

Dinoflagelados bentónicos nocivos, asociados con el sedimento arenoso en dos playas de la isla de Margarita, Venezuela

Harmful benthic dinoflagellates, associated to sandy sediment in two beaches from Margarita Island, Venezuela

José Marchan-Álvarez¹, Lorelys Valerio-González¹,
Luis Troccoli-Ghinaglia², Fabiola López Monroy¹

Resumen

Los dinoflagelados bentónicos nocivos (DBN) pueden generar intoxicaciones severas, de allí la importancia de su estudio. **Objetivo:** Se evaluaron la composición y abundancia de DBN asociadas con el sustrato arenoso en dos playas de la isla de Margarita, Venezuela. **Metodología:** Los microorganismos se recolectaron mensualmente entre enero y julio de 2015 en la zona infralitoral de cada playa. Se midió la salinidad y la temperatura superficial del agua de mar. Para cuantificarlos se usó el método de Utermöhl y se examinaron en un microscopio invertido. **Resultados:** Se identificaron 22 especies, siendo el género más abundante *Prorocentrum* (35%). La abundancia total de DBN no varió entre ambas localidades ($p > 0,05$). En playa Pampatar, la variación mensual fue evidente, los mayores valores (48 Cel/cm²) se presentaron en mayo, al igual que por tamaño de malla (30 μm =49 Cel/cm²). No se detectó relación directa entre las variables ambientales y las especies de DBN. Por otra parte, en playa Barbasco se detectaron diferencias significativas entre las estaciones y con el tamaño de poro, registrándose la mayor abundancia en la estación S6 y la abertura de malla de 30 μm (41 Cel/cm² y 36 Cel/cm² respectivamente). **Conclusiones:** La mayoría de las especies reportadas en este estudio poseen un estatus nocivo considerable y pueden desencadenar floraciones algales nocivas (FAN) en áreas donde se realiza la pesca artesanal de peces y moluscos de interés comercial en la isla de Margarita, Venezuela.

Palabras clave: FAN, Fitobentos, Microalgas *Ostreopsis*, *Prorocentrum*.

Abstract

Harmful benthic dinoflagellates (HBD) can cause severe poisoning, hence the importance of their study. **Objective:** The composition and abundance of HBD associated with sandy sediments in two beaches from Margarita Island, Venezuela, were evaluated. **Methods:** The microorganisms were collected monthly during January-July 2015, in the subtidal zone from each beach. Surface sea water salinity and temperature were measured. To quantify them was used Uthermol's method and were examined by inverted microscopy. **Results:** 22 species were identified, the most abundant genus was *Prorocentrum* (35%). The total abundance of HBD did not vary between both localities ($P > 0.05$). In Pampatar beach, the monthly variation was evident, the highest values (48 Cel / cm²) occurred in May, as well as by mesh size (30 μm =49 Cel/cm²). No direct relationship was detected between environmental variables and HBD species. On the other hand, in the Barbasco beach, significant differences were detected between the seasons and the mesh size, being thus the highest abundance at the S6 station and at the 30 μm mesh opening (41 Cel/cm² and 36 Cel/cm² respectively). Was not detected correlation between influences of environmental variables on the species of HBD. **Conclusions:** most of species reported in this study have a significant harmful status and they may trigger harmful algal blooms (HAB) where exist an important fishery activities from fishes and shellfish on Margarita Island, Venezuela.

Keywords: HAB, Microalgae, *Ostreopsis*, Phytobenthos, *Prorocentrum*.

¹ Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Isla de Margarita, Venezuela.
e-mail: josealvarezr21@gmail.com

² Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente, Isla de Margarita, Venezuela

Fecha recepción: Septiembre 27, 2016

Fecha aprobación: Abril 7, 2017

Editor Asociado: Torres-Torres M

Introducción

Los sustratos oceánicos, marinos y dulceacuícolas son ambientes adecuados para el crecimiento y desarrollo de diferentes especies de dinoflagelados bentónicos. Estos sustratos poseen gran variabilidad en cuanto a su composición y ubicación. Las diferencias en cada uno de estos ambientes se relacionan con los parámetros fisicoquímicos y ocasionan las variaciones en la composición y abundancia de los dinoflagelados (Okolodkov *et al.* 2014).

En este grupo se encuentran microalgas inocuas y nocivas; de las nocivas hay dos tipos: las productoras de toxinas, que debido a su actividad metabólica llegan a causar afecciones e intoxicaciones graves a organismos en el ecosistema, además de afectar la salud humana (Ciminiello *et al.* 2014), y por otro lado, están las especies productoras de gran biomasa, que pueden producir daños físicos y/o químicos, como por ejemplo: condiciones hipóxicas en el ambiente y bloqueo de branquias en peces entre otras (Aké-Castillo 2011).

La mayoría de las investigaciones sobre floraciones algales nocivas (FAN) están centradas principalmente en dinoflagelados planctónicos (Freer y Vargas-Montero 2003, Herrera-Sepúlveda *et al.* 2008), mientras que poca ha sido la atención recibida para aquellas microalgas asociadas con el bentos (Hoppenrath *et al.* 2014), cuyos requerimientos para originar tales floraciones son distintos. Así, por ejemplo, factores como una alta replicación celular frente a un bajo pastoreo, dispersión o depredación, pueden garantizar el éxito del bloom para los dinoflagelados planctónicos, pero este no es el caso para los bentónicos, los cuales viven en zonas poco profundas y en ambientes bien iluminados donde usualmente existe poca concentración de nutrientes (Fraga *et al.* 2012, Shah *et al.* 2013, Selina *et al.* 2014, Hoppenrath *et al.* 2014).

Los primeros estudios sobre los dinoflagelados asociados con el sedimento arenoso proceden de las islas Británicas (Herdman 1922), Francia (Balech 1956) y Dinamarca (Larsen 1985). El número de investigaciones en los últimos cincuenta años se han incrementado, entre los que se encuentran el trabajo de Gómez y Artigas (2014), quienes reportaron una alta riqueza de especies de dinoflagelados bentónicos asociados con el sedimento de la costa noreste

del Canal Ingles (Francia), evidenciando a su vez, la presencia de dinoflagelados nunca antes descritos en las costas europeas e incluso para el Atlántico: *Ampidiniopsis hexagona* S. A. Yoshimatsu, S. Toriumi y J.D Dodge 2000, *A. rotundata* Hoppenrath y Selina 2012, *A. uroensis* Toriumi, Yoshimatsu y J.D. Dodge 2002 y *Sinophysis minima* M. Selina y Hoppenrath 2004. Por su parte, los sustratos arenosos del Caribe parecen tener más representantes de dinoflagelados que el sustrato fangoso (Delgado *et al.* 2002).

De igual forma, en Venezuela las investigaciones sobre los DBN han cobrado auge en el nororiente del país; en las últimas décadas se han realizado trabajos que abarcan desde su descripción taxonómica y evaluación de la estructura comunitaria de estas microalgas en el archipiélago de Los Roques (Gamboa *et al.* 1994), así como también diversos estudios que involucran la asociación de DBN a una variedad de sustratos como: corales (Cavada 2005), fanerógamas marinas (Solórzano 2007, Valerio-González y Díaz-Ramos 2007, Acosta 2008), moluscos bivalvos (Gómez 2009), macroalgas (Betancourt 2011) y epibiontes del mangle rojo (Marcano 2011). Sin embargo, existe un desconocimiento de la relación de estas microalgas y el sedimento arenoso en esta región venezolana, por lo cual el objetivo de esta investigación fue evaluar la composición y abundancia de dinoflagelados bentónicos nocivos, asociados con este sustrato en dos playas de la isla de Margarita, Venezuela.

