Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 49 (1): 77-86 (2010) 4Figs., 4 Tabs.

BIOMASA Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON EN LA ISLA LA TORTUGA, DEPENDENCIA FEDERAL, VENEZUELA

MICHAEL E. RODRÍGUEZ-CENTENO[1], JOSÉ R. DÍAZ-RAMOS.[2] LINA CHARZEDDINE[2]

SONIA S. SUBERO-PINO, [1]& LUIS E. TROCCOLI-GHINAGLIA[3].

[1] *Escuela de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.*

[2]*Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.*
jrdiazramos@yahoo.com

[3]*Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente. Boca de Río, Nueva Esparta, Venezuela.*

RESUMEN: Se evaluó la biomasa y abundancia del fitoplancton en la Isla La Tortuga. Para ello, se recolectaron muestras superficiales en doce estaciones alrededor de la isla entre octubre 2006 y octubre 2007. Las variables estudiadas fueron: velocidad del viento, temperatura del agua *in situ*, concentración de clorofila *a* (clor. *a)*, abundancia, composición, riqueza de especies y diversidad del fitoplancton. Para determinar las diferencias temporales y espaciales de las variables se efectuó un análisis de variancia no paramétrico y para establecer las posibles relaciones entre éstas, se realizó un análisis de componentes principales (ACP). La velocidad del viento alcanzó los máximos valores en octubre y diciembre de 2006 (18,70 y 15,00 m/s respectivamente). El máximo valor de temperatura fue 32°C mientras que el valor más alto de biomasa fitoplanctónica 2,99 mg *a* m^{-3} se midió en una estación ubicada en el norte de la isla. La abundancia fitoplanctónica varió entre 2 y 46 x 10^3 céls l^{-1}. En octubre de 2006, se midió el valor más alto (Laguna de Carenero) debido a un florecimiento del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense*. De las 54 especies fitoplanctónicas identificadas 37 eran residentes. Las especies más comunes y abundantes fueron: *Navicula* sp.1, *Nitzschia* sp., *Hemiaulus sinensis*, *Mesoporos perforatus* y *Prorocentrum lima*; algunas de éstas de origen bentónico. La diversidad de Shanonn-Wiener (H') varió entre 1,74 y 3,57 bits ind^{-1} lo cual indicó la existencia de condiciones costeras y oceánicas. El ACP mostró una correlación positiva entre la velocidad del viento y la abundancia fitoplanctónica y una correlación negativa entre estas variables y H'. La comunidad fitoplanctónica fue muy variable con respecto al tiempo. Se cree que la turbulencia jugó un papel muy importante en la determinación de su estructura.

Palabras claves: microalgas tropicales, aguas costeras oligotróficas, Mar Caribe.

ABSTRACT: The biomass and abundance of phytoplankton on the island of Tortuga was evaluated. To that end, surface samples were collected from twelve stations around the island between October 2006 and October 2007. The variables studied were: wind speed, *in situ* water temperature, chlorophyll *a* (chlor. *a*) concentration, abundance, composition, species richness, and phytoplankton diversity. A nonparametric variance analysis was done to determine seasonal and spatial differences of the variables, and a principal component analysis (PCA) was done to determine the possible relationships between these. Wind speed reached maximum values in October and December 2006 (18.70 and 15.00 m/s, respectively). The maximum temperature was 32°C. The greatest phytoplanktonic biomass, 2.99 mg/m-3 was measured at a station located on the northern part of the island. Phytoplanktonic abundance varied between 2 and 46 x 103 cells l-1. In October of 2006, the highest value (Laguna de Carenero) was measured due to a bloom of the dinoflagellate *Pyrodinium bahamense*. Thirty-seven of the 54 planktonic species identified were resident. The most common and abundant species were: *Navicula* sp.1, *Nitzschia* sp., *Hemiaulus sinensis*, *Mesoporos perforatus* and *Prorocentrum lima*, some of these were of benthic origin. The Shanonn-Wiener (H') diversity varied between 1.74 and 3.57 bits ind-1, which indicates the existence of coastal and oceanic conditions. The PCA showed a positive correlation between wind speed and phytoplanktonic abundance, and a negative correlation between these variables and H'. The phytoplanktonic community was quite variable in relation to time. It is believed that turbulence played a very important role in the determination of the structure.

