

## ZOOPLANCTON DE AGUAS DE LASTRE DE BUQUES QUE ARRIBAN AL SISTEMA DE MARACAIBO, VENEZUELA

Nancy Hernández<sup>1\*</sup>, Randi Guerrero<sup>2</sup>, María Bracho<sup>3</sup>, Félix Morales<sup>4</sup>,  
Jhonny Navarrete<sup>5</sup> y Alex Castro<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Zulia (LUZ), Laboratorio de Ecología, Facultad de Agronomía, Maracaibo, Venezuela. <sup>2</sup>Universidad del Zulia (LUZ), Laboratorio de Zoología de Invertebrados, Facultad Experimental de Ciencias, Maracaibo, Venezuela.

<sup>3</sup>Universidad del Zulia (LUZ), Laboratorio de Oceanografía y Sistemática Molecular, Facultad Experimental de Ciencias, Maracaibo, Venezuela. <sup>4</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ciencias de la Vida, Guayaquil, Ecuador. <sup>5</sup>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” (ESPAM FML), Área agroindustrial, Manabí, Ecuador.

<sup>6</sup>Universidad Agraria del Ecuador (UAE), Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil, Ecuador. \*nancyhernandez@fa.luz.edu.ve

### RESUMEN

Las aguas de lastre son reconocidas mundialmente como uno de los principales medios de transporte de las especies invasoras. El sistema de Maracaibo es un gran estuario navegado constantemente por grandes barcos debido al comercio petrolero y sus derivados, esto representa un riesgo constante de invasión. Por ello, en esta investigación se planteó como objetivo identificar las especies zooplanctónicas potencialmente invasoras en el sistema de Maracaibo a través de las aguas de lastre. Para la toma de muestras se realizaron diez visitas a embarcaciones durante los años 2012-2013, la toma de muestra se realizó con la ayuda de una red de plancton (apertura del poro de la malla = 150 µm), la cual fue introducida a través de las escotillas ubicadas en cubierta. Como resultado se registraron 72 taxones, siendo el más representativo del zooplancton *Acartia tonsa*, seguido de ácaros marinos pertenecientes a la familia Halacaridae, ambos pertenecientes al Phylum Arthropoda, y organismos del meroplancton como larvas veliger, de poliquetos y de anémona. Se determinó la presencia de organismos que no cuentan con reportes para el sistema como la familia Halacaridae, los copépodos *Euterpina acutifrons*, *Clytemnestra* sp., *Paralaophonte* sp., *Oncaea mediterranea*, *O. venusta*, *Acartia clausi*, *Clausocalanus* sp., *Calanopia americana* y *Oithona simplex*, en su mayoría de distribución cosmopolita, y el cnidario *Bougainvillia* sp. Esta investigación pretende motivar un alerta que proyecte el riesgo del transporte de especies en las aguas de lastre descargadas al sistema de Maracaibo, e incentivar a las autoridades competentes a implementar controles en éste y otros puertos del país.

**Palabras clave:** aguas de lastre, zooplancton, sistema de Maracaibo, especies exóticas, buques.

### Zooplankton in the ballast waters of ships entering the Maracaibo system, Venezuela

#### Abstract

The ballast water are recognized worldwide as one of the main means of transport of invasive species. The Maracaibo system is a large estuary constantly browsed large ships due to oil trade and its derivatives, represents a constant risk of invasion. The objective of this research was to identify exotic zooplankton species brought in the ballast water and capable of invading the Maracaibo

system. For the sampling ten visits were made to vessels during the years 2012-2013, sampling was performed with the help of a plankton net (mesh pore diameter = 150  $\mu\text{m}$ ) was introduced through the hatches located on the deck of the boat. As a result 72 taxa were recorded, the most representative taxon *Acartia tonsa* followed by marine mites belonging to the family Halacaridae, both belonging to Phylum Arthropoda, and organism of meroplankton as larvae veliger, polychaete larvae and anemone larvae. It was determined the presence of organisms that do not have reports previous to the system as the family Halacaridae, the copepods *Euterpina acutifrons*, *Clytemnestra* sp., *Paralaophonte* sp., *Oncaea mediterranea*, *O. venusta*, *Acartia clausi*, *Clausocalanus* sp., *Calanopia americana* and *Oithona simplex* being these in your most cosmopolitan distribution and the Cnidarian *Bougainvillia* sp. This research aims to motivate an alert that projects the risk of the transport of species in the ballast water discharged to the Maracaibo system, and to encourage the competent authorities to implement controls in this and other ports of the country.

**Keywords:** Ballast water, zooplankton, Maracaibo system, exotic species, ships.

## INTRODUCCIÓN

El comienzo de la exploración por parte de los europeos y su posterior expansión se ha traducido en el transporte de miles de especies en todos los océanos del mundo (Carlton, 2001). Cerca de 4.000 especies se han transferido a nivel mundial a través de los buques y, aproximadamente la mitad de todas las especies exóticas registradas hasta la fecha se han establecido en nuevos hábitats (Gollasch, 2007). Ejemplo de ello es el mejillón cebra *Dreissena polymorpha* (Álvarez, 2002) y el cangrejo verde europeo *Carcinus maenas* (Sarasúa, 2006), introducidos por aguas de lastre desde Europa a las costas de Hawái, Estados Unidos, Panamá, Madagascar, mar Rojo, India, Australia y Tasmania.

