



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

cpc@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión
Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Apín-Campos, Yanet Caridad; Torres-Pérez, Benigno
INTRODUCCIÓN DE ESPECIES INVASORAS A PARTIR DEL AGUA DE LASTRE
PROVENIENTE DEL TRANSPORTE MARÍTIMO COMERCIAL: ESTADO DEL ARTE

Ciencia en su PC, núm. 2, abril-junio, 2016, pp. 56-70
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181349391007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

INTRODUCCIÓN DE ESPECIES INVASORAS A PARTIR DEL AGUA DE LASTRE PROVENIENTE DEL TRANSPORTE MARÍTIMO COMERCIAL: ESTADO DEL ARTE

INTRODUCTION OF INVASIVE SPECIES FROM THE WATER OF BALLAST ORIGINATED FROM THE COMMERCIAL MARITIME TRANSPORT: STATE OF THE ART

Autores:

Yanet Caridad Apín-Campos, yanetapin@gmail.com. Universidad de Oriente, Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras. Santiago de Cuba, Cuba.

Benigno Torres-Pérez, benigno.torres@uo.edu.cu. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

En este trabajo se ofrece una compilación de los materiales existentes sobre el status de la introducción de especies invasoras a partir del agua de lastre procedente del transporte marítimo comercial. Los principales impactos asociados al agua de lastre son: pérdida de la biodiversidad endémica, alteración de la dinámica de los ecosistemas, disminución de lugares de recreación, daños a la salud humana, reducción de las pesquerías, afectaciones en la infraestructura marítima y abandono de los medios de vida y valores tradicionales de los pescadores locales. Se exponen las principales especies invasoras y una breve panorámica del marco legal nacional e internacional que regula el transporte marítimo comercial. Además, resulta de vital importancia la inclusión del análisis del fitoplancton en el procesamiento de las aguas de lastre, así como la inserción de estos monitoreos en los programas de Manejo Integrado de Zonas Costeras.

Palabras clave: especies invasoras, agua de lastre, transporte marítimo comercial, monitoreos.

ABSTRACT

This study provides a compilation of existing materials on the status of the introduction of invasive species from the water of ballast proceeding from the commercial maritime transport. The main impacts associated with ballast water are: the loss of endemic biodiversity, the altering the dynamics of ecosystems, the reduction of places of recreation and damage to human health, the reduction of fisheries, affectations in the maritime infrastructure and abandonment of livelihoods and traditional local fishermen values. There are exhibited the main invading species and a brief panorama of the national and international legal frame that regulates the commercial maritime transport. In addition to vital is the inclusion of the analysis of the phytoplankton in ballast water processing; as well as the insertion of these monitoring programs of Integrated Management of Coastal Zones.

Key words: invasive species, ballast water, commercial maritime transport.

INTRODUCCIÓN

El transporte marítimo constituye una de las vías más antiguas y efectivas para el traslado de personas y mercancías de cualquier naturaleza, al menor costo posible. El comercio internacional depende en gran medida de la operatividad de la flota mercante mundial. En una estrecha relación con esto, el funcionamiento de los puertos marítimos constituye una piedra angular en el desarrollo de toda nación. Sin embargo, la transportación marítima no solo brinda considerables beneficios económicos y sociales; sino que también lleva aparejada un conjunto de efectos colaterales indeseables, fundamentalmente en detrimento del medio marino, que deben ser eliminados o minimizados, para garantizar un desarrollo sostenible de la actividad marítimo-portuaria (Nodarse, 2006).

Una de las preocupaciones más recientes acerca del posible impacto negativo de la transportación marítima sobre el medio marino lo constituye la transmisión accidental o no intencional de especies invasoras¹ en aguas de lastre de los buques de travesía internacional. Esta se considera una vía de contaminación transfronteriza que puede llegar a afectar gravemente la biodiversidad de los ecosistemas costeros y la salud humana (Arias, 2014b).