Key Words: tropical microalgae, oligotrophic coastal waters, Caribbean Sea

INTRODUCCION

En la región costera venezolana existe un conjunto de islas de gran importancia turística y comercial. Sin embargo, son pocas las investigaciones que se han realizado sobre la composición de los diversos ecosistemas presentes en dichos lugares. Entre las investigaciones realizadas en isla venezolanas destacan las realizadas por GONZÁLEZ (1989) quien estimó la biomasa fitoplanctónica en el Archipiélago de Los Roques, obteniendo un promedio en la concentración de clor. *a* de 0,64 mgclor $a.m^{-3}$, GÓMEZ-GASPAR & CHANUT (1993) obtuvieron un promedio de 1,55 mg $a\ m^{-3}$ para la Isla de Margarita y FERRAZ-REYES (1983) determinó la biomasa y abundancia fitoplanctónica en la Cuenca Tuy-Cariaco en una estación en el norte de la Isla La Tortuga la cual exhibió un promedio de biomasa de 0,65 mgclor $a\ m^{-3}$. Las especies dominantes en ese estudio fueron los dinoflagelados *Prorocentrum maximum, Akashiwo sanguinea* (*Gymnodinium splendens*) *Ceratium* sp. También hay que mencionar el trabajo realizado por GAMBOA-MÁRQUEZ *et al.* (1994) en Cayo Dos Mosquises, Isla Los Roques, quien muestró una lista de dinoflagelados, específicamente de las familias Prorocentraceae y Ostreopsidaceae siendo los representantes más destacados *M. perforatus* y *Ostreopsis lenticulare.*

Por lo expuesto anteriormente y debido a la falta de información que se tiene sobre la mayoría de las islas venezolanas y en especial de la Isla La Tortuga, cuyo fitoplancton no ha sido objeto de ningún estudio detallado, se propuso ampliar los conocimientos sobre el fitoplancton de la Isla La Tortuga (Dependencia Federal) con el fin de determinar su biomasa, composición, abundancia y diversidad. Esta información es necesaria para la caracterización de las aguas y manejo sustentable de la isla.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

La Isla La Tortuga está situada en el nororiente de Venezuela, específicamente al norte del Estado Anzoátegui y al suroeste de la Isla de Margarita (10° 52´32" Lat. N y 65° 18´25" Long. W Fig. 1). Tiene 12 km de norte a sur y 25 km de este a oeste. Ocupa un área de 150 km^2. Es parte de un archipiélago que comprende los islotes de Los Tortuguillos, Cayo Herradura y Los Palanquines, los cuales están separados de la isla principal por un canal de unos 2,5 km de anchura y 4 a 5 m de profundidad. No posee fuentes naturales de agua dulce, lo que el traslado del vital líquido tiene que hacerse vía marítima o aérea. La isla es una planicie con un promedio de 20 m snm (máximo de 44-46 m snm). La vegetación es principalmente xerofítica; en el centro y al sur se pueden encontrar grandes extensiones de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) bordeando la orilla. La costa sur es areno-rocosa y presenta taludes que descienden hasta 60 m de profundidad en el límite del coral, para continuar abruptamente a profundidades de 1000 y 2 000 m, en la Cuenca de Cariaco propiamente dicha. La costa norte esta expuesta continuamente al oleaje proveniente del Mar Caribe. Allí, el fondo es arenoso con grandes extensiones de praderas de *Thalassia* y la plataforma se extiende mar adentro por varios kilómetros. Esta zona tiene una gran importancia pesquera. En la zona norte, existen algunas ensenadas que se utilizan como fondeadero y manglares. Los pescadores habitan Cayo Herradura y Punta Delgada, en la zona norte, y la Laguna de Carenero en la zona sur entre septiembre y abril (WILLIAMS 1980).

