



BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

CARACTERIZACIÓN DEL PASO PORTACHUELO DE RANCHO GRANDE COMO RUTA MIGRATORIA DE AVES EN EL PARQUE NACIONAL HENRI PITTIER, VENEZUELA. <i>Alberto Fernández-Badillo, Gregorio Ulloa Mota y Ernesto Fernández Badillo.....</i>	96
ANÁLISIS DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA DE AIRE ACONDICIONADO Y SU POTENCIAL DE USO. <i>Marcos Bitter, Alberto Jiménez y Ricardo Bitter.....</i>	125
MODELAJE DE LA INTERACCIÓN ENTRE EL HUMEDAL RAMSAR LAGUNA DE LA RESTINGA (ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA) Y EL MAR CARIBE. <i>Adara Daleska González-Hernández y Fabiola López-Monroy.....</i>	145
DINOFLAGELADOS EPIBENTÓNICOS ASOCIADOS A VEGETACIÓN SUMERGIDA EN UNA PLAYA DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE LA RESTINGA, VENEZUELA. <i>Dilcia Morales-Benavides, Lorelys Valerio-González, Yuraima García-González y Pedro Rodríguez-Rodríguez.....</i>	164
INSTRUCCIONES A LOS AUTORES.....	184
INSTRUCTIONS FOR AUTHORS.....	194

Vol.54, N^o 2, Julio-Diciembre 2020

UNA REVISTA INTERNACIONAL DE BIOLOGÍA
PUBLICADA POR LA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA, MARACAIBO,
VENEZUELA



Dinoflagelados epibentónicos asociados a vegetación sumergida en una playa del Parque Nacional laguna de La Restinga, Venezuela.

Dilcia Morales-Benavides¹, Lorelys Valerio-González^{1*} Yuraima García-González¹, Pedro Rodríguez- Rodríguez¹

¹ Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Isla de Margarita, Venezuela.

E-mail: dilciamorales01@gmail.com, lorelysvalerio@gmail.com*, pedro.r34@hotmail.com

(*): Autor de correspondencia.

RESUMEN

La importancia de los dinoflagelados epibentónicos en los ambientes tropicales radica en la gran plasticidad que presentan, hallándose adheridos a una gran variedad de sustratos como lo son las macroalgas y pastos marinos. Por esta razón y por su capacidad de producir toxinas, aunado al papel que juegan en la transferencia y captación de energía en las redes tróficas, se planteó determinar la preferencia de estas microalgas por los sustratos macroalgales y la fanerógama *Thalassia testudinum* (K. D. Koenig 1805). La recolección de las muestras se realizó mensualmente durante el periodo octubre 2016- septiembre 2017 en cuatro estaciones en una playa ubicada dentro de los límites del Parque Nacional Laguna de La Restinga. Los dinoflagelados fueron separados de los sustratos recolectados y fijados con formalina al 10%. A través del método de Utermöhl se calculó la abundancia celular; la preferencia por los sustratos se determinó a través de pruebas PERMANOVA, análisis de clasificación (Cluster) basado en el índice de Bray-Curtisy una rutina SIMPER. Se observaron diferencias significativas en la abundancia de dinoflagelados entre los phyla macroalgales y la fanerógama, presentándose las mayores densidades en el phylum Rhodophyta (1019.99 ±1171.44 cél./g peso seco), específicamente en las algas del género *Hypnea* (976.428 ±1289.73 cél./g peso seco). La preferencia de los dinoflagelados por estas algas puede deberse a las características anatómicas y morfológicas que presentan, debido a que proporcionan una mayor superficie de adhesión para los mismos.

Palabras clave: microalgas tóxicas; macrófitas; intoxicaciones; floraciones algales; Isla de Margarita.

Epibenthic dinoflagellates associated with submerged vegetation on a beach in La Restinga Lagoon National Park, Venezuela.

ABSTRACT

The importance of epibenthic dinoflagellates in tropical environments lies in the great plasticity they present, being attached to a variety of substrates such as macroalgae and sea grasses. For this reason and because of their capacity to produce toxins, together with the role they play in the transfer and capture of energy in the trophic networks, it was proposed to determine the preference of these microalgae for macroalgal substrates and the phanerogam *Thalassia testudinum* (K. D. Koenig 1805). The samples were collected monthly during the period October 2016- September 2017 in four seasons on a beach located within the limits of lagoon of La Restinga National Park. The dinoflagellates were separated from the collected substrates and fixed with 10% formalin. Through the Utermöhl method the cell abundance was calculated; the preference for substrates was determined through PERMANOVA tests, cluster analysis based on the Bray-Curtis index and a SIMPER routine. Significant differences were observed in the abundance of dinoflagellates between phyla macroalgal and phanerogam, with the highest densities occurring in the phylum Rhodophyta (1019.99 ± 1171.44 cel./g dry weight), specifically in algae of the genus *Hypnea* (976.428 ± 1289.73 cel./g dry weight). The preference of dinoflagellates for these algae may be due to their anatomical and morphological characteristics, since they provide a greater adhesion surface for them.

Key words: toxic microalgae; macrophytes; intoxications; algae blooms; Margarita Island.

Recibido / Received: 13-10-2020 ~ **Aceptado / Accepted:** 30-11-2020

INTRODUCCIÓN

La importancia de los dinoflagelados epibentónicos en los ambientes tropicales radica en la gran plasticidad que presentan, ya que pueden adherirse a diferentes sustratos como arrecifes de coral, sedimento, detrito flotante y como epífitos de macroalgas y pastos marinos. No obstante, se ha señalado que estos organismos desarrollan cierta preferencia por aquellos sustratos que ofrecen condiciones favorables para su proliferación (Almazán-Becerril *et al.* 2015).

En el caso particular de la interacción de los dinoflagelados con las macroalgas y pastos marinos, se han realizado números estudios a nivel mundial, siendo algunos de ellos los trabajos de Vila *et al.* (2001) en el Mediterráneo Noroccidental, Vargas-Montero *et al.* (2012) en Costa Rica, Aguilar-Trujillo *et al.* (2014) y Almazán-Becerril *et al.* (2015) en México, Arbeláez *et al.* (2017) en el Caribe colombiano, Yong *et al.* (2018) en Malasia y Boisnoir *et al.* (2019) en las Antillas Menores en el Mar Caribe.

En Venezuela, también se han llevado a cabo investigaciones sobre dicha asociación, destacando los trabajos en el estado Nueva Esparta de Solórzano (2006), Betancourt (2011) y Mosquera (2012), así como los referentes al estado Sucre por Valerio y Díaz (2008) y Navarro-Vargas et al. (2014).