Metodología

Área de estudio. Estuvo comprendida por dos playas ubicadas en áreas opuestas del sur de la isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela (Figura 1), una en el extremo occidental y otra en el extremo oriental, las cuales se describen a continuación: playa Pampatar ubicada en el extremo suroriental (10°59'50"N y 63°47'39"W), presenta aguas tranquilas y una temperatura anual media de 23°C. Esta playa forma parte de una zona de interés turístico-pesquero, porque a lo largo de ella están establecidos complejos hoteleros, además de asentamientos que realizan actividad de pesca artesanal (Narváez y López 2008). Por otra parte, playa Barbasco localizada en la península de Macanao, específicamente en la población de Boca del Río, la cual

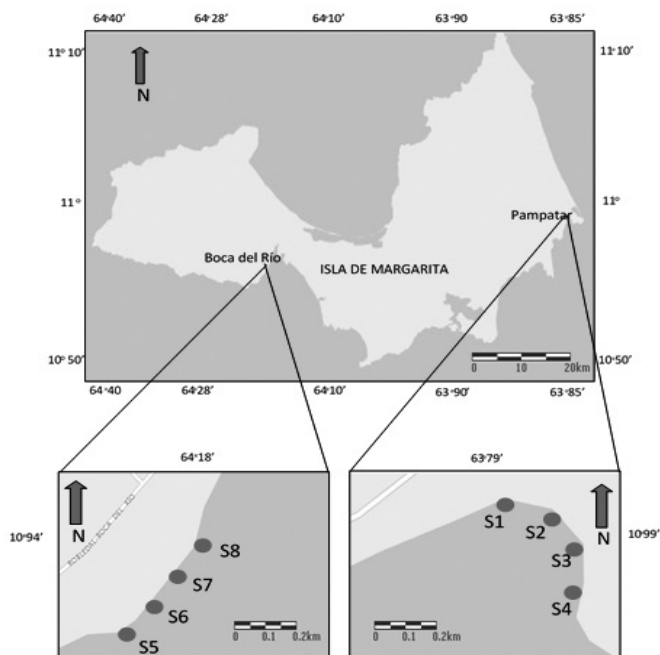


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio, señalando las estaciones de recolección de muestras (círculo gris): playa Pampatar (imagen inferior derecha), y playa Barbasco (imagen inferior izquierda), isla de Margarita, Venezuela.

se encuentra en la región sur-occidental de la isla de Margarita ($10^{\circ}56'40''\text{N}$ y $64^{\circ}11'40''\text{O}$); presenta un sustrato arenoso con parches de fanerógamas marinas (*Thalassia testudinum*), las aguas son claras durante todo el año y presentan un oleaje generalmente suave (Llano *et al.* 2001).

Diseño del muestreo. Se realizaron muestreos mensuales entre enero y julio de 2015, en un área de aproximadamente 600 m^2 (playa Pampatar) y 400 m^2 (playa Barbasco). En cada playa se establecieron cuatro puntos de muestreo, tomando una sola muestra por cada estación.

Trabajo de campo. La temperatura del agua de mar se midió *in situ* con un termómetro de mercurio ($\pm 1^{\circ}\text{C}$). Para los análisis de salinidad, se recolectaron 250 ml de agua en botellas de vidrio con tapa hermética. El procedimiento para la toma de muestras biológicas fue realizado de forma manual, aplicando succión al sedimento arenoso, en un área de barrido de 5 cm^2 , usando jeringas plásticas estériles de 60 ml; estas se fijaron *in situ* con formalina al 4% y dejadas en envases plásticos de 600 ml.

Trabajo de laboratorio. La salinidad fue determinada con un salinómetro de inducción (Digi-Auto T.S-Digital modelo 3-G Tsunami Seichi). Las mues-

tras biológicas se pasaron por tamices de abertura de poro diferentes ($125\ \mu\text{m}$, $60\ \mu\text{m}$ y $30\ \mu\text{m}$); los organismos retenidos en cada tamiz, se almacenaron en botellas de 600 ml, completando el volumen con agua de mar filtrada y fijándose con formalina al 4%.

Identificación de dinoflagelados bentónicos. Con la finalidad de identificar y cuantificar los dinoflagelados, las muestras fueron examinadas en un microscopio invertido (Zeiss Telaval 31), empleando cámaras de sedimentación de fondo móvil (Utermöhl), según lo recomendado por Hasle (1978). Para la identificación se empleó bibliografía especializada (Massuti y Margalef 1950, Fukuyo 1981, Tomas *et al.* 1996, Gómez y Artigas 2014).

Procesamiento de los datos. Los datos de abundancia de células por unidad de volumen (Cel. ml^{-1}) se llevaron a organismos por unidad de área (Cel. cm^2). Así como también fue determinada la abundancia relativa, usando las especies DBN predominantes en el estudio. Para comparar la abundancia de los DBN, se efectuaron análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis (KW) (Zar 1997), considerando como factores individuales a: playas, meses, estaciones (intraplaya) y abertura de poro.

La abundancia de las cuatro especies más características de cada playa, fue representada a partir de gráficos de Lohmann. Por su parte, la afinidad entre las especies se estableció con un análisis de disimilitud de Bray-Curtis, usando un coeficiente de afinidad correspondiente al 50 % para establecer los grupos homogéneos. Asimismo, la relación entre las variables ambientales y la abundancia de las especies más representativas se evaluó con el análisis de correlación simple de Spearman (Zar 1997).

Resultados

Variables ambientales. En playa Pampatar la temperatura varió entre 26°C (enero-febrero) y 29°C (abril), mientras que la salinidad se mantuvo entre 35,5 (junio) y 38,22 (enero). Por otra parte, en playa Barbasco la temperatura osciló entre 26°C (febrero) y 29°C (julio). La salinidad determinada en esta localidad fue de 36,5 (junio y julio) a 39,22 (enero) (Figura 2).

Identificación de los dinoflagelados bentónicos. De 168 muestras analizadas, se identificaron 22 especies, distribuidas en nueve géneros (Tabla 1).

Tabla 1. Especies de dinoflagelados bentónicos nocivos identificados en dos playas del sur de la isla de Margarita, Venezuela, durante el período enero-julio de 2015

Especies	Playa	
	Pampatar	Playa Barbasco
<i>Prorocentrum lima</i> Dodge, 1985	X	X
<i>Prorocentrum mexicanum</i> Tafall, 1942	X	X
<i>Prorocentrum compressum</i> Dodge, 1975	X	X
<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein, 1893	X	
<i>Prorocentrum gracile</i> Schutt, 1895	X	X
<i>Prorocentrum concavum</i> Fukuyo, 1981		X
<i>Prorocentrum emargenatum</i> Fukuyo, 1981	X	X
<i>Prorocentrum belizeanum</i> Faust, 1993	X	
<i>Ostreopsis ovata</i> Fukuyo, 1981	X	X
<i>Ostreopsis siamensis</i> Schmidt, 1901	X	X
<i>Ostreopsis lenticularis</i> Fukuyo, 1981	X	X
<i>Protoberidinium pallidum</i> Balech, 1973	X	X
<i>Protoberidinium brevipes</i> Paulsen, 1908	X	X
<i>Protoberidinium punctulatum</i> Paulsen, 1907	X	
<i>Protoberidinium conicum</i> Balech, 1974	X	X
<i>Protoberidinium oceanicum</i> Vanhoffen, 1897		X
<i>Protoberidinium depressum</i> Balech, 1974		X
<i>Amphidiniopsis swedmarkii</i> Dodge, 1982	X	X
<i>Amphidinium Carterae</i> Hulburt, 1957	X	
<i>Dinophysi</i> ssp. Ehrenberg, 1839	X	
<i>Coolia</i> sp., Meunier, 1919	X	X
<i>Sinophysis stenosoma</i> Hoppenrath, 2000	X	X
<i>Amphidiniella</i> sp. Horiguchi, 1995		X