Más de 1.000 especies acuáticas introducidas, que van desde algas unicelulares hasta vertebrados, se han encontrado en las aguas costeras europeas, incluyendo las vías de navegación para buques de alta mar y cuerpos de agua adyacentes (Gollasch, 2007). Resultados similares se encontraron en aguas de América del Norte, en donde cerca de 400 especies no nativas de invertebrados y algas han establecido poblaciones en las aguas marinas y estuarinas. El 28% de estas invasiones reportadas corresponden a crustáceos, presentándose como el grupo taxonómico con el mayor número de especies (Ruiz *y col.*, 2011). Rusia, China, y muchos otros países del mundo han reportado la presencia de especies no autóctonas en sus hábitats naturales; prácticamente todas las regiones de los océanos del mundo han experimentado la introducción de especies marinas (Chu *y col.*, 1997; Carlton, 2001; Hewitt *y col.*, 2009; Zvyagintsev *y col.*, 2009).

La mayor parte del comercio mundial se produce mediante el envío entre puertos, ubicados casi siempre en bahías y estuarios, siendo los cascos de los barcos y las aguas de lastre los principales vectores para la transferencia de organismos (Minchin y Gollasch, 2003; Rup *y col.*, 2010). Con el fin de disminuir el efecto del agua de lastre, la

Organización Marítima Internacional (OMI), desarrolló el convenio MARPOL para prevenir y eliminar la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos (Davidson y Simkanin, 2012). Entre las propuestas se pueden nombrar: la reducción o eliminación de toma de agua de lastre en la oscuridad, la toma de lastre en aguas poco profundas, así como evitar la toma de lastre en lugares en los que las hélices del barco puedan levantar los sedimentos. Dentro de los tratamientos se ha propuesto la utilización de métodos como la filtración, tratamiento con UV, intercambio de agua en alta mar, entre otros. Aún con las propuestas y tratamientos planteados en este convenio, ciertas especies altamente invasivas como el cangrejo verde europeo (*C. maenas*), cangrejo barro (*Rhithropanopeus harrisi*), vinca común (*Littorina littorea*), almeja cáscara suave (*Mya arenaria*) y mejillón azul (*Mytilus galloprovincialis*) lograron sobrevivir en los tanques de lastre, indicando esto que las regulaciones actuales son ineficaces para estos grupos taxonómicos (Briski y col., 2012).

La región del Caribe debido a su ubicación geográfica favorable y la actividad portuaria alta, posee una elevada susceptibilidad a la introducción de especies marinas. En Colombia se han llevado a cabo diversos estudios desde el año 2003 para conocer las características fisicoquímicas, microbiológicas y sanitarias, así como la fauna y flora de los buques que ingresan a las costas caribeñas (Rendón y col., 2003; Montoya y col., 2008; Cañón y col., 2007, 2010; Quintana y Cañón, 2010, Ahrens y col., 2011; Velasco, 2011; Dirección General Marítima, 2014, 2015). De igual forma, en México se han llevado a cabo estudios sobre la implicación de las aguas de lastre en la dispersión de organismos, así como listados actualizados de especies invasoras (Winfield y col., 2011; Elías-Gutiérrez, 2014; Okolodkov y García-Escobar, 2014).

En Venezuela se han realizado estudios que sugieren que especies como el pez *Omobranchus punctatus*, la ascidia *Styela clava*, el mejillón *Musculista senhousia* y la almeja *Rangia mendica*, podrían haber sido introducidos en la costa este del país por las aguas de lastre (Pérez y col., 2007). Pero en general, se carece de investigaciones puntuales que permitan conocer la implicación de las aguas de lastre en el transporte de especies.

El sistema de Maracaibo recibe una cantidad considerable de buques, pues se trata de un punto clave en el comercio internacional del país por sus actividades petroleras, lo que aumenta la susceptibilidad a invasiones. Debido a la carencia de información que se tiene respecto a las especies descargadas en el lastre de los buques, en este estudio se planteó como objetivo identificar las especies zooplanctónicas potencialmente invasoras en el sistema de Maracaibo a través de las aguas de lastre.