Recolección de las muestras

Se realizaron cuatro muestreos a bordo de la embarcación "Las Marías VI" de la Fundación La Tortuga en octubre y diciembre 2006 y julio y octubre 2007 mientras que la visita realizada en mayo 2007 se efectuó a bordo del B/O Guaiquerí II de la Universidad de Oriente. Las muestras de agua superficial se recolectaron en tres estaciones alrededor de la isla (Tabla 1). Se midió la temperatura del agua con un termómetro ambiental (± 0.1°C) y los datos de celeridad del viento fueron suministrados por la Estación Climatológica Punta de Piedras, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Isla de Margarita, estado Nueva Esparta.

Se determinó la concentración de clor. *a* según el método descrito por Lorenzen modificado por STRICKLAND & PARSONS (1972) con un espectrofotómetro SHIMADZU UV-120. La abundancia del fitoplancton se cálculo según el método de sedimentación (UTERMÖHL

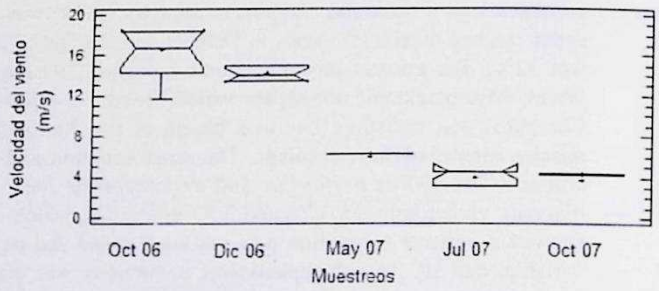


Fig. 1. Velocidad del viento por muestreo medida en la Isla La Tortuga (Dependencia Federal), Venezuela.

TABLA 1. Ubicación geográfica de las estaciones muestreadas en la Isla La Tortuga, Venezuela.

No	Estación	Latitud	Longitud
1	Punta Delgada	65°13`52"	10°53`19"
2	Punta Rancho	65°19`61"	10°59`19"
3	Palanquines	65°20`63"	10°59`20"
4	Cayo Herradura	65°22`76"	10°59`55"
5	Tortuguillo este	65°20`45"	10°58`26"
6	Tortuguillo oeste	65°25`44"	10°58`26"
7	Punta Tamarindo	65°25`34"	10°58`32"
8	Punta Arenas	65°25`34"	10°58`32"
9	Playa Sucia	65°19`25"	10°53`77"
10	Laguna de Carenero	65°19`25"	10°54`24"
11	Carenero	65°18`20"	10°54`20"
12	Los Mogotes	65°12`09"	10°55`02"

1958) un microscopio invertido (Wild Heerbrugg M40). a la identificación y clasificación de los organi en bentónicos (B) o planctónicos (P) se utiliza os trabajos de: Cupp (1943), Cleve (1951), Hende 964), Reyes-Vásquez (1971), La Barbera de Oliver 977, 1984), Sournia *et al.* (1979), Sánchez-Suárez 90, 1992 a y b, 1993), Thomas (1996) y Bérard-Therr *et al.* (1999). Se calculó la diversidad de a y b especie según Shannon-Wiener (1949); para esto sólo se inclu on las especies residentes, es decir, que las presente en más del 10% de las muestras.

Para determinar las diferencias temporales y espaciales de las variables estudiadas se efectuó un análisis de variancia no paramétrico de Kruskal-Wallis (Boyer *et al.* 1997) y para establecer las posibles relaciones entre éstas, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) a partir de una matriz de correlación múltiple (Johnson & Wichern 1992).

RESULTADOS

Se observaron parches de *Thalassia* en la mayoría de las estaciones muestreadas. En general, los muestreos se realizaron en días soleados con excepción de julio de 2007, cuando llovió durante el segundo día de muestreo. Los estadísticos básicos de los parámetros medidos en la Isla La Tortuga, Venezuela se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2. Estadísticos básicos de las variables medidas en la Isla La Tortuga, Venezuela.