Presencia de DBN durante el período de estudio y abundancia entre playas. *Prorocentrum lima* Dodge, 1985, *Prorocentrum compressum* Dodge, 1975 y *Prorocentrum mexicanum* Tafall, 1942 estuvieron presentes durante todo el período de estudio en ambas playas y por eso son consideradas las especies frecuentes. Mientras que *Ostreopsis ovata* Fukuyo, 1981 y *Ostreopsis siamensis* Schmidt, 1901 se observaron entre febrero y mayo, la primera especie en playa Pampatar y la segunda en Barbasco (Figura 3). El resto de las especies tuvieron una aparición ocasional durante el estudio. La abundancia total de DBN fue homogénea con respecto a las localidades de muestreo ($W=37$, $p>0,05$). De las especies mencionadas antes, solo *P. compressum* ($W=359$, $p<0,05$) presentó una distribución desigual, notándose más abundancia en

playa Barbasco (Figura 4). Con respecto al diámetro del poro del tamiz, las abundancias de *P. lima* ($K-W=1,48$, $p>0,05$), *P. mexicanum* ($K-W=0,84$, $p>0,05$), *P. compressum* ($K-W=0,27$, $p>0,05$) y *O. ovata* ($K-W=2,14$; $p>0,05$) mostraron un patrón similar (Figura 5).

Playa Pampatar. La abundancia promedio fue 37,8 Cel/cm². Respecto a la variación mensual la mayor abundancia se observó en el mes de mayo y la mínima en junio (48 y 13 Cel/cm² respectivamente; $K=14,38$, $p<0,05$). Mientras que entre estaciones la distribución fue homogénea ($KW=2,06$, $p>0,05$), observándose promedios similares (Figura 6, A-C). Por su parte, de acuerdo con el tamaño de poro del tamiz utilizado, el comportamiento de la abundancia fue inverso al diámetro ($KW=10,07$, $p<0,05$). Los

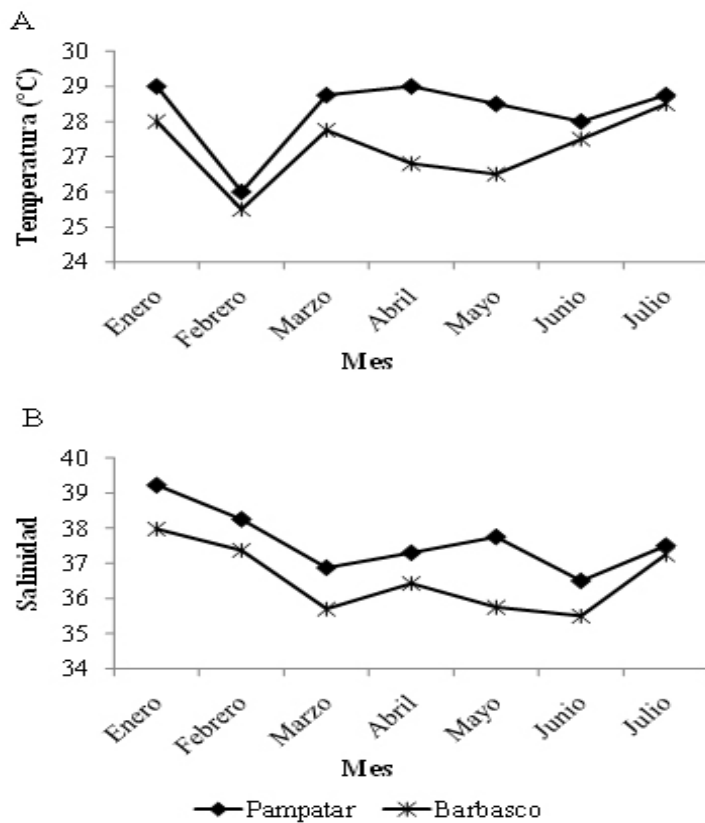


Figura 2. Variación promedio mensual de la temperatura (A) y salinidad (B) del agua de mar superficial en las playas Pampatar y Barbasco, isla de Margarita, Venezuela, durante el período enero-julio de 2015.

valores máximos estuvieron asociados con la abertura de 30 μm (33 Cel/cm²) y los mínimos a la malla de 125 μm (18 Cel/cm²).

Playa Barbasco. La abundancia promedio fue 39,3 Cel/cm². No se detectaron variaciones mensuales en la abundancia total de DBN (KW=11,64, $p>0,05$). En contraste, espacialmente las estaciones S5 y S6, ubicadas en el sector occidental, presentaron mayor abundancia que el resto del ecosistema (KW=15, $p<0,05$), obteniéndose 33 y 41 Cel/cm² respectivamente.

La abundancia por abertura de malla fue similar a la observada en playa Pampatar (inverso al diámetro) (KW=13,33, $p<0,05$). Los mayores promedios (49 Cel/cm²) fueron registrados en el tamiz de 30 μm y los mínimos (18 Cel/cm²) en el de 125 μm (Figura 6, D-F).

Afinidad entre las especies y correlación de estas con las variables ambientales. El análisis de afinidad entre las especies reflejó la presencia de dos grupos para ambas localidades con un nivel de similitud del 50%. Independiente de la playa, *P. lima*, *P. mexicanum* y *P. com-*

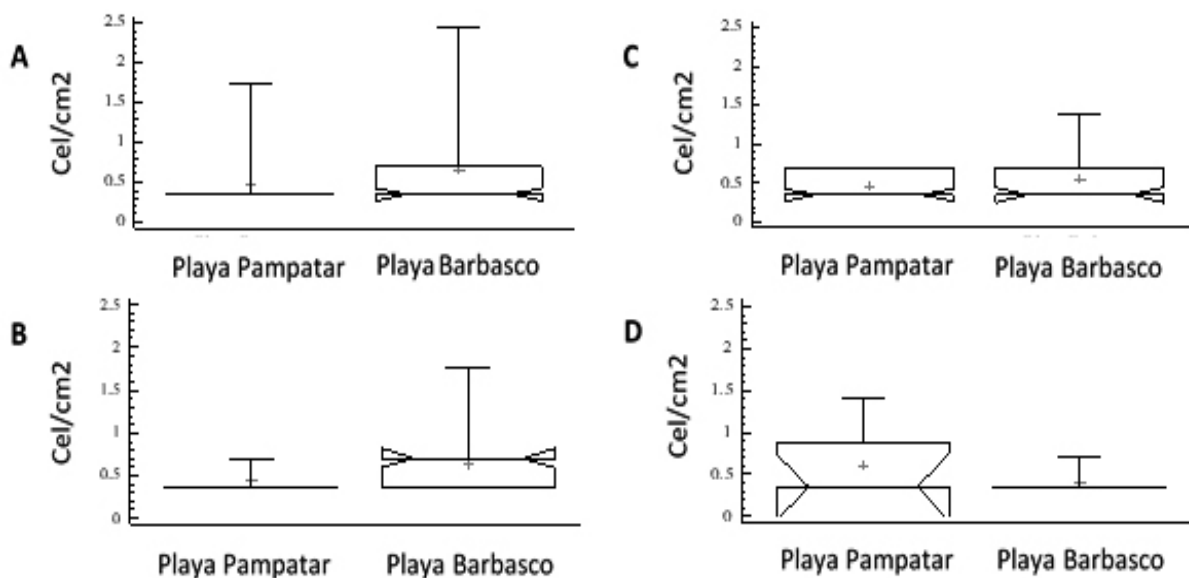


Figura 3. Variación local de la abundancia (Cel/cm²) de las especies más representativas de dinoflagelados bentónicos nocivos: *Prorocentrum lima* (A), *Prorocentrum compressum* (B), *Prorocentrum mexicanum* (C), *Ostreopsis ovata* (D), en playa Pampatar y playa Barbasco, isla de Margarita, Venezuela, en el período enero-julio 2015.