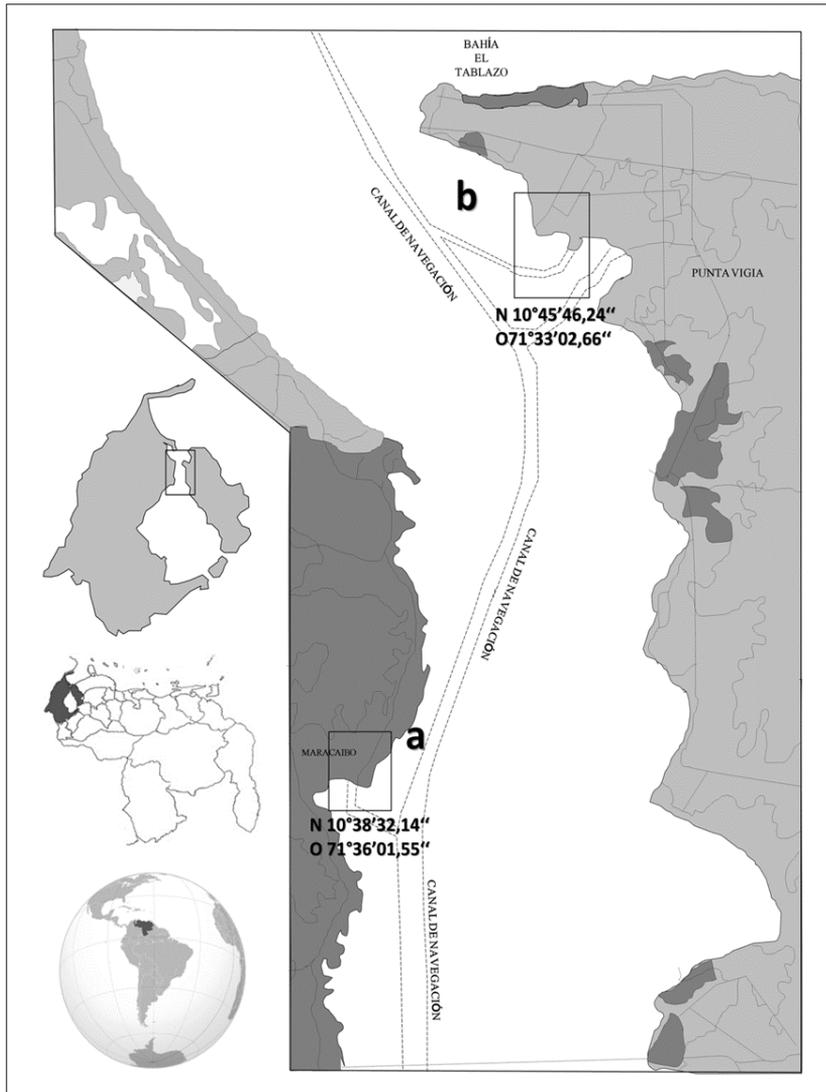
## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El área de estudio estuvo ubicada en Puerto Miranda y Puerto de Maracaibo; lugares donde llegan los barcos provenientes de aguas nacionales e internacionales. Puerto Miranda (N 10°45' 46,24" O 71°33' 02,66") se encuentra ubicado en la costa oriental del lago, específicamente en el municipio Miranda del Estado Zulia, constituye un área de embarque de derivados petroquímicos y petroleros de gran demanda en los mercados internacionales. El Puerto de Maracaibo (N 10°38' 32,14" O 71°36' 01,55") está ubicado en la costa accidental del lago y muy cercano al centro de la ciudad de Maracaibo, es el tercer puerto más importante a nivel nacional; ya que su excelente posición geográfica permite el acceso a los mercados de diversos países (Figura 1).

**Toma de muestras.** Las aguas de lastre de diez barcos de diversas procedencias fueron muestreadas en el sistema de Maracaibo, entre febrero de 2012 y mayo de 2013. Los buques provenían de puertos nacionales (cabotaje) como el Puerto de José, (un puerto marítimo al este de Venezuela), e internacionales, tales como las costas de Liverpool (Reino Unido), Curazao y Aruba.

Las muestras de agua de lastre se obtuvieron a través de la apertura de escotillas de tanques llenos o parcialmente llenos, con una red de plancton sin flujómetro, con apertura de malla de 150 µm, aro de 30 cm de diámetro y cono de 90 cm de largo (Chu *y col.*, 1997; Gollasch, 2007). La red fue llevada hasta la parte inferior de los tanques, con el fin de tomar muestras a lo largo de la columna de agua, se lavó y la muestra fue colocada en recipientes de plástico de 1 L de capacidad, se fijaron con una solución de formol 4% v/v a bordo de la nave y posteriormente fueron preservadas con una solución 70% v/v de etanol con gotas de glicerina en el laboratorio. En cada tanque de lastre se realizaron tres arrastres, correspondiendo así a tres muestras por tanque; posteriormente en los análisis estadísticos fueron tratadas como una sola muestra.

El análisis del zooplancton se llevó a cabo utilizando cámaras Sedgwick-Rafter de 1 cm<sup>3</sup> analizando la totalidad de las muestras colectadas. Los organismos fueron agrupados y cuantificados de acuerdo a sus características e identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible con la ayuda de varias claves Rodríguez (2000), Bradford-Grieve (2002); Razouls *y col.* (2013), WoRMS (2016). La clasificación de los estadios larvales se agrupó según la fase en la que encuentran sin realizar una identificación específica. La salinidad fue medida in situ con un salinómetro refractómetro, con la finalidad de conocer la tolerancia de los organismos a este parámetro.