Variable	N	Mínimo	Máximo	S
Velocidad del viento (m/s)	47	3,19	18,33	5,4892
Temperatura (°C)	47	27	32	1,0459
Biomasa fitoplanctónica (mg clor. a.m^{-3})	42	No detectable	2,99	0,5684
Abundancia total (x 10^{3} cél.l^{-1})	47	2	46	7,8748
Riqueza (N° de especie)	47	8	22	2,9529
H'	47	1,74	3,57	0,5723

N. número de muestras; S: desviación estándar; H' Diversidad de Shannon-Wiener.

Con relación a la dirección del viento se notó que la dirección dominante fue del este y/o noreste. En lo que respecta a la velocidad, el máximo valor (18,33 m s^{-1}) fue medido en octubre de 2006 y el mínimo en octubre de 2007 (3,19 m s^{-1}). Los valores intermedios fueron medidos en mayo con un promedio de 9,95 m/s. Se encontraron diferencias altamente significativas en la velocidad del viento con respecto a los muestreos (KW= 0,00; p< 0,001; Fig. 1), llegándose a formar tres grupos: uno de mayor velocidad del viento (octubre y diciembre de 2006), otro de velocidad intermedia (mayo de 2007); y finalmente un grupo de valores mas bajos (julio y octubre de 2007).

La temperatura del agua varió entre 27 y 32°C. El mínimo valor fue medido en la estación Playa Sucia (julio 2007), mientras que el mayor fue medido en la estación Laguna de Carenero (octubre 2006). Se detectaron diferencias altamente significativas en la temperatura con respecto a los muestreos (KW=0,00; p<0,001; Fig. 3A) más no así con respecto a las estaciones (KW=0,65; p>0,05).

La biomasa fitoplanctónica fue baja (promedio de 0,59 mg clor. *a* m^{-3} en la mayoría de las estaciones) pero al igual que la temperatura también fue muy variable. El intervalo estuvo entre no detectable y 2,99 mg clor. *a* m^{-3}. El menor valor fue medido en las estaciones Punta Arenas y Carenero (diciembre 2006), Palanquines y Tortuguillo este (mayo 2007) y Playa Sucia (julio 2007), mientras que el mayor valor fue medido en la estación Punta Rancho (diciembre 2006). Se encontró que no existían diferencias significativas en esta variable con respecto a los muestreos (KW= 0,60; p>0,05), pero si con respecto a las estaciones (KW= 0,026; p<0,05; Fig. 2B).

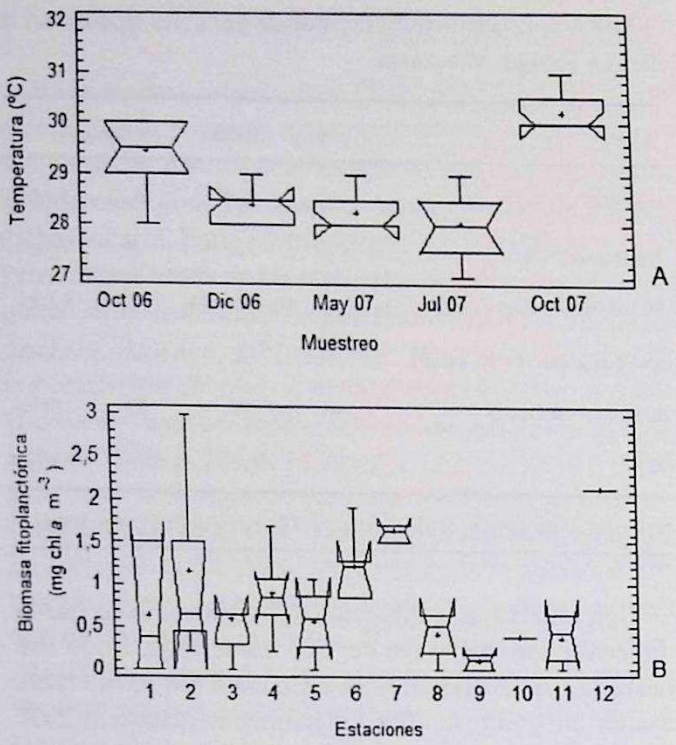


Fig. 2. Temperatura del agua (°C) por muestreo (A) y Biomasa fitoplanctónica (mg clor. *a* m^{-3}) por estación (B) medida en la Isla La Tortuga, Venezuela. 1, Pta Delgada; 2, Pta Rancho; 3, Palanquines; 4, Cayo Herradura; 5, Tortuguillo este; 6, Tortuguillo oeste; 7, Pta Tamarindo; 8, Pta Arenas; 9, Playa Sucia; 10, Laguna de Carenero; 11, Carenero; 12, Los Mogotes.