Actualmente en el Caribe, los dinoflagelados epibentónicos han sido focos de gran interés, debido a que en repetidas ocasiones han derivado en pérdidas económicas para las pesquerías, acuicultura y el turismo, conociéndose hoy en día cerca de 81 especies de dinoflagelados productores de toxinas, las cuales pueden llegar al ser humano a través de las redes tróficas mediante el consumo de moluscos, crustáceos y peces, que se nutren directa o indirectamente de estos microorganismos (Maciel-Baltazar 2015). Las formas de intoxicación más comunes por vía de estas microalgas son: intoxicación paralizante, diarreica, neurotóxica y amnésica por consumos de mariscos (PSP, DSP, NSP y ASP, respectivamente), además del envenenamiento por ciguatera, las cuales son causadas por toxinas producidas principalmente por las especies pertenecientes a los géneros *Gambierdiscus* (Adachi y Fukuyo 1979), *Ostreopsis* (J. Schmidt 1901), *Prorocentrum* (Ehrenberg 1834) y *Coolia* (Meunier 1919) (Delgado et al. 2006, Navarro-Vargas et al. 2014, Lassus et al. 2016, Arbeláez 2017).

Debido al papel esencial que juegan estas microalgas tóxicas en la transferencia y captación de energía en las redes tróficas, la preferencia por algún sustrato particular y su capacidad de producir toxinas que pueden afectar a los organismos marinos y a la salud humana, se plantea como objetivo determinar la preferencia de los dinoflagelados epibentónicos por los sustratos macroalgales y la fanerógama marina *Thalassia testudinum* (K. D. Koenig 1805), en una playa ubicada dentro de los límites del Parque Nacional Laguna de La Restinga, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se seleccionaron cuatro sitios de muestreo en playa La Maceta, ubicada específicamente dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga, en Boca del Río, península de Macanao, Isla de Margarita, Venezuela (entre los 10°56'9,30" N; 64°10'26.14" O y 10°58'4.96" N; 64°10'33.11" O), cuya extensión aproximada es de 300 m (Fig. 1). La zona presenta una gran variedad de ambientes, siendo los más resaltantes los bosques de manglar y las praderas de *T. testudinum*, al mismo tiempo, exhibe fondos fangosos, rocosos, arenosos y la combinación de estos.

Trabajo de Campo

Los muestreos se realizaron mensualmente entre octubre de 2016 y septiembre del 2017. En cada estación se tomaron aproximadamente entre 5-20 g de macroalgas (Chlorophyta, Heterokontophyta y Rhodophyta) y el pasto marino *T. testudinum* a 1 m de profundidad, las muestras fueron recolectadas de forma separada en bolsas plásticas con cierre hermético, para luego ser trasladadas al Laboratorio de Productividad

Primaria del IIC de la UDONE.

Una porción de las macroalgas se utilizó para su identificación de acuerdo a los criterios de Dawes y Mathieson (2008), Fernández y Pérez (2009) y Velázquez y Rodríguez (2012); y el resto de las muestras (pastos y macroalgas) se usaron para determinar la presencia y cuantificación de los dinoflagelados bentónicos.

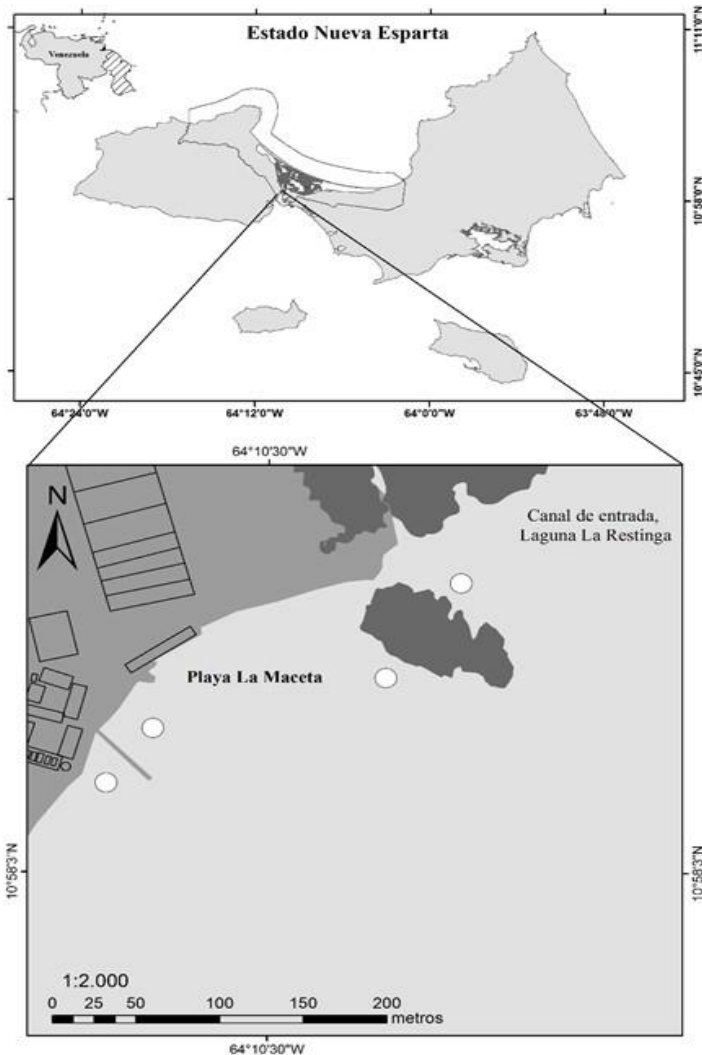


Figura 1. Ubicación geográfica de playa La Maceta, Boca del Río, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga, isla de Margarita, Venezuela.

Trabajo de laboratorio

Las muestras se procesaron inmediatamente luego de su recolecta, siguiendo la metodología propuesta por Reguera *et al.* (2016), la cual se basó en adicionar a cada bolsa plástica con su respectivo sustrato, 300 ml de agua de mar filtrada, luego se agitó por dos minutos y se filtró el líquido a través de un tamiz de 30 μm de abertura de malla, para eliminar restos de sedimento y materia orgánica. A continuación, dicho líquido se depositó en botellas plásticas de 600 ml de capacidad previamente rotuladas y se fijó con formalina al 10%.

Para determinar la biomasa de las macrófitas se utilizó una balanza analítica (Acculab Sartorius Group modelo ALIC-210.4 \pm 0.0001 g). Cabe destacar que, para obtener la biomasa seca los sustratos fueron secados en una estufa (Barnstead international modelo 3512) a 70 °C durante 72 horas aproximadamente.