**Figura 1.** Área de estudio. (a) Puerto Maracaibo y (b) Puerto Miranda.

Se llevaron a cabo análisis de regresión lineal simple ( $\alpha = 0,05$ ) entre la salinidad y las especies. Para determinar la existencia de diferencias entre medias aritméticas de abundancias de especies, se analizaron los resultados estadísticamente por medio de análisis de varianza (ANOVA)

no paramétrico de Kruskal-Wallis, debido a que no se cumplió la premisa de normalidad, con un nivel de significancia alfa = 0,05. Los análisis estadísticos referidos se realizaron con el programa Statgraphics Centurion XVI.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 72 taxones fueron registrados y distribuidos en ocho phyla: Rotifera, Arthropoda, Cnidaria, Mollusca, Chaetognatha, Annelida, Echinodermata y Chordata (Tabla 1). En cuanto a la abundancia, los artrópodos (copépodos, cladóceros y halacáridos), así como también los rotíferos y estadios larvales de anélidos, anémonas y moluscos fueron los más abundantes (Tabla 2).

Los copépodos representaron el 63% del número total de organismos cuantificados; este hallazgo coincide con estudios realizados en Canadá (Briski *y col.*, 2012), América del Norte (Ruiz *y col.*, 2011) China (Chu *y col.*, 1997), Rusia (Zvyagintsev *y col.*, 2009); en regiones más próximas a nuestras costas, como el Caribe colombiano (Rendón *y col.*, 2003; Montoya *y col.*, 2008; Velasco, 2011) en los que los copépodos son el grupo taxonómico más abundante en las aguas de lastre (Figura 2). Esto se debe a que los copépodos abarcan del 60 al 80% de la biomasa zooplanctónicas en regiones oceánicas y neríticas (Palomares-García, 1996).

La cantidad de especies halladas en los tanques de lastre fue de 25 ± 4, valor que está muy por debajo de lo encontrado en el Caribe colombiano por Cañón *y col.* (2007) y Montoya *y col.*, (2008) quienes reportaron un máximo de 67 y 56 especies respectivamente.

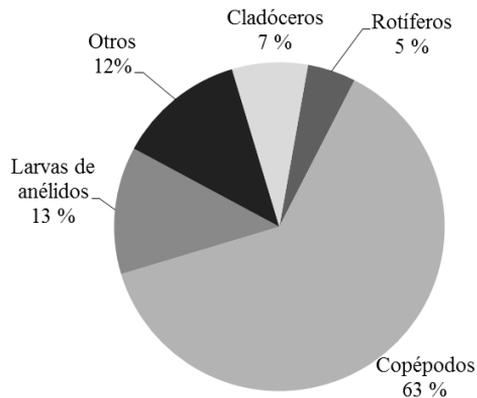
**Tabla 1.** Composición del zooplancton encontrado en aguas de lastre de buques que ingresaron al sistema de Maracaibo entre los años 2012-2013.

GRUPO	TAXÓN	ESTADO DE REPORTE EN EL SISTEMA DE MARACAIBO
PHYLUM		
ARTHROPODA		
Subclase Copepoda	<i>Euterpina acutifrons</i>	Nuevo reporte
	<i>Clytemnestra</i> sp.	Nuevo reporte
	<i>Macrosetella</i> sp.	Reportado
	<i>Paralaophonte</i> sp.	Nuevo reporte
	<i>Acartia clausi</i>	Nuevo reporte
	<i>Acartia tonsa</i>	Reportado
	<i>Calanopia americana</i>	Nuevo reporte
	<i>Centropages furcatus</i>	Reportado
	<i>Clausocalanus</i> sp.	Nuevo reporte

	<i>Eucalanus crassus</i>	Reportado
	<i>Paracalanus parvus</i>	Reportado
	<i>Paracalanus</i> sp.	Reportado
	<i>Pseudodiaptomus cokeri</i>	Reportado
	<i>Subeucalanus subcrassus</i>	Reportado
	<i>Temora turbinata</i>	Reportado
	<i>Mesocyclops</i> sp.	Reportado
	<i>Thermocyclops decipiens</i>	Nuevo reporte
	<i>Oithona hebes</i>	Reportado
	<i>Oithona nana</i>	Reportado
	<i>Oithona simplex</i>	Nuevo reporte
	<i>Oithona</i> sp.	Reportado
	<i>Corycaeus furcifer</i>	Reportado
	<i>Corycaeus lautus</i>	Reportado
	<i>Corycaeus venustus</i>	Reportado
	<i>Oncaea mediterranea</i>	Nuevo reporte
	<i>Oncaea venusta</i>	Nuevo reporte
Infraorden Cladocera	<i>Moina</i> sp.	Reportado
	<i>Moinodaphnia macleayi</i>	Reportado
	<i>Diaphanosoma</i> sp.	Reportado
	<i>Alona davidi</i>	Reportado
Larva	Genero <i>Penaeus</i>	Reportado
Larva	Mysis Infraorden Caridea	Reportado
Larva	Mysis Género <i>Penaeus</i>	Reportado
Larva	Mysis Familia Hippolytidae	Reportado
Larva	Mysis Género <i>Penaeus</i>	Reportado
Larva	Zoea Familia Atelecicliidae	Reportado
Larva	Zoea Género <i>Penaeus</i>	Reportado
Larva	Zoea Familia Porcellanidae	Reportado
Larva	Zoea Familia Portunidae	Reportado
Larva	Zoea Familia Xanthidae	Reportado
Ácaro	Familia Halacaridae	Nuevo reporte
PHYLUM ANNELIDA		
Larva	Clase Polichaeta	Reportado
PHYLUM ROTIFERA		
	<i>Brachionus calyciflorus</i>	Reportado
	<i>Brachionus havanaensis</i>	Reportado
PHYLUM CHORDATA		
Urocordado	<i>Oikopleura</i>	Reportado
PHYLUM CNIDARIA		
	<i>Obelia</i> sp.	Reportado
Larva	<i>Bougainvillia</i> sp.	Nuevo reporte
	Clase Anthozoa	Reportado
PHYLUM ECHINODERMATA		
Larva	Clase Ophiuroidea	Reportado
PHYLUM CHAETOGNATHA		
Quetognato	<i>Sagitta</i> sp.	Reportado
PHYLUM MOLLUSCA		
Larva	Véliger Clase Gastropoda	Reportado
Larva	Véliger Clase Bivalvia	Reportado