La abundancia fitoplanctónica varió ampliamente (1,43 – 45,98 x 10^3 céls l^{-1}). En el primer muestreo (octubre 2006), se midió el valor más alto 45,98 x 10^3 céls l^{-1} (Laguna de Carenero) siendo esta la estación donde se midió la mayor temperatura del agua. En el último muestreo (octubre 2007), se midió el valor más bajo 1,43 x 10^3 céls l^{-1} (Palanquines). Se encontró que existían diferencias muy significativas en la abundancia con respecto a los muestreos (KW= 0,004; p<0,01; Fig. 3A) y con respecto a las estaciones no se detectaron diferencias (KW=0,81; p>0,05).

Se identificaron 54 especies de las cuales 37 eran especies residentes (Tabla 3). Las diatomeas (17 especies residentes) *Navicula* sp.1 y *Nitzschia* sp. y *Hemiaulus sinensis* fueron las más frecuentes con un 80 y 51%, respectivamente. Entre los dinoflagelados (15 especies residentes), *M. perforatus,* Dinoflagelado desnudo 1 y *P. lima* fueron los más frecuentes (97 y 68%, respectivamente). En cuanto a las especies de cocolitofóridos y cianobacterias todas fueron residentes, siendo *Emiliana-Gephyrocapsa* y *Trichodesmium thiebautii* las más frecuentes (64 y 17%, respectivamente), mientras que el grupo de los "otros" estuvo representado por un flagelado verde con un 13%.

H' estuvo entre 1,74 y 3,57 (bits ind^{-1}). El menor valor correspondió a la Laguna de Carenero en octubre de 2006 mientras que el mayor valor correspondió a Palanquines en mayo de 2007. Se detectaron diferencias significativas en la diversidad con respecto a los muestreos (KW= 0,03; p<0,05; Fig. 3B). Sin embargo, H´ no varió de manera significativa con respecto a las estaciones (KW= 0,58; p> 0,05).

El Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables estudiadas mostró una variancia acumulada para el primer y segundo componente igual a 58,91% y para el tercero igual a 74,72% (Tabla 4). Se comprobó la existencia de una correlación positiva entre la velocidad del viento (Viel) y la abundancia (abun) en el primer componente. A su vez estas variables se relacionaron de manera negativa con la diversidad. La temperatura (Temp), la concentración de clor. *a* (Clor.) y la riqueza (S) no mostraron ningún tipo de relación con las variables anteriores (Fig. 4).

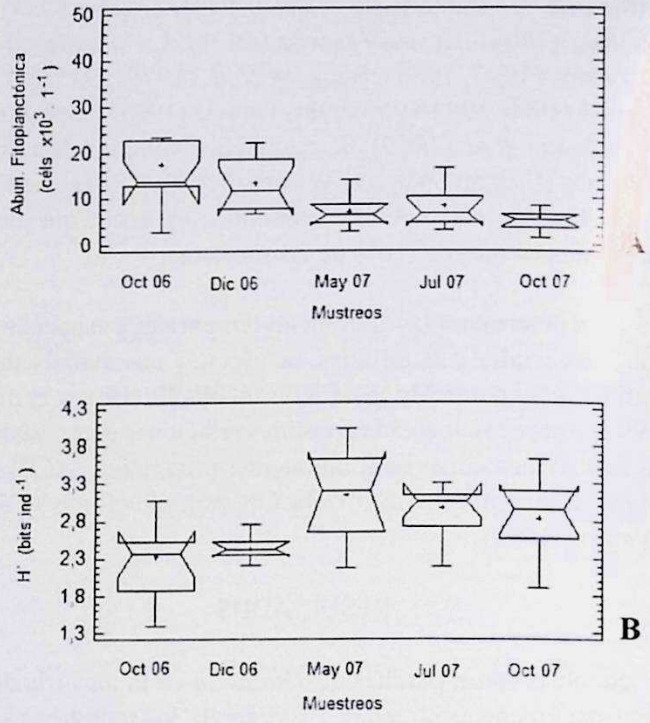


Fig. 3. Abundancia fitoplanctónica (céls x 10^3. l^{-1}, A) y Diversidad de SHANNON-WIENER (bits ind^{-1}, B) por muestreo, medida en la Isla La Tortuga, Venezuela

