el desarrollo de criterios para definir y priorizar las especies invasoras.

Basáñez, J. F. N., & Monsalve, J. M. P. (2010). Gestión integral del agua de los tanques de lastre. Una necesidad medio ambiental. *Consultado en: www.hidritec.com Diciembre*.

Cañón, M. (2009). Dossier para el control y la gestión del agua de lastre y sedimentos de los buques en Colombia. Cartagena: DIMAR.

Cañón, M, Tous, G. & Arregocés J. (2016). Aguas de Lastre. Cartagena: Área de Protección del Medio Marino - CIOH.

Carbal Reyes, L., Foen Alarcón, L., Morales-Aleans, M., & Orozco-Ugarriza, M. (2016). Amebas de Vida Libre aisladas en aguas superficiales del municipio de Turbaco, Bolívar-Colombia. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 68 (1), 59-69.

Carlton JT. 1999. The scale and ecological consequences of biological invasions in the world's oceans. En: Baro-Narbona, S., y Stotz, W. (2018) Propuesta para el control del agua de lastre en buques que arriban a puertos de la Ecorregión Marina de Chile Central. Rev. biol. mar. oceanogr, 53 (3), 291-306.

Chevillot, P., Molina, A., Giraldo, L., & Molina, C. (1993). Estudio geológico e hidrológico del Golfo de Urabá. CIOH. Boletín Científico, (14), 79-89.

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas- CIOH. (2014). Derrotero de las costas y áreas insulares de Colombia. Propiedad intelectual. https://www.cioh.org.co/derrotero/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=94. Consultado en marzo de 2018.

Conde Castro, A. (2019). Gestión del agua de lastre. Escuela técnica superior de náutica y máquinas. Universidade da Coruña. 147pp.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2017). Información sobre Transporte Marítimo. Propiedad intelectual. https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/rmt2017_es.pdf

Correa, N y Almada, P.S. (2013). Agua de lastre y especies exóticas. Ciencia Hoy. 22 (131), 161-166.

David, M. y Perkovič, M. (2004). Ballast water sampling as a critical component of biological invasions risk management. Marine Pollution Bulletin, 49: 313-318.

Dimar-CIOH. 2011. Catálogo de fitoplancton de la Bahía de Cartagena, Bahía Portete y Aguas de Lastre. Dirección General Marítima- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Ed Dimar, Serie de Publicaciones Especiales Cioh Vol 5. Cartagena de Indias, Colombia. 109 Pp.

Gárate-Lizárraga, I., Band-Schmidt, C. J., Verdugo-Díaz, G., Muñetón-Gómez, M. D. S., & Félix-Pico, E. F. (2007). Dinoflagelados (Dinophyceae) del sistema lagunar Magdalena-Almejas. Estudios ecológicos en Bahía Magdalena, 145-174.

García, A., Medellín-Mora, J., Gil Agudelo, D.L. & V. Puentes (eds.). (2011). Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 23. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 136 p.

García, C. & P. Sierra. (2007). Un golfo en el Caribe Colombiano: 13-21. En: García-Valencia, C. (Ed). Atlas del golfo de Urabá: Una mirada al Caribe de

Antioquia y Chocó. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR y Gobernación de Antioquia, Santa Marta. 180 p.

García Mendoza, R. E., & Pallares Bossa, J. A. (2015). Regulación para el control y prevención de la contaminación marina ocasionada por las aguas de lastre en el puerto marítimo del distrito de Cartagena. (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).

Gavilán M, Cañón & Tous G. (2005). Comunidad fitoplanctónica en la bahía de Cartagena y en aguas de lastre de buques de tráfico internacional. Boletín científico CIOH, Cartagena.

GloBallast. (2019). Building Partnerships to Assist Developing Countries to Reduce the Transfer of Harmful Aquatic Organisms in Ships' Ballast Water. Propiedad intelectual <http://archive.iwlearn.net/globalballast.imo.org/index.html>

González P. & Salamanca A. (2013). Contaminación biológica del mar por el agua de lastre de los buques y medios para evitarla. Madrid: Colegio oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Gutiérrez F. (2006). Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C. - Colombia. 158 p.