Por otra parte, los dinoflagelados bentónicos se identificaron de acuerdo a la literatura especializada (Schiller 1971, Tomas 1996, Díaz *et al.* 2002, Rivera 2006, Hakanen *et al.* 2014, Lassus *et al.* 2016) verificando el estatus taxonómico de las especies en las bases de datos globales Algaebase y WoRMS (Guiry y Guiry 2020, WoRMS Editorial 2020). A su vez, se determinó la abundancia celular de los mismos a través del método de Utermöhl (1958), utilizando un microscopio óptico invertido de luz (Zeiss Telaral 3.1).

Procesamiento de datos

La densidad poblacional de dinoflagelados bentónicos se calculó a través de la fórmula descrita por Moreira y Tester (2016):

$$\text{Cel/g} = (N/v) * (V/V') * (V'/P)$$

Donde:

N = Número de organismos observados en toda la cámara.

v = Volumen contado (1 ml).

V = Volumen decantado (50 ml).

V' = Volumen filtrado (300 ml).

P = Peso seco de la muestra (g).

Para determinar la preferencia de los dinoflagelados bentónicos por los distintos grupos de sustratos, se empleó la prueba estadística PERMANOVA (Permutational MANOVA), la cual se basa en la partición de la variación uni o multidimensional que se construye a partir de matrices de similitud/distancia cuya hipótesis nula se crea con permutaciones (Anderson *et al.* 2008).

También se realizó un análisis de clasificación (Cluster) basado en el índice de Bray-Curtis, para comparar los grupos de macrófitas y la rutina SIMPER (acrónimo en inglés de Similarity Percentage) para conocer el porcentaje de disimilitud entre los sustratos que presentaron las mayores abundancias de organismos e identificar las especies de dinoflagelados bentónicos claves que producen las diferencias en los mismos. Para ambos casos, se transformaron previamente los datos de abundancia a Log (x+1), dado que esta función permite disminuir el peso de las especies muy dominantes y aumenta la importancia relativa de las especies raras (Guerra-Castro *et al.* 2011).

Finalmente, se efectuó una prueba PERMANOVA para evidenciar si existen diferencias significativas entre la abundancia de dinoflagelados, de acuerdo a las especies de los sustratos macroalgales que presentaron las mayores densidades de organismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de las macrófitas

Se identificaron 26 especies de macroalgas en playa La Maceta durante esta investigación, de las cuales 12 corresponden al Phylum Chlorophyta (46 %), 11 Rhodophyta (42 %) y 3 Ochrophyta (12 %); siendo las familias mejor representadas: Ulvaceae con 5 especies, Gracilariaceae, Cystocloniaceae con 4 especies y Dictyotaceae con 3 especies (Tabla 1). Coincidiendo estos resultados con los obtenidos por Fernández y Pérez (2009) en su estudio sobre macroalgas asociadas a raíces del mangle rojo en la Laguna de la Restinga. Además, fueron totalizadas según su morfo- funcionalidad, 8 macroalgas foliáceas, 7 filamentosas, 7 corticadas y 4 sifonales.

Las especies pertenecientes a la familia Ulvaceae y Gracilariaceae se encuentran ampliamente distribuidas y son comunes en aguas tropicales poco profundas, suelen crecer en ambientes costeros, tolerar amplios rangos de temperatura y altos niveles de nutrientes, que les permite alcanzar una gran distribución desde la zona intermareal hasta el sublitoral. Además, por su plasticidad fenotípica pueden colonizar diversos sustratos (Santelices 1989, Pochon *et al.* 2015; Quiroz-González *et al.* 2017).

Tabla 1. Especies de macrófitas asociadas a dinoflagelados epífitos en playa La Maceta, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga, isla de Margarita.

Phylum/ Familia	Especie	Estación
Chlorophyta		
Bryopsidaceae	<i>Bryopsis hipnoides</i> J. V. Lamouroux, 1809	2 y 3
	<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C. Agardh, 1823	2 y 3
	<i>Caulerpa mexicana</i> Sonder ex Kützing, 1849	1, 2, 3 y 4
Caulerpáceae	<i>Caulerpa sertularioides f longiseta</i> (Bory de Saint-Vincent) Svedelius, 1906	1, 2, 3 y 4
	<i>Chaetomorpha antennina</i> (Bory de Saint-Vincent) Kützing, 1847	1 y 3
Cladophoraceae	<i>Cladophora vagabunda</i> (Linnaeus) Hoek, 1963	1, 3 y 4
	Boodleaceae	<i>Cladophoropsis membranacea</i> (HofmanBang ex C. Agardh) 4

Continuación de la **Tabla 1.**

	Børgesen, 1905	
	<i>Ulva fasciata</i> Delile, 1813	1, 3 y 4
	<i>Ulva flexuosa</i> Wulfen, 1803	1, 2, 3 y 4
Ulvaceae	<i>Ulva flexuosa sub. paradoxa</i> (C. Agardh) M. J. Wynne, 2005	1, 2 y 4
	<i>Ulva Lactuca</i> Linnaeus, 1753	1, 2, 3 y 4
	<i>Ulva reticulata</i> Forsskål, 1775	1 y 4
Ochrophyta		
	<i>Dictyota pulchella</i> Hörnig y Schnetter, 1988	1 y 2
Dictyotaceae	<i>Padina gymnospora</i> (Kützting) Sonder, 1871	3 y 4
	<i>Spatoglossum schroederi</i> (C. Agardh) Kützting, 1859	3
Rhodophyta		
	<i>Acantophora muscoides</i> (Linnaeus) Bory de Saint-Vincent, 1828	1, 2, 3 y 4
Rhodomelaceae	<i>Acantophora spicifera</i> (M. Vahl) Børgesen, 1910	1, 2 y 3
Ceramiaceae	<i>Centroceras gasparinii</i> (Meneghini) Kützting, 1849	2, 3 y 4
	<i>Gracilaria bursa-pastoris</i> (S. G. Gmelin) P. C. Silva, 1952	1, 3 y 4
Gracilariaceae	<i>Gracilaria flabeliformis</i> (P. Crouan y H. Crouan) Fredericq y Gurgel, 2004	3 y 4
	<i>Gracilaria mammillaris</i> (Montagne) M. Howe, 1918	3
	<i>Hydropuntia caudata</i> (J. Agardh) Gurgel y Fredericq, 2004	1, 2 y 3
Halymeniaceae	<i>Grateloupia filicina</i> (J. V. Lamouroux) C. Agardh, 1822	1, 2, 3 y 4
	<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J. V. Lamouroux, 1813	3 y 4
Cystocloniaceae	<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützting, 1847	1, 2, 3 y 4
	<i>Hypnea valentiae</i> (Turner) Montagne, 1841	3 y 4

Composición de los dinoflagelados epífitos

Se analizaron en total 257 muestras, de las cuales se identificaron 25 especies de dinoflagelados epibentónicos agrupados en 4 órdenes, 6 familias y 9 géneros. Siendo evidente la presencia de especies potencialmente tóxicas pertenecientes a los géneros *Alexandrium*, *Coolia*, *Gambierdiscus*, *Ostreopsis* y *Prorocentrum*, (Tabla 2). La mayoría de las microalgas epibénticas han sido reportadas anteriormente por Delgado *et al.* (2006), en la costa noroccidental de Cuba; Arbeláez (2017) en el Caribe colombiano y Boisnoir *et al.* (2019) en las Antillas Menores. Asimismo, han sido identificadas para las costas venezolanas (Navarro-Vargas *et al.* 2014; Solórzano 2006, Marcano 2011, Mosquera 2012 y Marchan-Álvarez y Valerio-González 2017).