El agua de lastre que el buque toma a bordo en un puerto y luego descarga en otro puerto para contrarrestar la disminución o aumento de su peso, como consecuencia de la toma o descarga de mercancías, lleva consigo materia suspendida, en la cual se incluyen las más variadas formas de vida, que van desde especies marina hasta agentes patógenos humanos. La migración de estas especies a otros ecosistemas puede traer consigo severos daños ambientales (Carlton, 1996).

A nivel internacional, este tema ha sido tratado durante las últimas décadas con mayor énfasis. Varios países han realizado estudios, tanto de las especies introducidas en sus ecosistemas costeros, como de los impactos adversos sobre el medio marino y la salud humana. Incluso, se ha llegado a demostrar la propagación de algunas especies en las cuencas hidrográficas (Álvarez, 2009). La acumulación de evidencias científicas ha llevado a varios gobiernos a

¹ Constituyen especies capaces de sobrevivir a la travesía en el tanque de lastre y adaptarse, luego de su descarga, al ecosistema hospedero (Carlton).

establecer regulaciones legales para enfrentar el problema. La Organización Marítima Internacional (OMI), como órgano de las Naciones Unidas especializado en la transportación marítima, ha trabajado en este sentido durante más de tres décadas a través de la elaboración de diferentes directrices.

En medio de esta problemática, el Caribe constituye un área de convergencia de un gran número de rutas marítimas; por tanto, es vulnerable ante la posibilidad de introducción de especies invasoras. Dentro de ellas, Cuba no escapa a estas amenazas; más aún cuando el transporte marítimo constituye su vía fundamental de comercio exterior por su condición de archipiélago y su posición geográfica.

El objetivo propuesto fue caracterizar el estado del arte de los organismos presentes en el agua de lastre provenientes de las embarcaciones comerciales, sus principales impactos, antecedentes y métodos de estudio.

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la contaminación asociada al agua de lastre proveniente del transporte marítimo comercial. La misma se centró fundamentalmente en artículos, informes de proyectos y tesis pertenecientes a la Maestría de Manejo Integrado de Zonas Costeras, con sede en las provincias de La Habana, Cienfuegos y Santiago de Cuba. Además, se visitaron instalaciones relacionadas con la actividad marítima, como es el caso de la Capitanía de Puerto y Administración Portuaria de Santiago de Cuba.

RESULTADOS

Principales impactos asociados al agua de lastre proveniente del transporte marítimo comercial

Son muchas las afectaciones económicas, sociales y medioambientales que provoca el trasiego de agua de lastre de una zona geográfica a otra. Se estima que más de 100 millones de toneladas son transportadas anualmente, por lo que es evidente que constituye un gran problema debido a que mediante ella se produce la introducción de grandes biomasas de nuevos organismos a puertos; incluyendo virus, bacterias, fitoplancton, huevos y larvas (Arias, 2014b).

Los primeros estudios sistemáticos acerca de la introducción de especies invasoras a través del agua de lastre fueron desarrollados a partir de los años 1970 (González y Salamanca, 2012). Desde entonces, el tema ha continuado siendo tratado por numerosos autores. Actualmente se reconoce la existencia de evidencias científicas acerca de las afectaciones a la calidad de vida de las comunidades costeras por la transmisión de agentes patógenos, así como las afectaciones a la biodiversidad por la introducción de especies provenientes de ecosistemas foráneos (Tamelander, Ridderi y Matheickal, 2010).

Los ecosistemas son complejos de especies interdependientes dentro del entorno físico que ocupan, lo que condiciona que este equilibrio se vea seriamente afectado con la introducción de nuevas especies. Los principales impactos negativos que ocasionan estas especies se producen, en la mayoría de los casos, sobre la dinámica de las poblaciones marinas nativas y sobre la estructura de la comunidad donde se implantan. Entre los principales impactos se encuentran el ambiental, en la salud y bienestar humano, el económico y el cultural (Tamelander et al.).

Impacto ambiental: incluye la pérdida de la biodiversidad endémica debido a la predación y competencia con especies endémicas, disminución de la disponibilidad de hábitat para las especies endémicas, asfixia y sobrecrecimiento, parásitos y enfermedades. Por otra parte, el agua de lastre produce cambios en el funcionamiento de los ecosistemas. Estos incluyen cambios en el ciclo de nutrientes y disminución en la calidad del agua (Carlton).