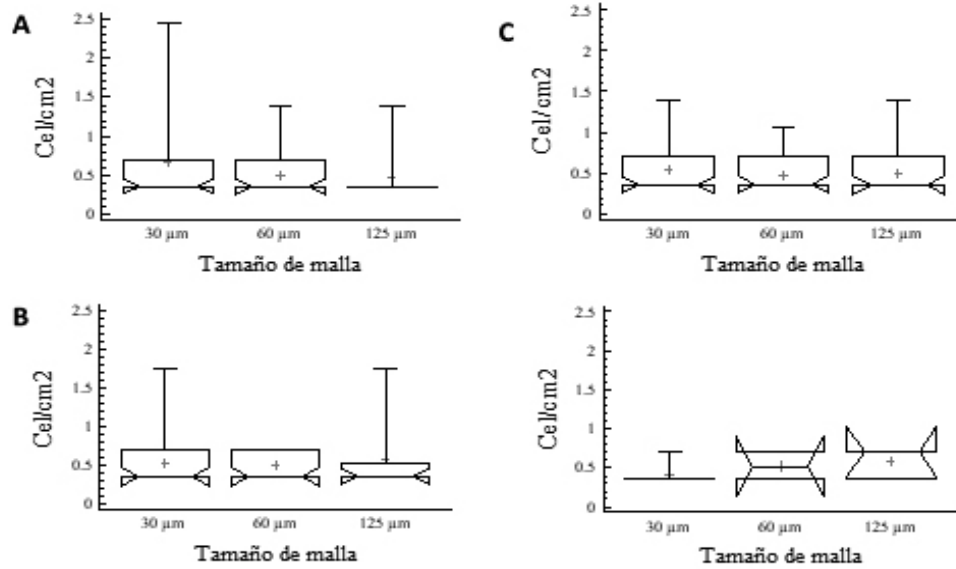


Figura 4. Variación por tamaño de malla de las especies más representativas de dinoflagelados bentónicos nocivos (Cel/cm²): *Prorocentrum lima* (A), *Prorocentrum compressum* (B), *Prorocentrum mexicanum* (C), *Ostreopsis ovata* (D), en dos playas del sur la isla de Margarita, Venezuela, durante el período enero-julio 2015.

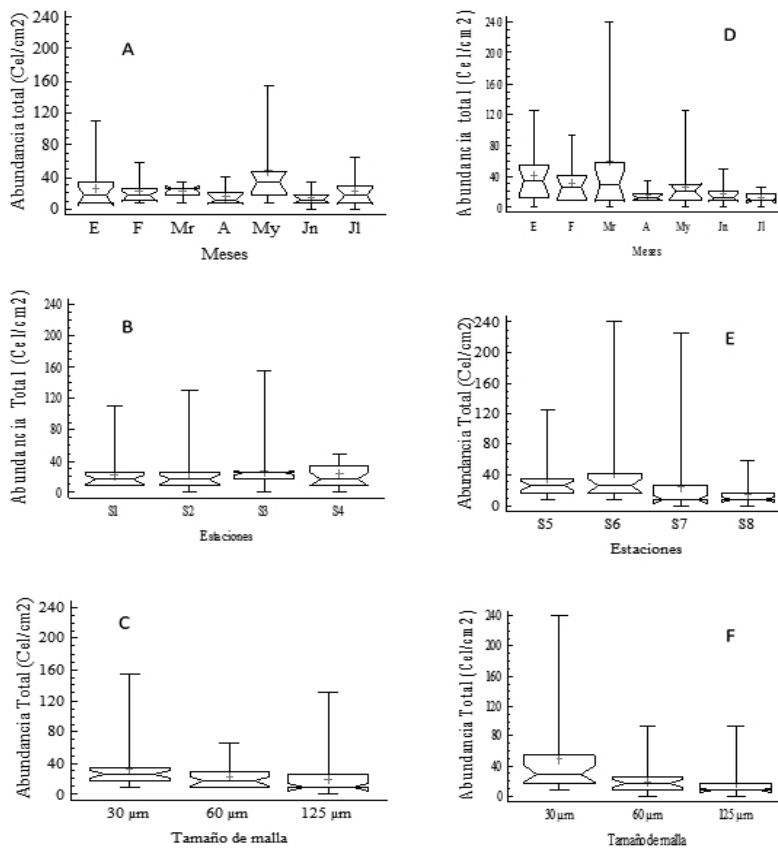


Figura 5. Abundancia total mensual (A), por estación (B) y por tamaño de malla (C) de dinoflagelados bentónicos nocivos (Cel/cm²) de DBN en playa Pampatar. Abundancia total mensual (D), por estación (E) y por tamaño de malla (F) de dinoflagelados bentónicos nocivos (Cel/cm²) de DBN en playa Barbasco, isla de Margarita, Venezuela, durante el período enero-julio de 2015.

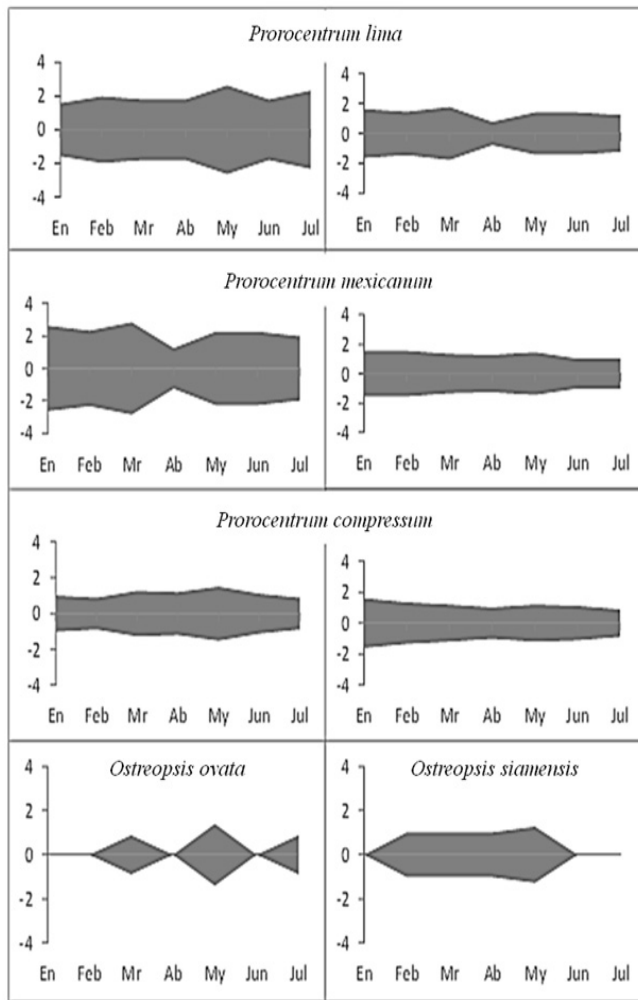


Figura 6. Representación de Lohmann para las especies más frecuentes y abundantes de dinoflagelados bentónicos nocivos en playa Pampatar (Izq) y playa Barbasco (der), isla de Margarita, Venezuela, durante el período enero-julio de 2015.

pressum se mantuvieron en el mismo grupo. Por su parte *O. ovata* y *Protoperidinium brevipes* Paulsen, 1908 siempre estuvieron asociados; este comportamiento también fue

observado entre *Prorocentrum emarginatum* Fukuyo, 1981 y *O. siamensis* (Figura 7). La asociación de estas dos últimas especies fue la principal diferencia entre ambos ecosistemas, porque en Pampatar estuvieron incorporadas al grupo de especies menos frecuentes (grupo II), mientras que en Barbasco se integraron a las especies más frecuentes (grupo I).