El género mejor representado y más abundante fue *Prorocentrum*, coincidiendo con lo indicado para el Caribe, siendo uno de los grupos más señalados en diversas

investigaciones, probablemente por presentar una amplia distribución, pues es considerado un género cosmopolita con un gran poder de adaptación y variabilidad morfológica (Betancourt 2011; Gul y Saifullah 2011; Maciel-Baltazar 2015). Sin embargo, las especies del género mencionado que se identificaron en todos los sustratos fueron *P. balticum*, *P. compressum*, *P. concavum*, *P. hoffmannianum*, *P. lima*, *P. mexicanum*, *P. micans* y *P. rhathymum*.

Tabla 2. Especies de dinoflagelados bentónicos identificados en los sustratos en playa La Maceta, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga, isla de Margarita Venezuela.

Especie	Macroalgas			T
	C	R	O	
<i>Alexandrium minutum</i> Halim, 1960	X	X		
<i>Amphidiniopsis</i> sp. Woloszynska, 1928		X		
<i>Coolia monotis</i> Meunier, 1919	X	X		X
<i>Dinophysis</i> sp. Ehrenberg, 1839		X		
<i>Gambierdiscus</i> sp. Adachi y Fukuyo, 1979	X	X		
<i>Ostreopsis lenticularis</i> Y. Fukuyo, 1981	X	X	X	X
<i>Ostreopsis ovata</i> Fukuyo, 1981	X	X	X	X
<i>Ostreopsis siamensis</i> Schmidt, 1901	X	X	X	X
<i>Peridinium quadridentatum</i> (F. Stein) Gert Hansen, 1995	X	X		
<i>Protoperidinium americanum</i> (Gran y Braarud, 1935) Balech, 1974	X	X		
<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich, 1970	X	X	X	X
<i>Prorocentrum compressum</i> (J. W. Bailey) Abéex J. D. Dodge, 1975	X	X	X	X
<i>Prorocentrum concavum</i> Y. Fukuyo, 1981	X	X	X	X
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J. D. Dodge, 1975	X	X	X	
<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein, 1883	X	X		
<i>Prorocentrum emarginatum</i> Y. Fukuyo, 1981	X	X		X
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt, 1895	X	X		X
<i>Prorocentrum hoffmannianum</i> M. A. Faust, 1990	X	X	X	X
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F. Stein, 1878	X	X	X	X
<i>Prorocentrum mexicanum</i> Osorio-Tafall, 1942	X	X	X	X
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg, 1834	X	X	X	X
<i>Prorocentrum rhathymum</i> Loeblich III, Sherley y Schmidt, 1979	X	X	X	X
<i>Prorocentrum rostratum</i> Stein, 1883	X		X	X
<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder, 1900	X	X		
<i>Prorocentrum triestinum</i> J. Schiller, 1918		X		

La abundancia de los dinoflagelados epífitos mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto a los sustratos evaluados, observándose la mayor densidad de organismos asociados al phylum Rhodophyta (1019.99 ± 1171.44 cél./g peso seco), seguida por el phylum Chlorophyta (889.217 ± 1463.53 cél./g peso seco), la fanerógama *T. testudinum* (186.557 ± 220.317 cél./g peso seco) y finalmente el phylum

Ochrophyta (104.661 ± 188.098 cél./g peso seco; Tabla 3 y Fig. 2).

Respecto a la abundancia y presencia del microfítobento, uno de los principales factores que condicionan a estos organismos es el tipo de sustrato a los que se adhieren, pudiendo desarrollar incluso, cierta preferencia por aquellos que favorecen la adherencia a su superficie (Betancourt 2011). En este estudio se observó tal preferencia, ya que, aunque se evidenciaron diferencias entre los grupos macroalgales rojas, verdes, pardas y el pasto *T. testudinum*, la composición de especies de dinoflagelados y sus valores de abundancia eran similares entre las macroalgas de los phyla chlorophyta- rhodophyta, y las del phylum ochrophyta con la fanerógama *T. testudinum*, respectivamente.

Además, se observó durante este estudio que las microalgas epífitas no solo presentaron densidades altas en asociación con las macroalgas rojas y verdes, sino que estas compartieron especies, tales como: *P. dentatum*, *P. scutellum*, *P. quadridentatum*, *A. minutum* y *Gambierdiscus* sp., lo cual se encuentra en contraposición a lo reportado por Delgado *et al.* (2006), Navarro-Vargas *et al.* (2014) y Boisnoir *et al.* (2019), quienes indicaron que las mayores abundancias de dinoflagelados bentónicos se presentaban en las macroalgas pardas; y de lo señalado por Mosquera (2012), quien no observó diferencias en la preferencia de los dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos por las macroalgas.

Tabla 3. PERMANOVA basado en similitudes de Bray-Curtis de los datos de abundancia de dinoflagelados bentónicos de playa La Maceta, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga, en los sustratos evaluados

Fuente de Variación	g.l.	Sumatoria cuadrática	Cuadrados medios	Pseudo-F	P
Sustratos	3	28313	9437.6	4.6716	< 0.05
Residuales	253	5.11E+05	2020.2		
Total	256	5.39E+05			

Las probabilidades asociadas a cada valor de F se obtuvieron con 9999 permutaciones de las etiquetas bajo el modelo nulo reducido.

Aun cuando las algas verdes y rojas mostraron comunidades fitobentónicas similares, los dinoflagelados mostraron predilección por el phylum Rhodophyta, el cual reveló las mayores abundancias y se caracterizó por la presencia de especies como *P. triestinum*, *Amphidiniopsis* sp. y *Dinophysis* sp., lo que concuerda con lo indicado por Vila *et al.* (2001), Acosta (2008), Betancourt (2011), Kim *et al.* (2011) y Marcano (2011), los cuales registraron mayores densidades en macroalgas rojas, indicando que esto se debe probablemente a que el phylum presenta una gran cantidad de mucílago, propiedad que permite una mejor adhesión a su superficie.