Impacto en la salud y bienestar humano: ocasionan la disminución de lugares de recreación, como también enfermedades y parásitos. La dispersión de fitoplancton tóxico y el incremento de las Floraciones Algales Nocivas (FAN) son de interés significativo para la salud. Estudios realizados acerca de la diseminación del cólera (*Vibrio cholera*), evidenciaron que el mismo es capaz de mutar y viajar ampliamente en el agua de lastre. Esta especie produce una enterotoxina que origina diarreas, vómitos y fuerte deshidratación; provocando incluso la muerte. La bacteria puede sobrevivir en el agua durante largos períodos tiempo (Nodarse).

Impactos económicos: pueden causar diferentes formas de interferencias con los recursos biológicos que mantienen la pesquería y maricultura y con las

artes de pesca, alteraciones al turismo, daños en la infraestructura y elevación en los costos de tratamiento (Nodarse).

Impacto cultural: prácticamente todos los casos de impacto por especies invasoras a nivel local también han alcanzado un impacto cultural, por lo que han forzado el abandono de los medios de vida y de valores tradicionales (Tamelander et al.).

Introducción de especies invasoras asociadas al agua de lastre

Se estima que anualmente se transfieren con un transporte involuntario unas siete mil especies biológicas. Estas especies, por lo general, son agrupadas en bacterias, virus, protozoos, fitoplancton y algunas especies macroscópicas.

Los antecedentes de las primeras invasiones recuerdan la *Odontella sinensis*, un alga asiática del plancton que se reproduce con extrema facilidad y que invadió el mar del Norte en 1903. Posteriormente se detectaron otros casos similares en todo el mundo, como el de la llamada alga asesina (*Caulerpa taxifolia*), la cual puede desplazar a un 75 % de poblaciones de la mayoría de las algas indígenas, que entran en regresión y suelen desaparecer de la zona. El alga *Undaria pinatifida*, originaria de Japón y conocida como *Wakame*, es muy prolífica y tiene un ritmo de crecimiento desmesurado, llegando a alcanzar tamaños entre uno y tres metros. Desde su introducción accidental en las costas francesas en 1971 se han producido varias invasiones, como en Argentina en 1992, donde llegó a través de las aguas de lastre de los buques procedentes de Corea (González y Salamanca).

Entre los agentes patógenos más significativos que se han reportado en aguas de lastre se encuentran: *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringis*, *Seudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris* y diversas especies de *Salmonelas* y *Enterovirus* (Nodarse). Entre los polizones problemáticos que pueden introducirse con las aguas de lastre figuran los dinoflagelados, protistas fundamentalmente planctónicos que pueden vivir tanto en aguas dulces como saladas. Son los responsables de las mareas rojas o FAN y producen potentes toxinas que se acumulan en peces y moluscos; se transmiten a la cadena trófica y llegan a afectar la salud humana (Leal, Delgado y Nodas, 2003). Por otro lado, la abundancia de dinoflagelados puede provocar la disminución del oxígeno en el agua. Los géneros más peligrosos son *Gymnodinium* y *Alexandrium*, que han afectado las costas de Noruega y el Reino Unido

(González y Salamanca) Por otra parte, la microalga *Aureococcus anophagefferens*, introducida a Sudáfrica y que causa FAN, impactó las tasas de crecimiento de los moluscos y ostras cultivados durante los períodos de reproducción (Elías, 2014).

El mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*), pequeño bivalvo de agua dulce, capaz de resistir también aguas salobres y originario del mar Caspio, colonizó los muelles de Londres a principio del siglo XIX. Actualmente está en proceso de expansión, se ha reportado en diversos ríos norteamericanos, como por ejemplo en el Misisipi; también en El Caribe y Asia (Elías).