Hernández, N., Guerrero, R., Bracho, M., Morales, F., Navarrete, J., & Castro, A. (2018). Zooplankton de aguas de lastre de buques que arriban al sistema de Maracaibo, Venezuela. *Acta biológica venezuelica*. 38, 1.

Leal, J. Taborda, A. Sandoval, A. & Isaza, O. (2011). Evaluación económica preliminar para la gestión de aguas de lastre en Colombia. Grupo de Investigación en Sistemas Marinos y Costeros, GISMAC y, Ecosistemas Lóticos, Insulares, Costeros y Estuarinos, ELICE. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 88p.

Lubel, M. A. A., Santos, M. R., & Bautista, F. O. 2007. Diversidad de los protozoos ciliados. Laboratorio de Protozoología, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Marín, J., Rincón, N., Díaz, L., & Morales, E. (2017). Cultivo de protozoarios ciliados de vida libre a partir de muestras de agua del Lago de Maracaibo. *Impacto Científico*, 12(1), 157-170.

Marruedo, I. 2009. Nematodos marinos de vida libre en el estuario del Bidasoa. *Revista de didáctica ambiental*. Pag. 71-77.

Martínez, A., Cañón, M. & Jiménez J. (2015). Estrategia Nacional para Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques y Plan de Acción 2016-2020. Dirección General Marítima. Ed. Dimar. Bogotá, Colombia 55 pp.

Mayén-Estrada, R., Reyes-Santos, M., & Aguilar-Aguilar, R. (2014). Biodiversidad de Ciliophora en México. Revista mexicana de biodiversidad, 85, 34-43.

Mayen-Estrada, Rosaura & Santos, Margarita & Vicencio, Maricela & Aguilar-Aguilar, Rogelio. (2016). Protozoarios (Protozoa). La biodiversidad en la Ciudad de México.

Ministerio de Transporte. (2020). Puerto Antioquia y Puerto Pisisi, dos proyectos contemplados en el Plan de Desarrollo para el Urabá Antioqueño. Propiedad intelectual. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7471/puerto-antioquia-y-puerto-pisisi-dos-proyectos-contemplados-en-el-plan-nacional-de-desarrollo-para-el-uraba-antioqueno/>

Montoya Jaramillo, L. J. (2010). Dinámica oceanográfica del golfo de Urabá y su relación con los patrones de dispersión de contaminantes y sedimentos. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente.

Muelle Molinares, A. M. (2015). *El principio de precaución y su aplicabilidad en la temática de aguas de lastre en Colombia*. Derecho. Santa Marta.

Navarrete, A. (sin fecha). Catálogo de los nematodos acuáticos de vida libre, de la cuenca de la laguna de términos Campeche.

Olmo, J. (1998). Diversidad local y global de los protozoos ciliados de hábitats de agua dulce. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Biología, Departamento de Microbiología.

Organización Marítima Internacional. (2017). Directrices para el control y la gestión de aguas de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos. Propiedad intelectual, 18

Organización Marítima Internacional. (2018). Gestión del agua de lastre. Propiedad intelectual. <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Paginas/Default.aspx>, consultado en marzo de 2018.

Organización Marítima Internacional. (2019). Convenio para el control y la gestión dWm). Propiedad intelectual. [http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)

Plata, J., & Criales-Hernandez, M. I. (2011). Estrategia Nacional para Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques y Plan de Acción 2011–2014. *Dirección General Marítima (DIMAR) Colombia*.

Ramírez F. (2011). El régimen internacional de aguas de lastre: actores, instituciones e intereses. Barcelona: Investigación de política internacional del medio ambiente.

Ramírez Cabrales, F. (2015). El régimen internacional de la bioinvasión marina causada por agua de lastre: especial referencia a la República de Colombia.

RESOLUCIÓN 477 DE 2012 (6 de septiembre de 2012) D.O. 48.558, septiembre 19 de 2012.