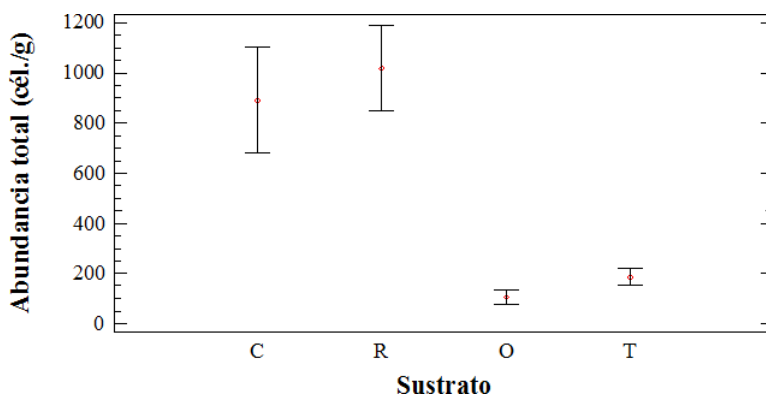


Figura 2. Abundancia total de dinoflagelados bentónicos asociados a las macroalgas de los phyla Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta y la fanerógama *T. testudinum* (cél./g peso seco), en playa La Maceta, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga

En el análisis del grado de asociación de los phyla de macroalgas y el pasto *T. testudinum*, de acuerdo a la composición y abundancia de los dinoflagelados bentónicos, se detectaron dos grupos, el primero compuesto por los phyla chlorophyta y rhodophyta con una similaridad del 86.62%, y el segundo conformado por el phylum Ochrophyta y la fanerógama *T. testudinum* con un 79.92% de similaridad. Cabe destacar que, la similaridad entre los grupos detectados fue del 64.52% (Fig. 3).

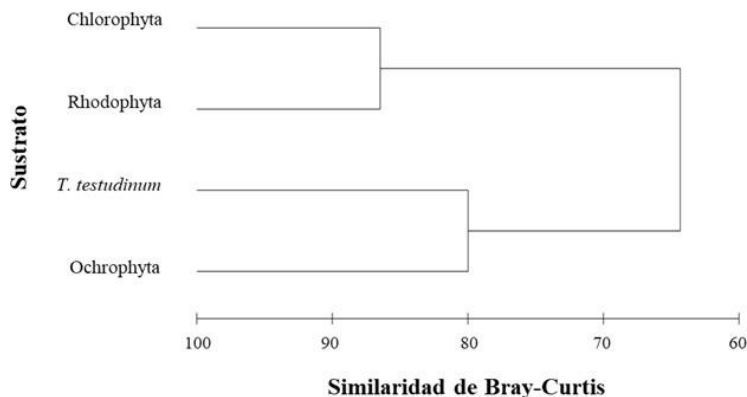


Figura 3. Dendrograma de clasificación (Bray-Curtis) de las macroalgas de los phyla Chlorophyta, Rhodophyta y Ochrophyta y la fanerógama *T. testudinum*, en función de la composición y abundancia de dinoflagelados bentónicos, en playa La Maceta, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga.

En este sentido, al comparar la frecuencia de aparición de las especies de dinoflagelados bentónicos sobre los sustratos que obtuvieron la mayor abundancia de dichos organismos (análisis SIMPER), se determinó que las macroalgas del phylum Chlorophyta y Rhodophyta, poseen un 13.53% de disimilitud, teniendo como mayores contribuyentes a *P. rostratum* (15.72%), *P. triestinum* (15.65%) y *Amphidiniopsis* sp. (13.19%) (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis SIMPER entre los phyla Chlorophyta y Rhodophyta, basado en la presencia y abundancia de las especies de dinoflagelados bentónicos, en playa La Macea, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga.

Especies	Chlorophyta	Rhodophyta	Contrib.%	Cum.%
	Av. Abund	Av. Abund		
<i>P. rostratum</i>	6.2	0	15.72	15.72
<i>P. triestinum</i>	0	6.17	15.65	31.36
<i>Amphidiniopsis</i> sp.	0	5.2	13.19	44.55
<i>Dinophysis</i> sp.	0	4.64	11.75	56.3
<i>C. monotis</i>	4.27	6.81	6.43	62.74
<i>P. quadridentatum</i>	5.91	3.65	5.72	68.46
<i>P. hoffmannianum</i>	4.23	6.39	5.47	73.93
<i>P. gracile</i>	5.19	6.48	3.29	77.22
<i>P. scutellum</i>	6.19	5.43	1.94	91.78

Una vez caracterizados estos grupos macroalgales, y considerando que el sustrato en el que se observaron las mayores densidades de dinoflagelados bentónicos fue en el phylum rhodophyta, se registraron diferencias significativas en la abundancia fitobentónica observada en las especies de dicho phylum, presentando valores promedios entre 976.428 ± 1289.73 y 152.681 ± 68.8308 cél./g peso seco, siendo evidentes las densidades más altas en las algas del género *Hypnea* J. V. Lamouroux, 1813, específicamente en *H. spinella* (C. Agardh) Kützing, 1847, seguida por *H. musciformis* (Wulfen) J. V. Lamouroux, 1813 (Tabla 4 y Fig. 4), coincidiendo con lo señalado por Acosta (2008), Betancourt (2011) y Mosquera (2012), quienes reportan el mayor número de especies de dinoflagelados en las algas del género *Hypnea*.

Es probable que la preferencia que manifiestan los dinoflagelados por las algas rojas del género mencionado, se relacione con las características anatómicas y morfológicas que exhibe este grupo de macrófitas, teniendo talos firmes, corticados y con abundantes ramificaciones, lo que aumenta la superficie de adhesión para las microalgas, a lo cual también puede adicionarse el hecho de que a las especies de los géneros *Laurencia* J. V. Lamouroux, 1813, *Dasya* C. Agardh, 1824, *Digenea* C. Agardh, 1822 e *Hypnea*, se le han atribuido propiedades morfológicas, fisiológicas y ecológicas

idóneas para el epifitismo por el grado de ramificación y la estructura compleja que muestran (Galicia-García 2017).

Tabla 4. PERMANOVA basado en similitudes de Bray-Curtis de los datos de abundancia de dinoflagelados bentónicos de playa La Maceta, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga, en las especies observadas del phylum Rhodophyta.

Fuente de Variación	g.l.	Sumatoria cuadrática	Cuadrados medios	Pseudo-F	P
Especies	12	39956	3329,6	1,2825	<0,05
Residuales	77	2,00E+05	2596,3		
Total	89	2,40E+05			

Las probabilidades asociadas a cada valor de F se obtuvieron con 9999 permutaciones de las etiquetas bajo el modelo nulo reducido.