La medusa en peine (*Mnemiopsis leidyi*), originaria de las costas occidentales del continente americano e introducida en el Mar Negro, redujo considerablemente el plancton, llevando al colapso a la pesca (Poorter y MacKay, 2003). Otro intruso reciente es la estrella de mar (*Asteiras amurensis*), originaria del Pacífico norte. Tiene un diámetro de 50 cm y se reproduce con extrema rapidez, adaptándose a las variaciones de temperaturas (Poorter y MacKay). Dentro de los peces destaca la introducción accidental del gobio redondo (*Neogobius melanostomus*) en el Báltico y en los humedales del Este de Europa, proveniente de las cuencas del Caspio y el Mar Negro. Esta especie es capaz de alimentarse en aguas turbias y tiene gran capacidad de reproducción, lo cual supone un grave problema económico y medioambiental (Sapota, 2012). Asimismo, el pez león (*Pterois volitans*), oriundo de los océanos Índico y Pacífico, constituye una de las mayores amenazas a los arrecifes y sus hábitats adyacentes. Es notorio señalar que la invasión ha ocurrido velozmente, pues ya se ha establecido a lo largo de la costa suroriental de Estados Unidos, el Mar Caribe y gran parte del Golfo de México (Morris, 2013).

Marco legal que rige el control del agua de lastre proveniente del transporte marítimo comercial: panorámica mundial y un acercamiento al caso de Cuba

A partir de 1973, la OMI comenzó a unificar esfuerzos dentro de la comunidad científica mundial para enfrentar las invasiones biológicas a través de las aguas de lastre. Es por ello que ese mismo año se pone en vigor la Resolución 18 de 1973 *Estudios del efecto de la descarga del agua de lastre* (OMI, 2004). Posteriormente, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio

Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro 1992, se instó a los estados a evaluar la necesidad de tomar medidas para evitar la degradación del medio marino debido a la navegación e impedir la propagación de organismos foráneos (Cuba, Consejo de Estado, 1999).

En 1995, durante el Convenio sobre Diversidad Biológica, se adoptó el Mandato de Jakarta sobre la diversidad biológica costera y marina, que incluye las especies invasoras como un tema prioritario. En la Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) se definen los derechos y responsabilidades de las naciones para el uso de los océanos del mundo, el establecimiento de directrices para las empresas, el medioambiente y la gestión de los recursos marinos naturales (OMI, 2004).

El número de políticas nacionales para las especies invasoras se ha ido incrementando a través del tiempo. Muchos países, así como autoridades locales de los puertos, ya cuentan con requisitos específicos en materia de Gestión de agua de lastre para la protección y el mantenimiento de los ecosistemas endémicos, y como parte de sus compromisos con los convenios mundiales. Las estrategias nacionales y regionales existentes para la gestión del agua de lastre difieren entre sí; sin embargo, comparten muchos aspectos de contenido y procedimiento. A pesar del reciente aumento del marco legislativo nacional relacionado con la prevención, control y mitigación de los impactos provocados por las especies invasoras, todavía queda mucho por hacer, pues la mayoría de los países todavía carecen de leyes específicas para ello (Tamelander et al.).

En Cuba la Ley 81 del Medio Ambiente, aprobada en 1997 (Cuba, Asamblea Nacional del Poder Popular), contiene una sección sobre aguas marítimas y recursos marinos y otra sobre protección y uso sostenible de la diversidad biológica. Actualmente se encuentra en proceso de perfeccionamiento el Decreto Ley 212 (Cuba, Asamblea Nacional del Poder Popular, 2000), que regula la gestión de las zonas costeras. Cuba participa, además, en sistemas de observación sistemática y tiene un programa de vigilancia y limpieza de incrustantes. En estos momentos se encuentra en proceso un programa de atención a incertidumbres críticas para el manejo del ambiente marino y cambio climático (MEPC, 2005).