El análisis de correlación reveló que las variables ambientales evaluadas no influyeron en la presencia de los DBN (Tabla 2), solo se observó que la disminución de la temperatura favorece la presencia de *O. siamensis*.

Discusión

Variables ambientales. La temperatura del agua registrada durante el estudio en las playas Pampatar y Barbasco, evidenció la influencia de la surgencia costera que afecta la costa nor-oriental del país durante los primeros meses del año. El rango de temperatura (26-29 °C), fue similar al reportado por Solórzano (2007), en la bahía de Boca del Río, quien indicó que esta variable puede estar afectada por los vientos alisios del noreste durante los meses de surgencia costera, la cual se caracteriza por presentar bajos niveles de temperatura y altos niveles de salinidad y nutrientes (Castellanos *et al.* 2000). Respecto a la salinidad, además de la surgencia costera, la intensa irradiación solar de la zona y la escasa profundidad de ambas playas favorecen la evaporación (Bonells *et al.* 1990), esto aunado a las escasas precipitaciones (Valdez-Holguín 1994) contribuye al incremento de esta variable. Los valores mínimos

Tabla 2. Análisis de correlación de Spearman de las variables ambientales con las principales especies presentes en playa Pampatar y Barbasco

Especies	Temperatura	Salinidad
<i>Prorocentrum lima</i> Dodge, 1985	-0,1232	-0,1319
<i>Prorocentrum compressum</i> Dodge, 1975	0,0911	0,2249
<i>Prorocentrum mexicanum</i> Tafall, 1942	-0,1994	-0,0924
<i>Ostreopsis ovata</i> Fukuyo, 1981	0,1596	0,1805
<i>Ostreopsis siamensis</i> Schmidt, 1901	-0,3008*	-0,2505

* Denota diferencias significativas (p<0,05)

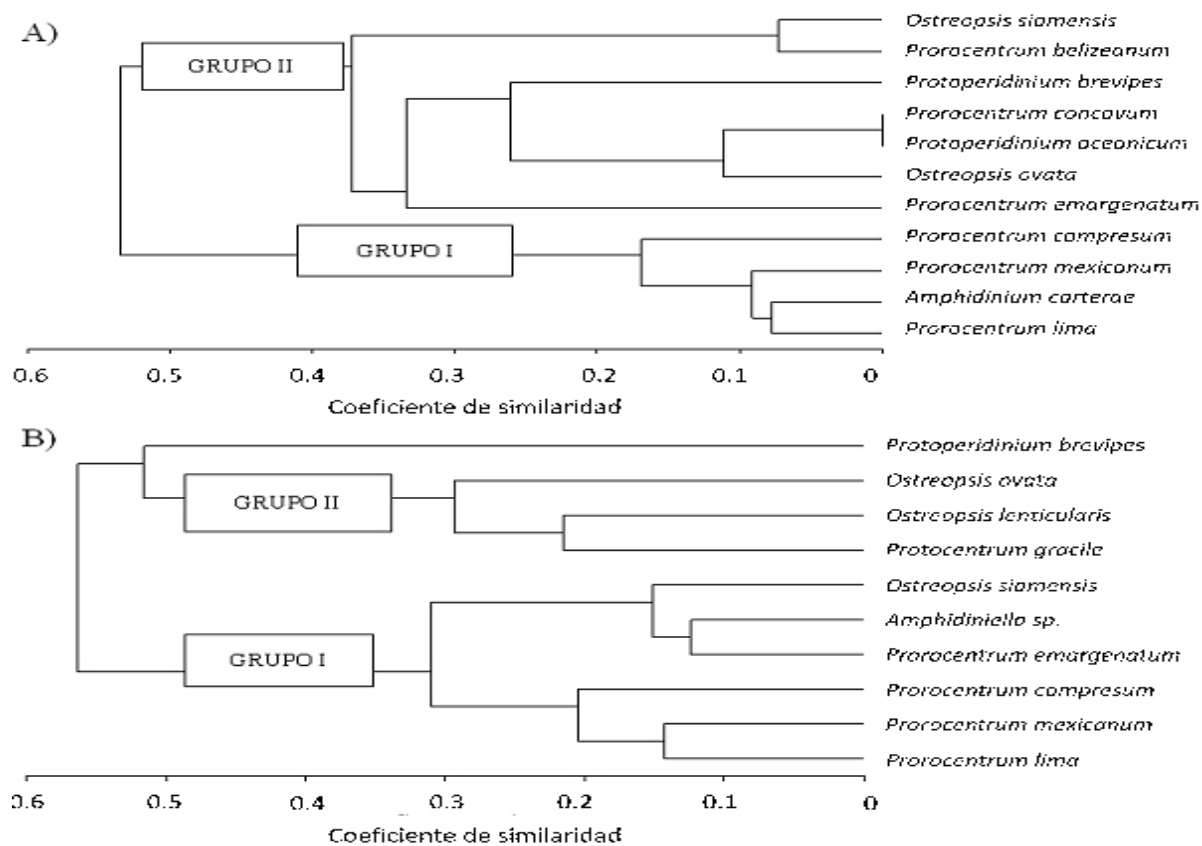


Figura 7. Dendrograma de Bray-curtis para el análisis de clasificación (Cluster) de las especies de dinoflagelados bentónicos nocivos en playa Pampatar (A) y playa Barbasco (B), isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo enero-julio de 2015.

de salinidad estuvieron asociados con fuertes precipitaciones que se presentaron durante el mes de junio.

Identificación de los dinoflagelados bentónicos.

Los resultados mostraron que los dinoflagelados bentónicos nocivos estuvieron presentes en las dos playas estudiadas; el género *Prorocentrum* mostró las mayores abundancias, tanto en el número de especies como en la ocurrencia de las mismas en el sedimento arenoso, concordando con lo obtenido por Almazan-Becerril *et al.* (2012), quienes reportaron 16 especies bentónicas de este género (70% del total), en el arrecife mesoamericano del Caribe Mexicano. La presencia de *Prorocentrum* en varias partes del mundo (Mohammad-Noor *et al.* 2004, Delgado *et al.* 2006), incluyendo a la región Nororiental de Venezuela (Cavada 2005, Solórzano 2007, Valerio-González y Díaz-Ramos 2007, Acosta 2008, Gómez 2009, Betancourt 2011, Marcano 2011, Mosquera 2012, Navarro-Vargas *et al.* 2014), indican la flexibilidad de adaptación a diversos sustratos.

P. lima fue la especie más abundante y frecuente, observada en el 90% de las muestras, ratificando su carácter cosmopolita (Vila *et al.* 2001), lo cual se explica por el alto grado de polimorfismo que puede presentar según las características hidrográficas del hábitat, tal condición le permite adaptarse a una diversidad de ambientes tanto en el bentos como de forma epífita (Tan *et al.* 2013, Navarro-Vargas *et al.* 2014). La presencia y abundancia de *P. lima* en ambas localidades estudiadas es motivo de consideración, ya que se ha planteado como una especie nociva, y esto causa inquietud sobre los posibles problemas de salud pública.

En todo el periodo de estudio también fueron registrados *P. compressum* y *P. mexicanum*, frecuencia que coincide con algunas investigaciones para el Caribe (Almazán-Becerril 2012, Orduña-Medrano 2012) y la región nororiental de Venezuela (Marcano 2011, Betancourt 2011). Ambas especies son consideradas formadoras de florecimientos algales nocivos (Mu-

ciño-Márquez *et al.* 2011). Aunque *P. compressum* no es tóxica, posee estatus nocivo, debido a que su proliferación excesiva genera anoxia y por lo tanto asfixia a los organismos acuáticos. Mientras, que *P. mexicanum* produce toxinas y puede estar en asociación con otros dinoflagelados tóxicos, elevando los niveles de toxicidad del agua (Herrera 2003).