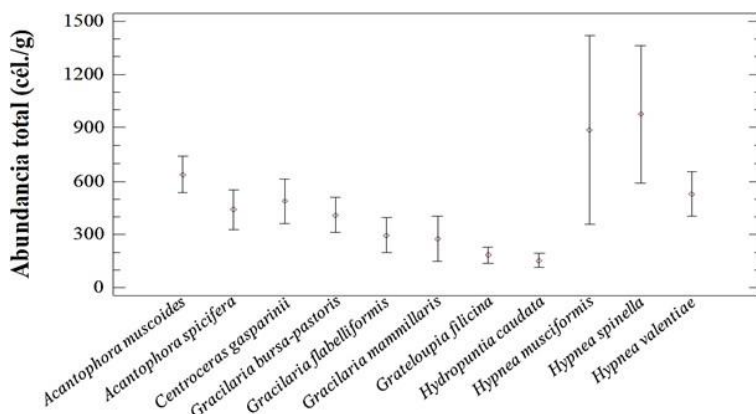


Figura 4. Abundancia total de dinoflagelados bentónicos asociados a las distintas especies del phylum Rhodophyta (cél./g peso seco) en playa La Maceta, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga.

Dentro del phylum chlorophyta, también se reportaron diferencias significativas, observándose valores promedios entre 1044.64 ± 1773.18 y 92.0673 ± 53.033 células/g peso seco, presentando alta abundancia las macrofitas pertenecientes al género *Cladophora* Kützting, 1843, específicamente la especie *C. vagabunda* (Linnaeus) Hoek, 1963 (Tabla 5 y Fig. 5). Es probable que ocurra esta preferencia, porque son clorofitas filamentosas muy ramificadas, lo que puede representar una mayor superficie para la fijación de los organismos, lo que concuerda con lo descrito por Zulkifly *et al.* (2013), quienes indican que como consecuencia de la abundancia y gran área de superficie que presentan las algas del género *Cladophora*, son el sustrato frecuente y más diverso en poblaciones de microalgas.

Tabla 5. PERMANOVA basado en similitudes de Bray-Curtis de los datos de abundancia de dinoflagelados bentónicos de playa La Maceta, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga, en las especies observadas del phylum Chlorophyta.

Fuente de Variación	g.l.	Sumatoria cuadrática	Cuadrados medios	Pseudo-F	P
Especies	11	51641	4694.7	1.9368	<0.05
Residuales	78	1.89E+05	2423.9		
Total	89	2.41E+05			

Las probabilidades asociadas a cada valor de F se obtuvieron con 9999 permutaciones de las etiquetas bajo el modelo nulo reducido.

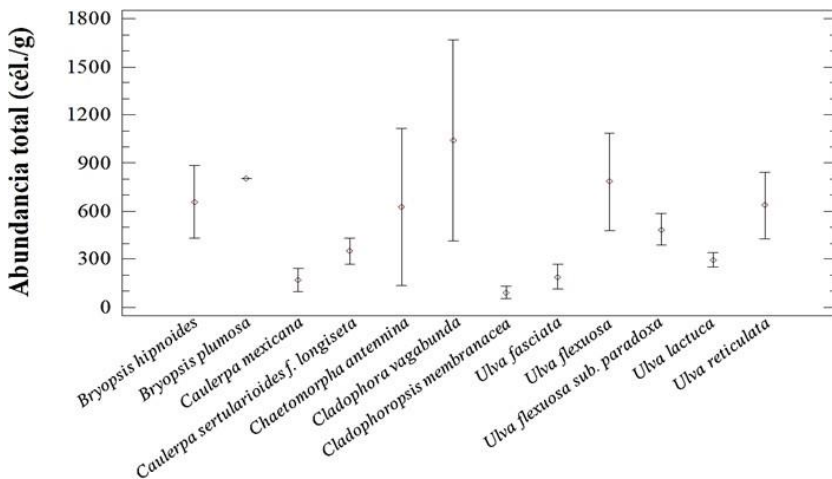


Figura 5. Abundancia total de dinoflagelados bentónicos asociados a las distintas especies del phylum Chlorophyta (cél./g peso seco) en playa La Maceta, dentro del Parque Nacional Laguna de La Restinga.

Aunque no están del todo claros los mecanismos que aumentan la abundancia de los dinoflagelados, se ha mencionado que los mismos presentan diversas estrategias adaptativas (tipo C, S y R; Smayda y Reynolds 2003), lo que puede explicar en cierto modo su comportamiento preferencial, actuando de forma oportunista debido a la disponibilidad del sustrato.

Algunos autores mencionan que la predilección de estos organismos por un sustrato

particular, puede atribuirse a factores que promueven su adhesión, como la liberación de sustancias (polifenoles, compuestos nitrogenados, vitaminas, nutrientes, entre otros) que serían beneficiosos para los dinoflagelados (Navarro-Vargas *et al.* 2014) o contrariamente a factores que limitan su crecimiento, como la cantidad de material que sedimenta sobre los talos de las macrófitas, ya que la superficie colonizable se reduce o los organismos no pueden adherirse firmemente al sustrato, debido a que la mayoría no posee órganos de fijación (Delgado *et al.* 2006, Boisnoir *et al.* 2018). Cabe destacar que, todos estos factores no solo determinan la fijación de los dinoflagelados al sustrato, sino que también influyen en la producción de toxinas en los mismos, vinculado además a otros factores como el estrés ambiental, el cual puede generarse por actividades antropogénicas (Ruiz 2016).

Una consecuencia importante de lo observado en esta investigación es que, si las macrófitas aumentan su cobertura, los dinoflagelados potencialmente tóxicos probablemente también aumentarían en abundancia, debido a la mayor disponibilidad del sustrato (Almazán-Becerril *et al.* 2015), lo que resulta inquietante debido a que existen reportes en el estado Nueva Esparta sobre casos de intoxicación (PSP) como consecuencia de mareas rojas (Valerio-González 2018), y aunque no existan registros que incluyan a las poblaciones aledañas al Parque Nacional Laguna de La Restinga si se han detectado en los habitantes algunos problemas de salud que podrían estar atribuidas a toxinas producidas por dinoflagelados.