El Ministerio de Transporte dispuso, a través de la promulgación de la Resolución 65-96 de 1996, el Código Internacional de Seguridad Operacional de Buques y la Prevención de la Contaminación (Álvarez, 2009, p. 67). En este sentido, existen legislaciones específicas que regulan el tratamiento legal para el control del agua de lastre proveniente del transporte marítimo, tales como el Decreto No. 104 (Reglamento de las disposiciones e infracciones sobre control sanitario internacional), el cual dispone en su artículo 8 que se prohíbe a toda nave arrojar a las aguas de bahías, puertos o radas nacionales y aguas territoriales, sustancias residuales producto de su actividad económica o social (Arias, 2014a). De última promulgación aparece la Resolución No.19/2014 Reglamento de Operaciones y de Orden Interior de la Administración Portuaria del Mariel (Cuba, Ministerio de Transporte, 2014), que establece en el artículo 116 la prohibición dentro del recinto portuario de tomar o desembarcar lastre sin el permiso establecido.

Análisis de los principales métodos de estudio asociados al estudio y monitoreo del agua de lastre proveniente del transporte marítimo comercial

Para el monitoreo de las aguas de lastre asociadas al transporte marítimo comercial se realiza la medición de parámetros físico-químicos y biológicos. Algunas de las metodologías adoptadas para este fin son el resultado de la unificación de diversas metodologías aplicadas en diferentes contextos; tal es el caso de Argentina, Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú; integrantes del Proyecto Globallast//CPPS y Argentina (2011) (Anexo 1).

Según acuerdos llegados en el Proyecto Globallast//CPPS y Argentina (2011), la muestra de agua de lastre debe ser tomada a nivel superficial y se emplearán colectores para la misma, los cuales deberán ser apropiados; además, se deben considerar diferentes lugares (respiraderos y descargas). Sin embargo, otros autores recomiendan tomar la muestra entre 0.20 m-1.0 m de profundidad aproximadamente y tener un volumen mínimo de 1L (Nodarse, 2006; y Álvarez, 2009). El total de las muestras dependerá de la cantidad de tanques de almacenamiento de agua de lastre y considerará si los tanques son llenados o no en un mismo puerto. Se recomienda que para una mayor confiabilidad, el muestreado deberá tener tres réplicas, de manera que se garantice la no ocurrencia de falsos positivos o de falsos negativos.

Para el análisis de los parámetros físico-químicos, en el Taller sobre técnicas de muestreo y análisis de agua de lastre de los buques se concertó tener en cuenta la salinidad y temperatura; quedando la medición del pH a criterio de cada país. Estos dos parámetros fueron escogidos debido a su facilidad y rapidez a la hora de obtener resultados. Igualmente, se sugiere que se tomen datos de salinidad y temperatura en el puerto o zona donde se encuentre el buque, con el objetivo de tener una base de datos de las condiciones ambientales del lugar (Proyecto Globallast//CPPS y Argentina). Este criterio también es acogido por Nodarse, quien añade además la determinación de nutrientes. Para la realización de estas mediciones se recomienda un salinómetro digital con medición simultánea de temperatura. Asimismo, se propone la capacitación en buenas prácticas de laboratorio al personal involucrado en la toma y procesamiento de las muestras.

Respecto a los parámetros biológicos, en este Taller se propuso identificar la presencia de organismos mediante la fluorimetría o, de ser necesario, mediante la estereomicroscopía. Otras investigaciones utilizan como indicador de presencia de patógenos humanos las especies *Pseudomonas aeruginosa* y *Vibrio cholerae*, así como el conteo de coliformes (totales y fecales) (Nodarse).

A pesar que algunas propuestas de monitoreo, no se considera como prioritario el análisis de organismos fitoplanctónicos, de vital importancia debido a la variedad de microalgas que pueden causar episodios tóxicos en los ecosistemas marinos. Por ello es de vital importancia registrar los principales datos de las embarcaciones que se van a monitorear, con el fin de obtener la mayor información posible sobre el origen y transportación del agua de lastre objeto de investigación (Nodarse).

Experiencias en Cuba asociadas a la introducción de especies por el agua de lastre

La Estrategia Ambiental Nacional (ENA) (Cuba, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, 2011), como máximo instrumento dentro de la política ambiental del país, aborda lo referente a la contaminación de las aguas terrestres y marinas. Asimismo, considera como causas de estas las acciones contaminantes provocadas en la zona costera y marina por vertimiento de desechos y residuales agrícolas, industriales, urbanos; los provenientes de las

embarcaciones sin un tratamiento adecuado y la actividad de dragado en los puertos marítimos.