**Tabla 2.** Abundancia total de organismos del macro y mesozooplankton colectados en aguas de lastre de buques que ingresaron al sistema de Maracaibo entre los años 2012-2013.

GRUPO TAXONÓMICO	N° DE INDIVIDUOS
Phylum Arthropoda	
Subphylum Crustacea	
Clase Ostracoda	9
Clase Maxillopoda	
Subclase Copepoda	
Orden Harpacticoida	31
Orden Calanoida	1543
Orden Cyclopoida	581
Orden Poecilostomatoida	1244
Clase Branchiopoda	400
Clase Cirripedia	154
Clase Malacostraca	84
Subphylum Chelicerata	169
Phylum Annelida	
Clase Polychaeta	678
Phylum Rotifera	257
Phylum Chordata	
Subphylum Urochordata	47
Phylum Cnidaria	
Clase Hydrozoa	89
Clase Anthozoa	27
Phylum Echinodermata	2
Phylum Chaetognatha	1
Phylum Mollusca	
Clase Gasteropoda	57
Clase Bivalva	27



**Figura 2.** Composición porcentual de los principales grupos zooplanktónicos transportados en aguas de lastre de 10 buques que ingresaron al sistema de Maracaibo entre los años 2012-2013.

Por otro lado, es importante resaltar la presencia de organismos pertenecientes a la familia Halacaridae (Arachnida: Acarii), grupo ampliamente distribuido en el bentos y los ecosistemas litorales, pero también perteneciente al plancton, el cual no cuenta con reportes previos para las costas occidentales de Venezuela. Los ácaros han invadido con éxito el mar y aproximadamente 56 especies han colonizado el agua dulce (Bartsch, 2008). Este grupo hallado en el presente estudio formando parte de la comunidad pelágica, es de suma importancia, ya que ciertas especies pueden inducir alteraciones en los patrones de migración de los copépodos debido a que pueden ejercer una alta presión por depredación sobre los cladóceros; y por lo tanto llegar a ser el detonante que desencadene una migración inversa (Ramos-Jiliberto *y col.*, 2004). Por lo tanto, la invasión de este grupo podría representar una amenaza seria para la cadena alimentaria del sistema de Maracaibo.

Al comparar los resultados obtenidos con reportes zooplanctónicos previos para el sistema de Maracaibo (Rodríguez, 1973; Rodríguez, 2000), se encuentra que la mayoría las especies identificadas en el presente estudio cuentan con reportes previos para la zona. Sin embargo, se registran por primera vez las siguientes especies *Euterpina acutifrons*, *Thermocyclops decipiens*, *Oncaea mediterranea*, *O. venusta*, *Acartia clausi*, *Calanopia americana*, *Oithona simplex* y los géneros *Clytemnestra*, *Paralaophonte*, *Clausocalanus*, así como los cnidarios, en su mayoría de la familia Bougainvillidae; es importante resaltar que las especies y géneros anteriormente mencionados, excepto el género *Paralaophonte*, se encuentran reportadas para la costa oriental del país (Márquez *y col.*, 2006; Márquez, 2008; Morales-Esparragoza, 2014). Por otro lado *E. acutifrons* es reportada por Rendón *y col.*, (2003) como fauna no típica en la bahía de Cartagena, Colombia. *Oithona nana*, a pesar de que no es un registro nuevo para la zona, fue hallada en los tanques muestreados, al igual que en las aguas de lastre de los terminales portuarios ubicados entre los departamentos del Magdalena y Bolívar, Colombia (Rendón *y col.*, 2003).

Los taxones Cirripedia, Gastropoda, Bivalvia, Anthozoa y Polychaeta estuvieron presentes solo en estadios larvarios, coincidiendo la mayoría de los grupos con lo reportado por Montoya *y col.*, (2008) para el Puerto de Santa Marta en el Caribe colombiano. La presencia de estadios larvales en los tanques de lastre, supone un riesgo para los ecosistemas ya que los tanques actuarían como incubadoras favoreciendo la dispersión de las mismas (Gollasch *y col.*, 2000), tal como se presume ocurrió con la almeja *Rangia cuneata* en el sistema de Maracaibo, la Bahía de Chesapeake ubicada entre Maryland y Virginia, el río Hudson en Nueva York, Puerto de Amberes en Bélgica y la parte rusa de Laguna Vístula, Mar Báltico; donde se presume que las introducciones han sido a través de agua de lastre (Wakida *y col.*, 2004; Verween *y col.*, 2006; Guerrero, 2010; Rudinskaya y Gusev, 2012).