Rendón, R., Vanegas Jurado, T., & Tigeros Benavides, P. C. (2003). Contaminación en la Bahía de Cartagena por agua de lastre de los buques. *Boletín Científico CIOH*, (21), 91-100.

Rodríguez D. (2011). Determinación de *Vibrio cholerae* en tanques de aguas de lastre de buques internacionales que arribaron al Terminal Multiboyas Ecopetrol y al Puerto de Tumaco. *Boletín Científico CIOH*, 104-109.

Rodríguez J. (2005). La estructura de tamaños del plancton: un tópico interdisciplinar y Margalefiano. *Ecosistemas*. 2005/1 (URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=76&Id_Categoria=2&tipo=portad).

Roldán, P. (2008). Modelamiento del patrón de circulación de la bahía Colombia, Golfo de Urabá. Implicaciones para el transporte de sedimentos (tesis de Maestría). Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Medellín.

Suárez, R., Espinoza, Y., Villanueva, C., Ramos, J., Huapaya, P., & Marquina, R. (2002). Aislamiento de amebas de vida libre del género *Acanthamoeba* a partir

de fuentes de agua en la ciudad de Ica. In Anales de la Facultad de Medicina (Vol. 63, No. 2, pp. 17-21). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Suárez, V. (2017). Biodiversidad del fitoplancton en aguas de lastre de buques de tráfico internacional y en los principales muelles cargueros de la bahía de Cartagena-Colombia. Santa Marta: Universidad Jorge Tadeo Lozano, programa de Biología Marina.

Suárez Villalba, V., Franco Herrera, A., & Cañón Páez, M. L. (2007). El microfitoplancton en los principales muelles de la Bahía de Cartagena, Caribe colombiano, vectores posibles de floraciones microalgales. *Boletín Científico CIOH*, (25), 135-149.

Trindade M. (2012). La aplicación de la gestión de agua de lastre Convención de 2004 - Información básica sobre el Asunto y Control de Procedimientos. Nueva York: División de asuntos oceánicos y el derecho del mar Oficina de Asuntos Jurídicos, las Naciones Unidas.

Uribe Palomino, H. J. (2017). Relación entre las condiciones ambientales y la comunidad fitoplanctónica (diatomeas y dinoflagelados) de la Cuenca del Pacífico Colombiano: cruceros oceanográficos Pacífico ERFEN 1996-2001 (Bachelor's thesis, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano).

Velasco E. (2011). Resultado del estudio de aguas de lastre en la bahía de Tumaco (Colombia)- El terminal multiboyas Ecopetrol. *Boletín Científico CIOH*, 146-157.

Vides, M., D. Alonso, E. Castro & Bolaños, N. (Ed.). (2016). Biodiversidad del mar de los siete colores. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 84, Santa Marta – Colombia. 228 p + tablas + inserto.

9. ANEXOS

Anexo A. ESPECIES Y NÚMERO DE ORGANISMOS ENCONTRADOS EN AGUAS DE LASTRE DE BUQUES

Buque	Tanque	Tamaño de malla (µm)	Especie	Cantidad
1	T1	25	<i>Chaetoceros diversus</i>	2
			<i>Planktoniella blanda</i>	1
			<i>Eutintinus apertus</i>	1
			<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	2
			<i>Tabellaria flocculosa var asterionelloides</i>	1
			<i>Epilocyloides ralumensis</i>	1