Por su parte, el género *Ostreopsis* también estuvo presente en este estudio, no tan abundante como es el caso de *Prorocentrum*. Sin embargo esta condición no le resta importancia, porque también se han descrito como microalgas con capacidad de generar eventos nocivos o tóxicos en el ambiente marino-costero tanto en latitudes templadas como tropicales (Moreira 2010). En especial para el Caribe *O. ovata* y *O. siamensis* han causado grandes estragos a las comunidades pesqueras de la zona, así como también daños a la salud pública, a menudo fatales debido a la producción de toxinas (Delgado *et al.* 2006). Las especies del género *Ostreopsis* antes mencionadas, se presentaron a partir del segundo mes de muestreo, disminuyendo durante junio y julio, debido a las fuertes precipitaciones en las zonas de estudio. Moreira (2010) observó en la isla de Cuba resultados similares y explica que estas microalgas fueron más activas en la época seca pero al iniciar el período lluvioso sus densidades disminuyeron, concluyendo que las precipitaciones no solo afectan las comunidades bentónicas sino también al sedimento que sirve de albergue a los dinoflagelados.

Los géneros *Dinophysis* y *Protooperidinium*, que son principalmente planctónicos (Okolodkov 2008), tuvieron una presencia eventual. *Dinophysis* sp. se observó los primeros meses del año coincidiendo con lo reportado por Parra-Ortiz *et al.* (2011), quienes observaron diversas especies de *Dhinophysis* en el sistema arrecifal Veracruzano en México, teniendo relación con los frentes fríos para esa época del año. En cuanto a los integrantes del género *Protooperidinium*, estos pueden presentar una ecología variable, la cual puede estar influida, a su vez, por el tipo de alimento; por lo general, los principales ítems alimenticios de las especies de *Protooperidinium* son diatomeas y otros dinoflagelados (Gribble *et al.* 2007); esto puede explicar la presencia de varias especies, ya que al ser microalgas características de la columna de agua, lograron colonizar el sustrato arenoso en las playas (Saburova *et al.* 2009).

Presencia de DBN durante el período de estudio y abundancia entre playas. El promedio total de DBN asociados con el sedimento para las playas objeto de estudio fue similar al registrado por Al-Has y Mohammad-Noor (2011) e inferior al obtenido por Gómez y Artigas (2014). Estos resultados están influidos probablemente, por los diferentes tipos de sedimentos, la ubicación geográfica de cada ambiente, así como por los métodos de muestreos empleados para cada una de ellas (Solórzano 2007). La ubicación geográfica y composición sedimentaria en ambas playas fue similar, lo que puede explicar la homogeneidad con respecto a la abundancia total de DBN. Por otro lado, se observó durante esta investigación, que la abundancia de los dinoflagelados y su fluctuación temporal no variaron entre las playas, probablemente debido a que a pesar de la distancia entre ellas, las características sedimentológicas (principalmente arenas gruesas y medias) e hidrodinámicas son similares (Morton y Tindall 1996).

Playa Pampatar. En el caso de esta playa, las variaciones temporales en la abundancia de DBN observadas, pueden explicarse por su ubicación geográfica (zona suroriental de la isla de Margarita), la cual está influida por el proceso de surgencia costera, observándose los mayores valores en mayo, coincidiendo con la relajación de la surgencia que ocurre en ese mes (Castellanos *et al.* 2000), mientras que espacialmente la distribución fue homogénea. Esta playa presenta una fuerte influencia turística por lo que existen descargas de aguas servidas provenientes de complejos hoteleros y restaurantes que van a parar a la playa, alterando posiblemente la composición fisicoquímica del agua y la estabilidad del sedimento, afectando quizás la reproducción y crecimiento de los dinoflagelados (Grzebyk *et al.* 1994, Seguel *et al.* 2010), siendo determinantes en el aumento o disminución de los mismos (Orduña-Medrano 2012). Respecto al tamaño del poro, la mayor cantidad de organismos fue observada en el tamiz de 30 μm , así también lo reportaron Al-Has y Mahammad-Noor (2011) quienes identificaron 16 especies de DBN asociados con gránulos de sedimento arenoso en la fracción de 20 μm ; este comportamiento también fue referido por Orduña-Medrano (2012). Según Navarro-Vargas *et al.* (2014), a medida que la muestra se decanta y alcanza los tamices de menor tamaño de poro (20-30 μm) se obtienen las mayores proporciones de dinoflagelados

en comparación a si se emplean mallas de mayor apertura de poro; esto se explica porque cuando se realizan muestreos para el estudio de dinoflagelados bentónicos no solo se recolectan estos organismos, sino también restos orgánicos, macroalgas, pastos y gránulos de arena gruesa. Entonces, los primeros tamices sirven para separar el material particulado y orgánico de los DBN (Orduña-Medrano 2012).

Playa Barbasco. La variaciones espaciales en la abundancia de DBN en playa Barbasco, parece estar relacionada con las actividades humanas realizadas en cada estación y la presencia de comunidades vegetales. Las estaciones S5 y S6 se encuentran alejadas de los asentamientos de pescadores, además de que estos puntos de muestreo se ubican muy cerca de praderas de fanerógamas marinas (*Thalassia testudinum*), condición que brinda estabilidad al área, mientras que las estaciones S7 y S8, coincidían con asentamientos, así como con el paso de embarcaciones pesqueras, los cuales posiblemente afectan la dinámica de la playa, debido a que se genera turbulencia y esto a su vez resuspensión del sedimento marino, efecto negativo para el desarrollo de los dinoflagelados (Lenzi 2010). En relación con la abundancia de dinoflagelados bentónicos y el tamaño de poro de los tamices, el comportamiento fue similar a playa Pampatar: la mayor abundancia corresponde a la abertura de poro de 30 μm , y tal como se explicó antes, esto es posible porque los primeros tamices sirven para separar el material particulado y orgánico de los DBN (Orduña-Medrano 2012).

Afinidad entre las especies y correlación de estas con las variables ambientales. El índice de afinidad entre las especies permitió separar dos grupos en ambas zonas de estudios, de forma general: el primer grupo lo conformaron las especies más frecuentes en la comunidad de DBN de ambas playas: *P. lima*, *P. mexicanum* y *P. compressum*, microalgas productoras de toxinas. Desde hace algunas décadas se conoce que estas microalgas viven en asociación y que su proliferación masiva es capaz de formar niveles de toxicidad muy elevados, siendo mortales para la flora y fauna donde se desarrollan (Delgado *et al.* 2002, Moreira 2010). El segundo grupo corresponde a las especies con apariciones eventuales.

De acuerdo con el análisis de correlación, la temperatura y la salinidad no influyeron en la abundancia de la mayoría de las especies de DBN asociados con

el sedimento arenoso. Lo anterior probablemente sea el resultado de la estabilidad de estas dos variables en ambientes tropicales, lo cual se refleja en la escasa variación de las mismas en los dos ecosistemas estudiados. Resultados similares fueron observados en la costa mediterránea por Vila *et al.* (2001), quienes explican que la resuspensión de organismos debido a la hidrodinámica local es más importante en la distribución de los DBN que las otras variables ambientales. Solo *O. siamensis* mostró correlación inversa con la temperatura; al respecto Aligizaki y Nikolaidis (2006) observaron que la presencia de esta especie se correspondía con temperaturas entre 13,9°C y 29,7°C, y Mabrouk *et al.* (2012) señalan que el máximo crecimiento de esta especie ocurre a 27°C. Lo anterior sugiere la preferencia de *O. siamensis* por agua con temperatura similar al mínimo registrado en ambas playas. Esta también sería una de las razones por las que entre las dos playas, esta especie se localiza en mayor abundancia en Barbasco, cuya temperatura promedio es 27°C.