Al igual que la almeja *Rangia* sp., el mejillón verde *Perna viridis* es otra especie reconocida como invasora en las costas venezolanas, así como en Jamaica y Cuba (Da Costa, 2011). Su primera aparición en el Caribe ocurrió a mediados de 1990 en el Puerto de Punta Lisa en la isla de Trinidad, llegando en 1993 a las costas del estado Sucre, Venezuela, distribuyéndose por la costa del golfo de Paria por efecto de las corrientes, así como las embarcaciones y descargas de aguas de lastre también contribuyeron a su diseminación (Agard *y col.*, 1992).

El análisis de Kruskal-Wallis realizado para determinar diferencias en cuanto a la media de las abundancias de especies arrojó un valor de  $P < 0.05$ , indicando el análisis que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de abundancia entre un Buque y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Al realizar la prueba de *post hoc* de Tukey (HSD) se pudo evidenciar la formación de tres grupos principales en donde las mayores diferencias entre las medias correspondió al buque 1 proveniente de Puerto de Jose (Venezuela) con la más baja y al buque 9 proveniente de Curazao con la media más alta.

Los valores de salinidad reportados en los tanques de lastre de este estudio variaron en un rango de 0 a 41‰ o UPS con un promedio de 26‰ o UPS (Tabla 3). Este resultado se asemeja a lo hallado en la Bahía de Chesapeake (USA) en donde los poliquetos, bivalvos y una especie de copépodo mostraron tasas de mortalidad altas a los 5 UPS y la tasa más alta de supervivencia de los organismos se obtuvo entre 15 y 25 UPS (Smith *y col.*, 1999). Las salinidades más fluctuantes se obtuvieron del Pto. de Jose y esto puede atribuirse a los periodos de lluvia y sequía a los que se ve expuesta esta zona anualmente. Se determinó que no existe una diferencia significativa (KW= 0,1;  $P > 0.05$ ) en cuanto a las salinidades de los buques muestreados.

Al realizar un análisis de correlación de todos los organismos con las salinidades halladas, se obtuvo un valor de  $r = 0,0258$  y de  $P = 0,7492$ , lo que demuestra la existencia de una asociación significativa entre los niveles de salinidad, y los organismos del zooplancton presentes en las aguas de lastre. Sin embargo, se tomaron los grupos constantes, hallados a lo largo de todo el estudio y se correlacionaron con la salinidad, encontrando que *Acartia tonsa* tiene un valor de  $P = 0.05$  por tanto es significativo; con un coeficiente de correlación de  $-0.630166$ . Esta correlación negativa es indicativa de que a mayores valores de la salinidad la abundancia de *A. tonsa* disminuye. Por el contrario los Halacaridae, larvas de poliquetos, larvas de anémonas y veliger obtuvieron un valor de  $P > 0.05$ , y los coeficientes de correlación indican una relación relativamente débil entre las variables. Por lo tanto, no hay una relación estadísticamente significativa para estos grupos con la salinidad.

**Tabla 3.** Valores de salinidad hallados en aguas de lastre de 10 buques que ingresaron al sistema de Maracaibo entre los años 2012-2013.

Año	Buque	Procedencia	Salinidad (‰ o
			UPS)
2012	1	Pto. de Jose	32
2012	2	Pto. de Jose	38
2012	3	Liverpool	37
2012	4	Pto. de Jose	6
2013	5	Pto. de Jose	15
2013	6	Pto. de Jose	11
2013	7	Pto. de Jose	-
2013	8	Cardón	40
2013	9	Curazao	41
2013	10	Amuay	40

Un factor crítico que influye en la supervivencia de cualquier invasor biológico es la compatibilidad con las condiciones abióticas en el hábitat invadido. Entre los factores que podrían limitar invasiones a través de agua de lastre, se encuentra la salinidad y la temperatura que puede ser de suma importancia, como lo reportado por Smith *y col.* (1999).

Si bien Venezuela aún no cuenta con regulaciones en materia de aguas de lastre, existe una normativa internacional por la cual se rigen los buques de países suscritos a estos convenios. Esto favorece en cierta forma a los ecosistemas venezolanos, que actualmente se encuentran en un estado de vulnerabilidad.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio pionero muestran, a pesar de la poca cantidad de buques muestreados, una abundancia considerable de organismos. La presencia de ocho phyla de organismos planctónicos en estadios adulto y larval, como las anémonas, copépodos, ostrácodos, bivalvos, gasterópodos, entre otros, lo que nos permite tener un panorama más claro sobre el riesgo potencial que supone la descarga indiscriminada de estas aguas en el sistema de Maracaibo. Se registran por primera vez la introducción de ácaros pertenecientes a la familia Halacaridae, los copépodos *Euterpina acutifrons*, *Clytemnestra* sp., *Paralaophonte* sp., *Thermocyclops decipiens*, *Oncaea mediterranea*, *O. venusta*, *Acartia clausi*, *Clausocalanus* sp., *Calanopia americana*, *Oithona simplex* y el cnidario *Bougainvillia* sp. para el sistema del Lago de Maracaibo, ya que para la zona oriental del país ya han sido reportadas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República Bolivariana de Venezuela (FONACIT) por el financiamiento del proyecto No. 2011001395.