La ENA, además, recoge como posibles causas de pérdida o afectación de la diversidad biológica las fluctuaciones naturales y la acción antrópica a nivel de ecosistema, especie y diversidad genética. Sin embargo, la actividad antrópica se limita solo a la utilización y la liberación de organismos vivos modificados por la biotecnología, u otras sustancias o productos que puedan afectar la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica o generar riesgos a la salud humana y a otras especies en general. Generalmente la ENA limita la visión de la actividad antrópica a todas las posibles acciones realizadas por el hombre de forma intencional y que pueden afectar la biodiversidad, ya sea mediante la realización de actividades lícitas, como la acuicultura, o mediante acciones ilícitas, como la pesca furtiva. En este sentido, no se valora la posibilidad de afectaciones provocadas de forma accidental o no intencional por parte del hombre y que se deriven de actividades económicas lícitamente realizadas, como es la descarga de lastre de los buques. A pesar de no encontrarse de manera explícita en la ENA, no queda totalmente excluido lo referente a las especies invasoras, pues se hace alusión en ella a la conservación de la diversidad biológica y a la implementación de planes de manejo integrado de zonas costeras.

En la actualidad, Cuba cuenta con un Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental de Bahías (SNMAB), que bajo la rectoría del CITMA es ejecutado por el Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías (CIMAB), perteneciente al Ministerio del Transporte, el cual desarrolla un programa de Evaluación y control de la contaminación marina de varias bahías del país (González, 2008).

Los programas, tanto nacionales como provinciales, están dirigidos al monitoreo de aquellas fuentes contaminantes de carácter fijo, particularmente con base en tierra, como lo son las industrias y las zonas residenciales. Aunque se reconoce la existencia de otros focos contaminantes de tipo móvil (transporte terrestre y marítimo), estos son considerados solamente en los casos de derrames accidentales de hidrocarburos.

Muy a pesar de los aciertos y desaciertos del monitoreo ambiental, este ha permitido conocer el comportamiento de las cargas contaminantes que por

diferentes vías llegan a las zonas costeras, así como la evaluación de la diversidad biológica marina y la efectividad de los planes de manejo aplicados en cada región hasta el momento. Por consiguiente, ha sido posible reorientar las acciones de los mismos en función de lograr los objetivos del Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC). Por tanto, una inclusión del monitoreo de las aguas de lastre en dichos programas puede contribuir significativamente a la solución o minimización del problema de la introducción no intencional de especies invasoras a través de la actividad marítima.

Debido a la importancia de la temática en nuestro país, se han realizado varias investigaciones, la mayoría responde a Programas de la Maestría de MIZC; tal es el caso Ripoll (2003) (citado por Nodarse), que propone la creación de una estrategia nacional sobre el tema de la introducción de especies invasivas por aguas de lastre en los puertos cubanos. Resulta de interés el resultado de Nodarse, quien brinda una panorámica del riesgo al que está sometido el ecosistema bahía de Cienfuegos, por la presencia de especies invasoras en las aguas de lastre de los buques de travesía internacional que arriban a este puerto.

Especialistas en el tema a nivel nacional concluyeron un estudio en la costa norte de Las Tunas y Cienfuegos, que arrojó como resultado la presencia de una nueva especie exótica conocida como *Perna Viridis* (mejillón verde), la cual provoca daños en los ecosistemas e instalaciones marinas (Fernández, 2014). Otras investigaciones confirman la presencia en aguas cubanas de *Prorocentrum mexicanum* y *Prorocentrum rhathymum*, especies bentónicas tóxicas (Moreira, 2013).

En la provincia Santiago de Cuba se han realizado algunos trabajos; entre ellos una alternativa de solución a la contaminación marina por agua de lastre mediante la implementación de un sistema de tratamiento térmico acoplado a un filtro, para la desnaturalización de los microorganismos que se introducen en los tanques de agua de lastre (Arias, 2014b). Al mismo tiempo, han sido desarrolladas varias tesis de maestría con enfoque de MIZC en la bahía de Santiago de Cuba, que reportan las problemas asociados a la contaminación del acuatorio, entre ellos los derivados por el agua de lastre y estudios ecotoxicológicos del fitoplancton (Álvarez, 2009).