Conclusiones

La mayoría de las especies reportadas en este estudio poseen un estatus nocivo y pueden desencadenar floraciones algales tóxicas en el área. Además de ello, considerando también la presencia de especies observadas por primera vez en el área, es preciso la continuidad del estudio y su extensión hacia otras playas de interés turístico y comercial de la región, cubriendo el período de relajación y surgencia costera y enfocándose en zonas donde se ejecute la pesca artesanal, así como también se hace necesaria la realización de estudios toxicológicos porque se ha observado una alta presencia de estos dinoflagelados en ciertas áreas con reportes de eventos nocivos, al menos para el nororiente de Venezuela. De igual forma, es importante la elaboración de planes de seguimiento de estas microalgas para la aplicación a futuro de planes de contingencia en el caso de ocurrencia de FAN en las costas venezolanas.

Literatura citada

Acosta L. 2008. *Dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos asociados a la vegetación acuática sumergida en algunas localidades del Estado Nueva Esparta.* (Trabajo

- de grado). La Asunción: Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente; 38 pp.
- Aké-Castillo JA. 2011. Temporal dynamics of *Trichodesmium erythraeum* (Cyanophyta) in the National Park "Sistema Arrecifal Veracruzano" in the Gulf of Mexico. *J Environ Biol.* 32: 395-9. URL disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22315818>
- Almazán-Becerril A, Rosiles-González G, Escobar-Morales S, Rodríguez-Palacios M, Hernández-Becerril D. 2012. *Dinoflagelados bentónicos del Arrecife Mesoamericano: Caribe Mexicano*. Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto N° HJ033. Yucatán: Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Ciencias del Agua; 28 pp.
- Aligizaki K, Nikolaidis G. 2006. The presence of the potentially toxic genera *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) in the North Aegean Sea, Greece. *Harmful Algae.* 5: 717-30. URL disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988306000345>
- Al-Has A, Mohammad-Noor N. 2011. Identification of marine sand-dwelling dinoflagellates in Dinawan Island, Sabah. *Borneo Sci.* 28: 37-45. URL disponible en: <http://borneoscience.ums.edu.my/wp-content/uploads/2012/03/5-Identification-of-Marine-Sand-Dwelling-Dinoflagellates-in-Dinawan-Island-Sabah.pdf>
- Balech E. 1956. Étude des dinoflagellés du sable de Roscoff. *Rev Algol.* 2: 29-52.
- Betancourt C. 2011. *Dinoflagelados Bentónicos Potencialmente Tóxicos, asociados a macroalgas de dos localidades diferentes en la Península de Macanao, Estado Nueva Esparta*. (Trabajo de Grado). La Asunción: Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente; 53 pp.
- Bonells P, Okuda T, Bonilla B, Gamboa B, Cedeño G. 1990. Algunas características hidrográficas en la región circunvecina a la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol Inst Oceanogr U Oriente.* 29 (1-2):27-41.
- Castellanos P, Valera R, Muller-Karger F. 2000. Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinadas con el sensor infrarrojo AVHRR. *Mem Fund La Salle Cien Nat.* 154: 55-76. URL disponible en: <http://www.fundacionla-salle.org.ve/userfiles/9-Memoria%20154%2055-76.pdf>
- Cavada F. 2005. *Composición, abundancia y estructura comunitaria del microfitorbentos asociado a la comunidad de corales de la Bahía de Puerto Real, Isla Puerto Real, Archipiélago de los Frailes durante el periodo mayo-junio 2004*. (Trabajo de grado). La Asunción: Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente; 70 pp.
- Ciminiello P, Dell'Aversano C, Iacovo D, Fattorusso E, Forino M, Tartaglione L, et al. 2014. First finding of *Ostreopsis* cf. *ovata* toxins in marine aerosols. *Environ Sci Technol.* 48 (6): 3532-40. URL disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24564517>
- Delgado G, Popowski G, Pombo M. 2002. Nuevos registros de dinoflagelados tóxicos en Cuba. *Rev Investig Mar.* 23 (3): 229-232. URL disponible en: <http://biblat.unam.mx/es/revista/revista-de-investigaciones-marinas/articulo/nota-cientifica-nuevos-registros-de-dinoflagelados-toxicos-epibenticos-de-cuba>
- Delgado G, Lechuga C, Popowski G, Troccoli L. 2006. Epiphytic dinoflagellates associated with ciguatera in the northwestern coast of Cuba. *Rev Biol Trop.* (2): 299-310.
- Fraga S, Rodríguez F, Bravo I, Zapata M, Marañón E. 2012. Review of the main ecological features affecting benthic dinoflagellate blooms. *Cryptogam Algol.* 33(2): 171-179. URL disponible en: [DOI: 10.7872/crya.v33.iss2.2011.171](https://doi.org/10.7872/crya.v33.iss2.2011.171)
- Freer E, Vargas-Montero M. 2003. Floraciones algales nocivas en la costa pacífica de Costa Rica: toxicología y sus efectos en el ecosistema y salud pública. *Acta Med. Costarric.* 45 (4): 158-64. URL disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022003000400006
- Fukuyo Y. 1981. Taxonomical study on the benthic dinoflagellates collected in coral reefs. *Bull Jap Soc Sci Fish.* 47 (8): 967-78.
- Gamboa J, Sánchez I, La Barbera A. 1994. Dinoflagelados. (Pyrrophyta) del Archipiélago de los Roques (Venezuela): Familia Prorocentreae y Ostreopsidaceae. Venezuela. *Acta Cient Venez.* 45: 140-52.
- Gómez F, Artigas LF. 2014. High diversity of dinoflagellates in the intertidal sandy sediments of Wimereux (north-east English Channel, France). *J Mar Biol Assoc UK.* 94 (3): 443-57. URL disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0025315413001744>
- Gómez A. 2009. *Dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos asociados a moluscos bivalvos de importancia comercial en algunas localidades del Estado Nueva Esparta*. (Trabajo de grado). La Asunción: Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente; 47 pp.
- Gribble K, Nolan G, Anderson DM. 2007. Biodiversity, biogeography and potential trophic impact of *Protoperidinium* spp. (Dinophyceae) of southwestern coast of Ireland. *J Plankton Res.* 29 (11): 931-47. URL disponible en: <https://academic.oup.com/plankt/article-abstract/29/11/931/1575327>
- Grzebyk D, Berland B, Thomassin B, Bossi C, Amoux A. 1994. Ecology of ciguateric dinoflagellates in the coral reef complex of Mayotte Island (S.W. Indian Ocean). *J Exp Mar Biol Ecol.* 178 (1): 51-66. URL disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022098194902240>
- Hasle GR. 1978. The Inverted Microscope Method. En: Sournia A (ed.) *Phytoplankton Manual*. UNESCO Monographs on oceanographic Methodology 6: 88-96. URL disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000307/030788eo.pdf>
- Herdman E. 1922. Notes on dinoflagellates and other organisms causing discolouration of the sand at Port Erin IV. *Liverpool Biol Soc Proc and Trans.* 38: 75-84.
- Herrera S. 2003. *Informe de mareas rojas. Costas de Yucatán (12/08/03)*. Informe Técnico. Gobierno del Estado de Yucatán, Servicios de Salud de Yucatán, Dirección de Regulación y Fomento Sanitario; 7 pp.
- Herrera-Sepúlveda A, Sierra-Beltrán A, Hernández-Saavedra N. 2008. Floraciones algales nocivas: Perspectivas y estrategias biotecnológicas para su detección. *BioTecnología.* 12 (1): 23-40. URL disponible en: http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2008_1/Floraciones_algales.pdf
- Hoppenrath M, Shauna AM, Chomerat N, Horiguchi T. 2014. Marine benthic dinoflagellates - unveiling their worldwide biodiversity. *Kleine Senckenberg-Reihe.* 54: 44 pp. URL