**LITERATURA CITADA**

- Agard, J., R. Kishore y B. Bayne. 1992. *Perna viridis* (Linnaeus, 1758): first record of the Indo-Pacific green mussel (Mollusca: Bivalvia) in the Caribbean. *Caribb. Mar. Stud.* 3: 59-60.
- Ahrens, M. J., J. Dorado-Roncancio, M. López Sánchez., C. Rodríguez y L. Vidal. 2011. Biodiversidad exótica: presencia de especies marinas no-nativas introducidas por el tráfico marítimo en puertos colombianos. *Biota Colombiana.* 12 (2): 3-14.
- Álvarez, R. 2002. Diez preguntas y respuestas fundamentales sobre la presencia del mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*, Pallas, 1771) en España. *Aquatic.* 16: 1-4.
- Bartsch, I. 2008. Global diversity of halacarid mites (Halacaridae: Acari: Arachnida) in freshwater. *Hydrobiology.* 198: 317-322.
- Bradford-Grieve, J.M. 2002. *Key to calanoid copepod families*. Publicación Electrónica: <http://www.crustacea.net/crustace/calanoida/index.htm>
- Briski, E., S. Ghabooli, S. A. Bailey y H. J. MacIsaac. 2012. Invasion risk posed by macroinvertebrates transported in ships' ballast tanks. *Biol. Inv.* 14: 1843-1850.
- Cañón, M., G. Tous, K. Lopez, M. Lopez, F. Orozco, y V. Suárez. 2007. Caracterización fisicoquímica, biológica y microbiológica en aguas de lastre de buques de tráfico internacional. *Bol. Cien. CIOH.* 25: 150 -168.
- Cañón, M., D. Quintana, R. López, G. Tous y H. Llamas. 2010. Caracterización fisicoquímica del Golfo de Morrosquillo y tanques de lastre de buques de tráfico internacional. *Bol. Cien. CIOH.* 28: 84-126.
- Carlton, J. T. 2001. Introduced species in U.S. coastal waters: environmental impacts and management priorities. Publicación Electrónica: <https://www.iatp.org/>.
- Chu, K. H., P. F. Tam, C. H. Fung y Q. C. Chen. 1997. A biological survey of ballast water in container ships entering Hong Kong. *Hydrobiologia.* 352: 201-206.
- Da Costa, F. 2011. El impacto de las especies exóticas sobre la biodiversidad y la respuesta internacional. En: *Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia*. A. J. Gracia, D. Medellín-Mora., G. Agudelo y V. Puentes (Ed.), Colombia.
- Davidson, I. C. y C. Simkanin. 2012. The biology of ballast water 25 years later. *Biol. Inv.* 14: 9-13.
- Dirección General Marítima. 2014. *Informe ejecutivo de gestión 2014*. Publicación Electrónica: <https://www.dimar.mil.co/>.
- Dirección General Marítima. 2015. *Informe de gestión 2015*. Publicación Electrónica: <https://www.dimar.mil.co/>.
- Elías-Gutiérrez M. 2014. Zooplankton de agua dulce: especies exóticas, posibles vías de introducción. En: *Especies acuáticas invasoras de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad*. (R. Mendoza y P. Kolepp, Ed.), México. 309-315 pp.
- Gollasch, S. 2007. Is Ballast Water a Major Dispersal Mechanism for Marine Organisms? *Ecol. Stud.* 193: 49-57.
- Gollasch, S., J. Lenz, M. Dammer y H. Andres. 2000. Survival of tropical ballast water organisms during a cruise from the Indian Ocean to the North Sea. *J. Plankton Res.* 22(5): 923-937.
- Guerrero, R. 2010. Aspectos biológicos-pesqueros de la almeja *Rangia* sp. en las costas de Curarire, Municipio la Cañada de Urdaneta, estado Zulia. Tesis de Biología. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. 62 pp.