			<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1
			<i>Prorocentrum sp.</i>	1
			<i>Odontella sp.</i>	3
			<i>Leptocylindrus sp.</i>	2
			<i>Bacteriastrum curvatus</i>	2
			<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
			<i>Navicula sp.</i>	2
			<i>Navicula tripunctata</i>	1
			<i>Chaetoceros sp.</i>	1
			<i>Bacteriastrum furcatum</i>	2
			<i>Gyrosigma</i>	1
	T1	40	<i>Chaetoceros pseudocurvicetus</i>	1
			<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	1
			<i>Chaetoceros sp.</i>	1
			<i>rhabdonema adriaticum</i>	1
			<i>Chaetoceros diversus</i>	1
			<i>Navicula tripunctata</i>	2
			<i>Coscinodiscus sp.</i>	2
	T2	25	<i>Amebas</i>	1
			<i>Cyclotella sp.</i>	1
	T2	40	<i>Bacteriastrum curvatus</i>	4
			<i>Bacteriastrum furcatum</i>	2
			<i>Asteromphalus sp.</i>	1
			<i>Odontella sp.</i>	1
			<i>Coscinodiscus sp.</i>	2
			<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	1
			<i>Centronella reichelti</i>	1
			<i>Chaetoceros sp.</i>	1
			<i>Eutintinnus sp.</i>	2

2	T1	25	<i>Chaetoceros pseudocurvicetus</i>	1
			<i>Rhizosolenia sp.</i>	1
			<i>Coscinodiscus morphotype</i>	2
			<i>Skeletonema tropicum</i>	1
	T1	40	<i>Chaetoceros pseudocurvicetus</i>	2
			<i>Licmophora ehrenbergii</i>	1
			<i>Ciliados</i>	18
			<i>Chaetoceros sp.</i>	1
			<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1
			<i>Neidium affine</i>	1
			<i>Bacteriastrum furcatum</i>	1
			<i>Bacteriastrum shadbolt</i>	1
			<i>Leptocylindrus</i>	1
T2	25	<i>bacteriastrum hyalinum</i>	1	

			<i>Neidium affine</i>	1
			<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
			<i>Ciliados</i>	16
			<i>Chaetoceros decipiens</i>	3
			<i>Chaetoceros sp</i>	1
	T2	40	<i>Leptocylindrus sp.</i>	1
			<i>Chaetoceros sp.</i>	4
			<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
			<i>Hemiaulus sinensis</i>	1
			<i>Odontella sinensis</i>	1
			<i>Lithodesmium sp.</i>	1
			<i>Chaetoceros pseudocurvicetus</i>	1

3	T1	25	<i>Bacteriastrum delicatum</i>	2
			<i>Chaetoceros decipiens</i>	3
			<i>Ceratium furca</i>	1
			<i>Coscinodiscus sp.</i>	2
	T1	40	<i>Chaetoceros decipiens</i>	1
			<i>Chaetoceros sp.</i>	1
			<i>Thalassionema nitzschioides</i>	3
			<i>Salpingella acuminata</i>	1
			<i>Ciliados</i>	5
			<i>Bacteriastrum furcatum</i>	1
			<i>Chaetoceros peruvianus</i>	1
			<i>Oscillatoria sp.</i>	1
			<i>Bacteriastrum delicatum</i>	1
			<i>Leptocylindrus sp.</i>	1
	T2	25	<i>Chaetoceros lacinosus</i>	1
			<i>Bacteriastrum shadbolt</i>	1
			<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	2
			<i>Odontella sp.</i>	1
			<i>Pseudonitzschia australis</i>	2
			<i>Chaetoceros peruvianus</i>	1
<i>Chaetoceros lacinosus</i>			1	
<i>Chaetoceros diversus</i>			2	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1			
			<i>Thalassionema sp.</i>	2
			<i>Ciliados</i>	8

Corporación Académica Ambiental

4	T1	25	-	0
		40	<i>Oscillatoria sp.</i>	1
			<i>Ciliados</i>	50
	T2	25	-	0
		40	-	0

5	T1	40	<i>Oscillatoria sp.</i>	2
			-	0
	T2	25	-	0
		40	-	0

6	T1	25	<i>ciliados</i>	6
	T1	40	-	0
	T2	25	-	0
	T2	40	<i>Asterionella glacialis</i>	1

7	T1	25	<i>Oscillatoria sp.</i>	3
	T1	40	<i>Coscinodiscus sp.</i>	2
			<i>Ceratium fusus</i>	2
		25	<i>oscillatoria sp.</i>	2
	T2	40	<i>Oscillatoeria sp.</i>	1
			<i>Nematodo</i>	1