- disponible en: <http://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510614028>
- Larsen J. 1985. Algal studies of the Danish Wadden Sea II. A taxonomic study of psammobious dinoflagellates. *Opera Bot.* 79: 14-37.
- Lenzi M. 2010. Resuspension of sediment as a method for managing shallow eutrophic lagoons. *J Ecol Nat Environ.* 2 (11): 230-34. URL disponible: http://www.academicjournals.org/article/article1379603520_Lenzi.pdf
- Llano M, Seguías N, Velásquez F, Chaves A, Guevara P, Buitrago F, Salazar C. 2001. *Caracterización oceanográfica y meteorológica del sur de la Isla de Margarita para la elaboración del plan de contingencia de la Planta de suministro de combustible El Guamache*. Informe Técnico N° 266. Caracas: EDIMAR, Fundación La Salle de Ciencias Naturales; 145 pp.
- Mabrouk L, Hamza A, Mahfoudi M, Bradai, M. 2012. Spatial and temporal variations of epiphytic *Ostreopsis siamensis* on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in Mahdia (Tunisia). *Cah Biol Mar.* 53(4): 419-27. URL disponible en: https://www.researchgate.net/publication/285964087_Spatial_and_temporal_variations_of_epiphytic_Ostreopsis_siamensis_on_Posidonia_oceanica_L_Delile_leaves_in_Mahdia_Tunisia
- Marcoano A. 2011. *Dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos asociados a los epibiontes del mangle rojo Rhizophora mangle Linnaeus (1753) en la laguna de la Restinga, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta*. (Trabajo de grado). La Asunción: Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente; 63 pp.
- Massuti M, Margalef R. 1950. *Introducción al estudio de plancton marino*. Barcelona: Instituto de Biología Aplicada de Barcelona; 182 pp.
- Mohammad-Noor N, Daugbjerg N, Moestrup Ø, Anton A. 2004. Marine epibenthic dinoflagellates from Malaysia- a study of live cultures and preserved samples based on light and scanning electron microscopy. *Nord J Bot.* 24 (6): 629-90. URL disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1756-1051.2004.tb01938.x/abstract>
- Moreira A. 2010. *Ostreopsis ovata* Fukuyo y *O. siamensis* Schmidt, dos nuevos registros de dinoflagelados bentónicos tóxicos para Cuba. *Rev Invest Mar.* 31 (2): 96-100.
- Morton SL, Tindall DR. 1996. Determination of okadaic acid content of dinoflagellate cells: a comparison of the HPLC-fluorescent method and two monoclonal antibody ELISA test kits. *Toxicon.* 34 (8): 947-54. URL disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8875781>
- Mosquera C. 2012. *Dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos asociados a macroalgas en la zona costera de Boca del Río durante la relajación 2010 y la surgencia 2011*. (Trabajo de Grado). La Asunción: Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente; 64 pp.
- Muciño-Márquez RE, Figueroa-Torres MG, Gárate-Lizárraga I. 2011. Variación nictemeral del género *Prorocentrum* (Dinophyceae) en la laguna costera Sontecomapan, Veracruz, México. *Rev digital e-bios.* 1 (1): 3-14.
- Narváez N, Del Valle J, López L, Karina M. 2008. *Criterios para un programa de educación turístico-ambiental dirigido a la asociación de pescadores de Pampatar (Asopespa) del municipio Maneiro. Estado Nueva Esparta*. (Trabajo de grado). Venezuela: Universidad de Oriente; 105 pp. URL disponible en: <http://www.repotur.gov.ar/handle/123456789/8269>
- Navarro-Vargas G, Díaz-Ramos JR, Troccoli-Ghinaglia L, Subero-Pina S. 2014. Dinoflagelados epibentónicos presentes en diferentes sustratos en la bahía Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol Inst Oceanogr Venezuela.* 53 (2): 161-70. URL disponible en: <http://www.ojs.udo.edu.ve/index.php/boletiniov/article/view/1595>
- Okolodkov YB. 2008. *Protoperidinium* Bergh (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification. *Act Bot Mex.* 84:93-149. URL disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n84/n84a6.pdf>
- Okolodkov Y, Merino-Virgilio F del C, Aké-Castillo JA, Aguilar-Trujillo A, Espinosa-Matías S, Herrera-Silveira J. 2014. Seasonal changes in epiphytic dinoflagellate assemblages near the northern coast of the Yucatan peninsula, Gulf of México. *Acta Bot Mex.* 107: 121-51. URL disponible en: https://www.researchgate.net/publication/261172042_Seasonal_changes_in_epiphytic_dinoflagellate_assemblages_near_the_northern_coast_of_Yucatan_Peninsula_Gulf_of_Mexico
- Orduña-Medrano RS. 2012. *Patrones de distribución y abundancia del fitoplancton nocivo en la zona costera de Tuxpan Veracruz, México*. (Tesis de maestría). Tuxpan: Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana; 200 pp. URL disponible en: <https://www.uv.mx/pozarica/mmenc/files/2012/10/ROSA-ESTELA-ORDUNA-MEDRANO.pdf>
- Parra-Toriz D, Ramírez-Rodríguez MdeLA, Hernández-Becerril DU. 2011. Dinoflagelados (Dinophyta) de los órdenes Prorocentrales y Dinophysiales del sistema arrecifal veracruzano, México. *Rev Biol Trop.* 59 (1): 501-14. URL disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000100043
- Saburova M, Al-Yamani F, Polikarpov I. 2009. Biodiversity of free-living flagellates in Kuwait's intertidal sediments. *Biorisk.* 3: 97-110.
- Seguel M, Sfeir A, Albornoz V. 2010. Floraciones de microalgas tóxicas en la región de Aysén y su relación con larvas de peces. *Cienc Tecnol Mar.* 33 (1): 31-42. URL disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62415489003>
- Selina MS, Morozova TV, Vyshkvartsev DI, Orlova TY. 2014. Seasonal dynamics and spatial distribution of epiphytic dinoflagellates in Peter the Great Bay (Sea of Japan) with special emphasis on *Ostreopsis* species. *Harmful Algae.* 32: 1-10.
- Shah MR, An SJ, Lee JB. 2013. Presence of benthic dinoflagellates around coastal waters of Jeju Island including newly recorded species. *J Ecol Environ.* 36 (4): 347-70. URL disponible en: http://www.koreascience.or.kr/article/ArticleFullRecord.jsp?cn=STHHCL_2013_v36n4_347
- Solórzano R. 2007. *Variabilidad quincenal de dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos asociados a Thalassia testudinum (König, 1805), en una Estación Costera de*

- Boca de Rio, (diciembre 2003 - mayo 2004)*. (Trabajo de grado). La Asunción: Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente; 54 pp.
- Tan TH, Lim PT, Mujahid A, Usup G, Leaw CP. 2013. Benthic harmful dinoflagellate assemblages in a fringing reef of Sampadi Island, Sarawak, Malaysia. *Mar Res Indones.* 38 (2): 77-87.
- Tomas CR, Hasle GR, Syvertsen EE, Steidinger KA, Tangen K. 1996. *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press, California, USA; 598 pp.
- Valdez-Holguin JE. 1994. Variaciones diarias de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila a, en una laguna hipersalina del Golfo de California. *Cien. Mar.* 20 (2): 123-37. URL disponible en: <http://www.redalyc.org/html/480/48020201/>
- Valerio-González L, Díaz-Ramos, J. 2007. Dinoflagelados epífitos potencialmente tóxicos presentes en praderas de *Thalassia testudinum* en las costas nororientales de Venezuela. *Rev Fac Agron (LUZ)*. 24 (1): 39-43. URL disponible en: <http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/12269/12257>
- Vila M, Garcés E, Masó M. 2001. Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. *Aquat Microb Ecol.* 26: 51-60. URL disponible en: <http://www.int-res.com/articles/ame/26/a026p051.pdf>
- Zar JH. 1997. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall; 662 pp.