- Hewitt, C.I., S. Gollasch y D. Minchin. 2009. The Vessel as a Vector – Biofouling, Ballast Water and Sediments. En: *Biological Invasions in Marine Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*. G. Rilow y J. A. Crooks (Ed.). Vol 204: 117-131 pp.
- Márquez, B., B. Marín, E. Zoppi y C. Moreno. 2006. Zooplancton del Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 45(1): 61-78.
- Márquez, B. 2008. Copépodos del golfo de Cariaco. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente. 80 pp.
- Minchin, D. y S. Gollasch. 2003. Fouling and ships' hulls: how changing circumstances and spawning events may result in the spread of exotic species. *Biofouling*. 19: 111-122.
- Montoya, M., M. Calero y C. Uribe. 2008. Caracterización del zooplancton en el agua de lastre de los buques internacionales que arriban al puerto de Santa Marta (Caribe colombiano). *Bol. Cien. CIOH*. 26: 164-178.
- Morales-Esparragoza, J. 2014. Distribución vertical de los copépodos en la depresión de Guaracayal, Golfo de Cariaco. Tesis de Maestría. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Okolodkov, Y. B y H. Garcia-Escobar. 2014. Agua de lastre y transporte de los organismos incrustantes, leyes y acciones: perspectivas para México. En: *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. (Low, A., Quijón, P., Peters, E., Ed.). México. 55-79 pp.
- Pérez, J., C. Alfonsi, S. Salazar, O. Macsotay, J. Barrios y M. Escarbassiere. 2007. Especies marinas exóticas y criptogénicas en las costas de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 46: 79-96.
- Quintana, D y M. Cañón. 2010. Calidad sanitaria del agua de mar del Golfo Morrosquillo y del agua de lastre de buques de tráfico internacional. *Bol. Cien. CIOH*. 28: 127-153.
- Ramos-Jiliberto, R., J. Carvajal, M. Carter y L. Zuñiga. 2004. Diel vertical migration patterns of three zooplankton populations in a Chilean lake. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 77: 29-41.
- Razouls, C., F. de Bovée, J. Kouwenberg y N. Desreumaux. 2016. *Diversity and Geographic Distribution of Marine Planktonic Copepods*. Publicación Electrónica: <http://copepodes.obs-banyuls.fr/>.
- Rendón, S., T. Vanegas y P. Tigreros. 2003. Contaminación en la Bahía de Cartagena por agua de lastre de los buques. *Bol. Cient. CIOH*. 21: 91-100.
- Rodríguez, G. 1973. *El sistema de Maracaibo: biología y ambiente*. Caracas: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). 395 pp.
- Rodríguez, G. 2000. El plancton en el Sistema de Maracaibo. En *El Sistema de Maracaibo* (2da ed.) (G. Rodríguez, Ed.), Venezuela. 61-73 pp.
- Rudinskaya, L. V. y A. A. Gusev. 2012. Invasion of the North American wedge clam *Rangia cuneata* (G. B. Sowerby I, 1831) (Bivalvia: Mactridae) in the Vistula Lagoon of the Baltic Sea. *Russ. J. Biol. Inv.* 3: 220-229.
- Ruiz, G., P. Fofonoff, B. Steves y A. Dahlstrom. 2011. Marine crustacean invasions in North America: A synthesis of historical records and documented impacts. En: *In the Wrong Place - Alien Marine Crustaceans: Distribution, Biology and Impacts* (Galil, B. S., P. F. Clark, y J. T. Carlton, Ed.), London, Springer. 215-250 pp.
- Rup, M., S. Bailey, C. Wiley, M. Minton, M. Whitman, G. M. Ruiz y H. J. MacIsaac. 2010. Domestic ballast operations on the Great Lakes: Potential importance of Lakers as a vector for introduction and spread of nonindigenous species. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 67: 256-268.
- Sarasúa, G. 2006. Amenaza creciente de las especies exóticas invasoras. *Revista Marina Civil*. 82: 57-62.

- Smith, D., M. Wonham, L. Mccann, G. Ruiz, H. Hines y J. Carlton. 1999. Invasion pressure to a ballast-flooded estuary and an assessment of inoculant survival. *Biol. Inv.* 1: 67-87.
- Statgraphics Centurion XVI (Versión 16.1.03) [software]. 2010. Warrenton, Virginia: Statpoint Technologies, Inc. <http://www.statgraphics.com/>.
- Velasco, E. 2011. Resultados del estudio de aguas de lastre en la Bahía de Tumaco (Colombia) – El terminal de multiboyas Ecopetrol. *Bol. Cien. CIOH.* 29:146-157.
- Verween, A., F. Kerckhof, M. Vincx y S. Degraer. 2006. First European record of the invasive brackish water clam *Rangia cuneate* (G.B. Sowerby I, 1831) (Mollusca: Bivalvia). *Aquat. Inv.* 1(4), 198-203.
- Wakida, K., T. Armando y C. MacKenzi. 2004. Rangia and marsh clams, *Rangia cuneata*, *R. flexuosa*, and *Polymesoda caroliniana*, in eastern Mexico: distribution, biology and ecology, and historical fisheries. *Mar. Fish. Rev.* 66(3): 13-20.
- Winfield, I., S. Cházaro-Olvera, M. Ortiz y U. Palomo-Aguayo. (2011). Lista actualizada de las especies de anfipodos (Peracarida: Gammaridea y Corophiidea) marinos invasores en México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 46(3):349-361.
- WoRMS Editorial Board. 2016. *World Register of Marine Species*. Publicación Electrónica: <http://www.marinespecies.org>.
- Zvyagintsev, A. Yu., V. V Ivin, I. A. Kashin, T. Yu, Orlova, M. S. Selina, V. V. Kasyan, O. M. Korn, E. S. Kornienko, V. A. Kulikova, I. P. Bezverbnaya, L. V. Zvereva, V. I. Radashevsky, L. S. Belogurova, A. A. Begun y A. N. Gorodkov. 2009. Acclimation and introduction of hydrobionts ships' ballast water organisms in the Port of Vladivostok. *Russ. J. Mar. Biol.* 35: 41-52.