Dichas toxinas tienden a acumularse en el tejido muscular de peces y moluscos, y los síntomas que se producen por estas intoxicaciones son tan amplios, los cuales van desde náuseas, vómito, diarrea, fiebre, dolores abdominales, parestesia, parálisis muscular, problemas respiratorios y hasta la muerte, que la mayoría de ellos suelen confundirse con enfermedades gastrointestinales o cualquier otra patología (Mancera *et al.* 2009, Valerio-González 2018)

Lo que resulta más alarmante de esta situación es que el Parque Nacional Laguna de La Restinga es un sitio de reclutamiento de los primeros estadios de vida de muchas de las especies explotadas en las zonas aledañas al parque, y considerando la presencia de especies de dinoflagelados potencialmente tóxicos aunado a la creciente demanda de recursos pesqueros por parte de la población local, podrían generarse a lo largo del tiempo intoxicaciones de las ya mencionadas, entonces lo importante sería vincular a los médicos directamente con esta información, para que inclusive consideraren los efectos de dichas intoxicaciones en su diagnóstico clínico, para tratar cada una de estas afecciones de manera correcta.

CONCLUSIONES

Los dinoflagelados bentónicos estuvieron presentes en todos los sustratos analizados y el género mejor representado fue *Prorocentrum*, cuyas especies frecuentes en todos los sustratos fueron *P. balticum*, *P. compressum*, *P. concavum*, *P. hoffmannianum*,

P. lima, *P. mexicanum*, *P. micans* y *P. rhathymum*. Se evidenciaron las densidades más altas de dinoflagelados bentónicos en las macroalgas del phylum Rhodophyta, específicamente en las del género *Hypnea*, probablemente por las características morfo-anatómicas que exhiben dichas algas, ya que aumentan la superficie de adhesión para estos organismos.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto RLA-7022 (Fortalecimiento de la vigilancia y respuesta regional para entornos marinos y costeros sostenibles: ARCAL CXLV), financiados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

LITERATURA CITADA

ACOSTA, L. 2008. Dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos asociados a la vegetación acuática sumergida en algunas localidades del estado Nueva Esparta. Tesis de grado. Universidad de Oriente, Boca del Río, Venezuela, 38 pp.

AGUILAR-TRUJILLO, A., Y. OKOLODKOV, F. DEL C. MERINO-VIRGILIO, I. OSORIO-MORENO Y J. HERRERA-SILVEIRA. 2014. Variación espacial de dinoflagelados bentónicos/epifíticos en aguas costeras del norte de Yucatán (agosto de 2011). Pp. 147-160, en A. BOTELLO, J. RENDÓN VON OSTEN, J. BÉNÍTEZ Y G. GOLD-BOUCHOT (eds.). Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM-ICMYL, CINVESTAV, Mérida, México.

ALMAZÁN-BECERRIL, A., S. ESCOBAR-MORALES, G. ROSILES-GONZÁLEZ Y F. VALADEZ. 2015. Benthic-epiphytic dinoflagellates from the northern portion of the Mesoameri- can Reef System. *Bot. Mar.* 58(2): 115-128.

ANDERSON, M., R. GORLEY y K. CLARKE. 2008. 'PERMANOVA for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods.' (PRIMER-E Ltd: Plymouth, UK.).

ARBELÁEZ, N. 2017. Variación espacio-temporal del ensamblaje de dinoflagelados potencialmente tóxicos epifitos de *Thalassia testudinum* (Banks ex König, 1805) en Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta, 126 pp.

ARBELÁEZ, N., J. MANCERA-PINEDA y B. REGUERA. 2017. Dinoflagelados epifitos de *Thalassia testudinum* en dos sistemas costeros del Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar Cost.* 46(2): 9-40.

BETANCOURT, C. 2011. Dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos, asociados a macroalgas de dos localidades diferentes en la península de Macanao,

estado Nueva Esparta. Tesis de grado. Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela, 53 pp.

BOISNOIR, A., P. Y. PASCAL, S. CORDONNIER Y R. LEMÉE. 2019. Spatio-temporal dynamics and biotic substrate preferences of benthic dinoflagellates in the Lesser Antilles, Caribbean Sea. *Harmful Algae*. 81: 18-29.

BOISNOIR, A., P. PIERRE YVES, S. CORDONNIER Y R. LEMÉE. 2018. Depth distribution of benthic dinoflagellates in the Caribbean Sea. *J. Sea Res.* 135: 74-83.

DAWES, C. Y A. MATHIESON. 2008. The seaweeds of Florida. Universidad de Florida. Florida, Estados Unidos, pp. 591.

DELGADO, G., C. LECHUGA, G. POPOWSKI, L. TROCCOLI y C. SALINAS. 2006. Epiphytic dinoflagellates associated with ciguatera in the northwestern coast of Cuba. *Rev. Biol. Trop.* 54(2): 299-310.

DÍAZ, J., I. SÁNCHEZ, J. GAMBOA, G. DE FREITES Y A. LA BARBERA. 2002. Guía de los dinoflagelados marinos del Mar Caribe suroriental. Coordinación de Publicaciones del Rectorado de la Universidad de Oriente, Cumana, Venezuela, pp. 130.

FERNÁNDEZ, Y. y A. PÉREZ. 2009. Inventario taxonómico, análisis mensual de la riqueza y evaluación de la constancia de macroalgas asociadas a raíces de mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) en el Parque Nacional Laguna La Restinga, isla de Margarita, Venezuela. Trabajo de grado. Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela, 207 pp.

GALICIA-GARCÍA, C. 2017. Epifitismo y parasitismo entre algas rojas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, suroeste del golfo de México. Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Univ. Veracruzana, México, 77 pp.

GUERRA-CASTRO, E., J. CRUZ-MOTTA Y J. CONDE. 2011. Cuantificación de la diversidad de especies incrustantes asociadas a las raíces de *Rhizophora mangle* L. en el Parque Nacional Laguna de la Restinga. *Interciencia*. 36(12): 923-930.

GUIRY, M. Y G. GUIRY. 2020. Algaebase. Publicación electrónica mundial, Universidad Nacional de Irlanda, Galway. Disponible en <http://www.algaebase.org>. Visitado el 21 de septiembre de 2020.

GUL, S. Y S. SAIFULLAH. 2011. The dinoflagellate genus *Prorocentrum* (Prorocentrales, Prorocentraceae) from the north arabian sea. *Pak. J. Bot.* 43(6): 3061-3065.

HAKANEN, P., S. SUIKKANEN Y A. KREMP. 2014. Allelopathic activity of the toxic dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii*: Intra-population variability and

response of co- occurring dinoflagellates. Harmful Algae. 39: 287-294.

KIM, H. S., W. YIH, J. H. KIM, G. MYUNG y H. J. JEONG. 2011. Abundance of epi- phytic dinoflagellates from coastal waters off Jeju Island, Korea During Autumn 2009. Ocean. Sci. J. 46(3): 205-209.