CONCLUSIONES

- La introducción de especies invasoras a partir de la transferencia del agua de lastre asociada al transporte marítimo comercial ocasiona impactos negativos sobre la dinámica de las poblaciones marinas nativas y la estructura de la comunidad donde se implantan, así como impactos en el orden socioeconómico.
- A pesar de que los estudios que abordan las especies invasoras asociadas al agua de lastre iniciaron a principios del siglo XX, estos resultan aún insuficientes, se centran en algunas especies, por lo general macroscópicas, y no consideran como prioritario el análisis de organismos planctónicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, I. (2009). *Metas para una iniciativa de MIZC en el lóbulo interior de la bahía de Santiago de Cuba* (Tesis de Maestría). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Arias Lafargue, T. (2014a). *Prevención y control integrado de la contaminación costera y los riesgos tecnológicos de la desembocadura del río Yarayó* (Tesis de Maestría). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Arias Lafargue, T. (mayo-agosto, 2014b). Alternativa de solución a la contaminación marina por agua de lastre. *Tecnología Química*, XXXIV(2), 137-142.

Carlton, T. (1996). Marine Bioinvasions: The alteration of Marine Ecosystems by Nonindigenous Species. *Oceanography*, 9(1), pp.36-43.

Cuba. Asamblea Nacional del Poder Popular (11 de julio, 1997). Ley No. 81 del Medio Ambiente. En *Gaceta Oficial de la República de Cuba* [edición extraordinaria], XCV(7). La Habana: autor. Recuperado de <http://www.medioambiente.cu/legislacionE/leyes/L-81.htm>

Cuba. Asamblea Nacional del Poder Popular. (2000). Decreto-Ley 212. Gestión de la Zona Costera. En *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. La Habana: autor. Recuperado de www.gacetaoficial.cu

Cuba. Consejo de Estado (1999). Decreto-Ley No. 190 (de la Seguridad Biológica). En *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 7. La Habana. Recuperado de www.gacetaoficial.cu

Cuba. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente [CITMA]. (23 de mayo de 2011). *Estrategia Ambiental Nacional 2011 / 2015*. Recuperado de www.netzwerk-cuba.de/.../cubanische-nachhaltigkeitsstrategie-2011-2015

Cuba. Ministerio del Transporte (2014). Resolución No. 19/2014. En *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. La Habana. Recuperado de www.gacetaoficial.cu

Elías Gutiérrez, M. (2014). *Zooplankton de agua dulce: especies exóticas, posibles vías de introducción. Especies acuáticas invasoras en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Fernández, J. A. (2014). *Concluyen en las tunas estudios sobre nueva especie exótica*. Recuperado de <http://www.tiempo21.cu/?s=especie+ex%C3%B3tica>

González López, P. y Salamanca Gimenez, A. (2012). Prevención de las invasiones por organismos transportados con el agua de lastre de los buques. En *Congreso Nacional del Medio Ambiente CONAMA 2012*. Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos y Universidad da Coruña.

González Suárez, R. L. (2008). *Control y protección biológica de las instalaciones de varada y puesta a flote*. Registro Cubano de Buques. Cienfuegos, Cuba [Inédito].

Leal, S., Delgado, G. y Nodas, F. (2003). Nuevos registros de microalgas tóxicas para aguas cubanas. *Revista Investigaciones Marinas*, 24(2), 155-157.

MEPC. (2005). Procedimiento para la aprobación de sistemas de Gestión del agua de lastre en los que se utilicen sustancias activas. *Resolución MEPC*, 126(53), 1-15.

Moreira González, A. (2013). *Prorocentrum mexicanum* Osorio-Tafall y *Prorocentrum rhathymum* Loeblich III, Sherley & Schmidt cohabitan en aguas cubanas. *Revista de Investigaciones Marinas*, 33(1), 46-49.