8	T1	25	<i>Pleurosigma sp.</i>	1
	T1	40	<i>Peridinium sp.</i>	1
			<i>Oscillatoria sp.</i>	1
	T2	25	<i>Coscinodiscus sp.</i>	2
	T2	40	<i>Coscinodiscus sp.</i>	1

9	T1	25	<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
			<i>Ciliados</i>	3
			<i>Rhizosolenia styliformis</i>	1
	T1	40	<i>Rhizosolenia sp.</i>	2
			<i>Ciliados</i>	48
			<i>Rhizosolenia styliformis</i>	2
	T2	25	<i>Ciliados</i>	1
	T2	40	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	1
			<i>Chaetoceros peruvianus</i>	1
<i>Ciliados</i>			3	

10	T3	25	<i>Pseudonitzschia australis</i>	1
----	----	----	----------------------------------	---

	T3	40	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	2
			<i>Rhizosolenia sp.</i>	1
			<i>Oscillatoria sp.</i>	1
	T4	25	<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
			<i>Chaetoceros atlanticus</i>	1
			<i>Rhizosolenia styliformis</i>	1
			<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	1
			<i>Ceratium tripos</i>	1
	T4	40	<i>Eutimninus sp.</i>	1
			<i>Pseudonitzschia australis</i>	1
<i>Rhizosolenia styliformis</i>			1	
<i>Ciliados</i>			1	

11	T1	25	-	0
	T1	40	<i>Oscillatoria sp.</i>	2
	T2	25	-	0
	T2	40	-	0

12	T1	25	<i>Oscillatoria sp.</i>	2
			<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
	T1	40	-	0
	T2	25	<i>Dinophysis caudata</i>	1
			<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
T2	40	-	0	

13	T1	25	<i>Ceratium fusus</i>	1
	T1	40	-	0
	T2	25	<i>Ceratium fusus</i>	1
			<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
	T2	40	<i>Coscinodiscus</i>	1

Anexo B. ESPECIES Y NÚMERO DE ORGANISMOS ENCONTRADOS EN AGUAS DEL GOLFO DE URABÁ

Agua Golfo de Urabá	Tamaño de malla (µm)	Especie	Cantidad
	25	<i>Bacteriastrum curvatus</i>	2
		<i>Ceratium fusus</i>	2
		<i>Chaetoceros decipiens</i>	1

Muestra 1		<i>Chaetoceros diversus</i>	2
		Copépodos	13
		<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
		<i>Oscillatoria sp.</i>	3
		<i>Thalassionema sp.</i>	1
	40	copépodos	1
		<i>Hemiaulus sinensis</i>	1
		<i>Thalassionema sp.</i>	1
Muestra 2	25	<i>Anabaena sp</i>	1
		<i>Ceratium fusus</i>	1
		<i>Chaetoceros affinis</i>	1
		<i>Chaetoceros distans</i>	1
		<i>Chaetoceros diversus</i>	2
		<i>Chaetoceros minimus</i>	4
		<i>Chaetoceros sp</i>	7
		<i>Coscinodiscus sp.</i>	1
		<i>Cyclotella sp.</i>	11
<i>Leptocylindrus</i>	3		

		<i>Navicula sp.</i>	4
		<i>Odontella sp.</i>	1
		<i>Pseudonitzschia australis</i>	124
		<i>Rhizosolenia styliformis</i>	1
	40	<i>Anabaena</i>	1
		<i>Ceratium fusus</i>	2
		<i>Chaetoceros afinis</i>	1
		<i>Chaetoceros decipiens</i>	7
		<i>Chaetoceros distans</i>	2
		<i>Chaetoceros diversus</i>	9
		<i>Chaetoceros minumus</i>	19
		<i>Chaetoceros peruvianus</i>	5
		<i>Chaetoceros sp</i>	3
		<i>Leptocylindrus sp.</i>	15
<i>Mastogloia sp</i>	1		
<i>Navicula sp.</i>	3		
<i>Nematodo</i>	1		