LASSUS, P., H. CHOMÉRAT, P. HESS y E. NÉZAN. 2016. Toxic and harmful microalgae of the world ocean. International Society for the Study of Harmful Algae/Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO: ISSHA IOC UNESCO, Dinamarca, pp. 523.

MACIEL-BALTAZAR, E. 2015. Dinoflagelados (Dinoflagellata) tóxicos de la costa de Chiapas, México, Pacífico Centro Oriental. Res. J. Costa Rican Distance Educ. Univ. 7(1): 39-48.

MANCERA, J., B. GAVIO Y G. ARENCIBIA. 2009. Floraciones algales nocivas, intoxicación por microalgas e impactos en el desarrollo regional: El caso de San Andrés Isla, Caribe colombiano. Cuad. del Caribe. 7: 46-62.

MARCANO, 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. Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela, 63 pp.

MARCHAN-ÁLVAREZ, J. y L. VALERIO-GONZÁLEZ. 2017. Dinoflagelados bentónicos nocivos, asociados con el sedimento arenoso en dos playas de la isla de Margarita, Venezuela. Rev. Biodivers. Neotrop. 7(3): 156-168.

MOREIRA, A. y P. TESTER. 2016. Methods for sampling benthic microalgae. Pp. 19-30, en B. REGUERA, R. ALONSO, A. MOREIRA, S. MÉNDEZ Y M. DECHRAOUII- BOTTEIN (eds). Guide for designing and implementing a plan to monitor toxin-producing microalgae. Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO and International Atomic Energy Age.

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. Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela, 64 pp.

NAVARRO-VARGAS, G., J. R. DÍAZ-RAMOS, L. TROCCOLI-GHINAGLIA y S. SUBERO-PINO. 2014. Dinoflagelados epibentónicos presentes en diferentes sustratos en la bahía Turpialito, golfo de Cariaco, Venezuela. Bol. Inst. Ocean. Venez. 53(2): 161-170.

POCHON, X, J. ATALAH, S. WOOD, G. HOPKINS, A. WATTS y C. BOEDEKER. 2015. *Cladophora ruchingeri* (C. Agardh) Kützing, 1845 (Cladophorales, Chlorophyta): a new biofouling pest of green-lipped mussel *Perna canaliculus* (Gmelin, 1791) farms in New Zealand. Aquat. Inv. 10(2): 123-133.

QUIROZ-GONZÁLEZ, N, D. LEÓN y M. RIVAS. 2017. Nuevos registros de algas verdes marinas (Ulvophyceae) para Tabasco, México. *Acta Bot. Mex.* 118: 121-138

REGUERA, B., R. ALONSO, A. MOREIRA, S. MÉNDEZ Y M. DECHRAOUI-BOTTEIN. 2016. Guide for designing and implementing a plan to monitor toxin-producing microalgae. Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO and International Atomic Energy Agency (IAEA), Paris and Viena. IOC Manuals and Guides N°59, pp. 66.

RIVERA, D. 2006. Dinoflagelados e tintinídeos da região central da zona económica exclusiva brasileira. Guia de identificação. Museo Nacional. Serie Livros 15, Río de Janeiro, Brasil, pp 287.

RUIZ, A. 2016. Composición y abundancia de especies de dinoflagelados asociados a praderas de pastos marinos y macroalgas en la isla de Barú, durante periodos climáticos. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Univ. Nacional de Colombia, Bogotá, 146 pp.

SANTELICES, B. 1989. Algas marinas de Chile: distribución, ecología, utilización y diversidad. Editorial Universidad Católica de Chile. 488 pp

SCHILLER, J. 1971. Dinoflagellate (Peridinae) in monographischer Behandlung. 2 Tell. En: L. Rabenhortst (ed.) *Kryptogamen-Flora, von Deutschland, osterreichund der schweizzweite, vollstandigneubearbeitteauflage.* New York: Leipzig Akademische Verlagsgesellschaft M. P. H. 589 pp.

SMAYDA, T. y C. REYNOLDS. 2003. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *J. Sea Res.* 49(2): 95-106.

SOLÓRZANO, R. 2006. Variabilidad quincenal de dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos asociados a *Thalassia testudinum* (König, 1805), en una Estación Costera de Boca del Río, (diciembre 2003- mayo 2004). Trabajo de grado. Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela, 41 pp.

TOMAS, C. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, California, USA, pp. 598.

UTERMOHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik: Mit 1 Tabelle und 15 abbildungen im Text und auf 1 Tafel. *Int. Ver. für theor. und ang. Limn.: Mitteilungen.* 9(1): 1-38.

VALERIO-GONZÁLEZ, L. 2018. Dinoflagelados epibentónicos de la isla de Margarita. Importancia en el estudio de las FANs en Venezuela. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela, 54 pp.

VALERIO, L. Y J. DÍAZ. 2008. Distribución de dinoflagelados epifitos potencialmente tóxicos asociados a praderas de *Thalassia testudinum* en la Isla La Tortuga, la Bahía de Mochima y Golfo de Cariaco, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. 47(1): 47-58.

VARGAS-MONTERO, M., A. MORALES y J. CORTÉS. 2012. Primer informe del género *Gambierdiscus* (Dinophyceae) y otros dinoflagelados bentónicos en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica, Pacífico Tropical Oriental. Rev. Biol. Trop. 60(3): 187- 199.

VELÁSQUEZ, A. Y J. RODRÍGUEZ. 2012. Catálogo. Macroalgas y macrófitas del estado Nueva Esparta. Venezuela. Ecocria. Edición Especial N° 12 y 13: 1-145.

VILA, M., E. GARCÉS Y M. MASÓ. 2001. Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. Aquat. Microb. Ecol. 26(1): 51-60.

WORMS EDITORIAL BOARD. 2020. World Register of marine Species. Disponible en <http://www.marinespecies.org> en VLIZ. Visitado el 22 de septiembre de 2020.

YONG, H. L., N. I. MUSTAPA, K. L. LEE, F. Z. LIM, T. H. TAN, G. USUP, H. GU, R. W. LITAKER, P. A. TESTER, P. T. LIM y P. C. LEAW. 2018. Habitat complexity affects benthic harmful dinoflagellate assemblages in the fringing reef of Rawa Island, Malaysia. Harmful Algae. 78: 56-68.

ZULKIFLY, S., J. GRAHAM, E. YOUNG, R. MAYER, M. PIOTROWSKI, I. SMITH y L. GRAHAM. 2013. The genus *Cladophora* Kützing (Ulvophyceae) as a globally distributed ecological engineer. J. Phycol. 49: 1-17.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

**BOLETÍN DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Vol. 54 N° 2 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada
en Diciembre de 2020, por el **Fondo Editorial Serbiluz,**
Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
produccioncientifica.luz.edu.ve