Morris, J. A. (ed.). (2013). El pez león invasor: guía para su control y manejo. In *Gulf y Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series*, 2 (pp. 1-6). Marathon, Florida, USA.

Nodarse Castillo, M. (2006). *Propuesta de un Programa Piloto de Monitoreo de Agua de Lastre en Buques de Travesía Internacional en el Puerto de Cienfuegos: Una Herramienta Eficaz Para El MICAC* (Tesis de Maestría). Cuba.

Organización Marítima Internacional [OMI]. (2004). *Convención Internacional para el control y la Gestión del Agua de Lastre y los sedimentos de los buques*. Recuperado de <http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments>

Poorter, M. y MacKay, D. J. (2003). Amenaza marina: especies exóticas invasoras en el entorno marino. En *Programa Marino Mundial de la UICN*. (pp. 1-30).

Proyecto Globallast//CPPS y Argentina. (2011). *Taller sobre técnicas de muestreo y análisis de agua de lastre de los buques*. Buenos Aires, Argentina.

Sapota, M.R. (2012). NOBANIS – *Invasive Alien Species Fact Sheet – Neogobius melanostomus*. Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS. Recuperado de www.nobanis.org

Tamelander, J., Ridderi, L. y Matheickal, J. (2010). Procedimientos para el Desarrollo de la Estrategia Nacional para Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques. *Programa GloBallast Partnerships*, 18, p. 2-17.

Recibido: diciembre de 2015

Aprobado: marzo de 2016

ANEXOS

Anexo 1. Resultado de algunas iniciativas pertenecientes a programas de monitoreo del agua de lastre

Países	Algunas iniciativas resultantes de Programa de Gestión Nacional
Argentina	▪ Potenciar la gestión y el control del agua de lastre. ▪ Capacitar al personal de Prefectura sobre técnicas de muestreo, mediante el dictado de dos cursos: “Introductorio sobre muestreo de agua de lastre” y “Control y gestión del agua de lastre” para la formación de inspectores. ▪ Implementar planillas electrónicas de control de agua de lastre. ▪ Usar medidores de salinidad en los buques.
Colombia	▪ Levantamiento de información biológica (fitoplancton y zooplancton), microbiológica <i>Escherichiacoli</i>, Enterococos intestinales y <i>Vibrio cholerae</i>). ▪ Levantamiento de información físico-química (nutrientes, oxígeno disuelto, sólido suspendidos totales, salinidad, pH, temperatura, clorofila, nitratos y ortofosfato,) y soportados en sistemas de gestión de calidad acreditados, bajo la norma ISO-IEC 17025.
Ecuador	▪ Muestreo in situ de parámetros físico-químicos en tanques de lastre de los buques: oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, turbidez, conductividad, pH.
Perú	▪ Implementar una plantilla electrónica en formato Excel que permita alimentar una base de datos para el sistema de información nacional y que a su vez permitirá intercambiar información sobre la gestión del agua de lastre de los buques a nivel regional. ▪ Monitoreo bianual y mensual de parámetros fisicoquímicos y biológicos. Volumen total de agua de lastre y se registró el volumen del tanque muestreado. En el muestreo se registró la temperatura, pH <i>in situ</i> y se colectaron las muestras para los análisis de los parámetros fisicoquímicos y biológicos como oxígeno disuelto, pH, salinidad, nutrientes, microbiológicos y fitoplancton.
Venezuela	Detección o identificación de especies marinas y el diseño de un sistema de monitoreo biológico: ▪ Participación en entrenamientos regionales respecto a la línea base biológica en puertos. ▪ Desarrollo de una lista de expertos en taxonomía. ▪ Entrenamiento de los taxonomistas locales en herramientas generales y metodologías para la detección y análisis de especies exóticas invasoras. ▪ Conducir exámenes en puertos en algunos puertos seleccionados. ▪ Compilar la información de línea base biológica y darle entrada en un Sistema de Información Electrónico. Análisis de riesgo a bioinvasiones por ruta marítima u otro que se considere. ▪ Desarrollar un sistema de monitoreo biológico.

Fuente: Adaptado de INEA (2008) y ProyectoGloballast//CPPS y Argentina (2011).