TABLA 3. Lista de especies residentes (> 10%) identificadas en la Isla La Tortuga, Venezuela. FA, frecuencia de aparición; B, bentónicos; P, planctónicos.

Esp. Residentes	FA (%)	Origen	Esp. Residentes cont.	FA (%)	Origen
Cianobacterias			*Nitzschia* sp.	60	P
Oscillatoria sp.	19	B	*Plagiotropis* sp.	11	P
Trichodesmium thiebautii	17	B	*Pleurosigma* sp.	26	B
Cocolitoforidos			*Pseudonitzschia* sp.	23	B
Emiliania-Gephyrocapsa	64	P	*Rhizosolenia* sp.	40	P
Helicosphaera sp.	23	P	**Dinoflagelados**		
Diatomeas			*Ceratium* cf. *setaceum*	28	P
Chaetoceros sp. 1	23	P	*Ceratium furca*	32	P
Chaetoceros sp. 2	13	P	*Ceratium teres*	15	P
Coscinodiscus sp. 2	32	P	*Dinophysis caudata*	19	P
Cylindrotheca closterium	43	P	*Dinophysis* sp.	40	P
Guinardia delicatula	36	P	*Gonyaulax* sp.	11	P
Guinardia striata	34	P	*Mesoporos perforatus*	96	P
Hemiaulus hauckii	13	P	*Prorocentrum compressum*	32	P
Hemiaulus sinensis	51	P	*Prorocentrum concavum*	19	B
Navicula cf. *amphisbaena*	28	B	*Prorocentrum gracile*	47	P
Navicula sp. 1	87	B	*Prorocentrum lima*	68	B
Navicula sp. 2	42	B	*Prorocentrum micans*	49	P
Nitzschia longissima	17	P	*Pyrodinium bahamense*	47	P
Pyrophacus horologium	15	P			
Dinoflagelado 1	87	-			
Otros					
Flagelado verde	13	-			

DISCUSION

La dirección del viento predominante fue del este-noreste; la mayor velocidad del viento se midió en octubre de 2006 coincidiendo con el paso de una onda tropical y en diciembre del mismo año correspondiendo con la llegada de los vientos alisios que soplan con mayor intensidad entre diciembre y febrero, para luego disminuir considerablemente durante los meses de verano. Esto también fue observado por: SÁNCHEZ-SUÁREZ (1994) en Cayo Dos Mosquises, archipiélago de Los Roques, quien analizó la ecología y dinámica del fitoplancton; OKUDA *et*

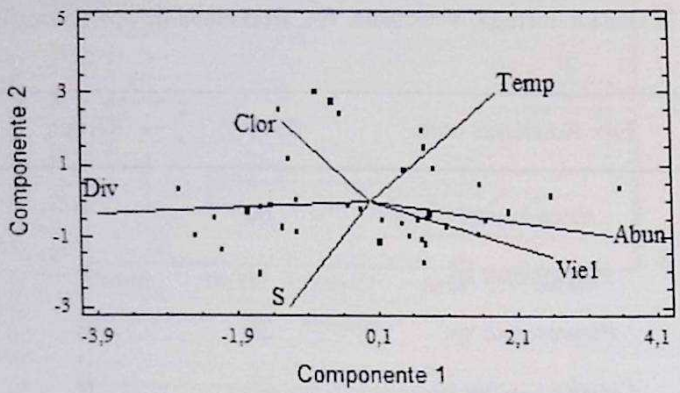


Fig. 4. Proyección ortogonal de algunas variables en el espacio definido por los primeros dos componentes del ACP para los cinco periodos de estudio en la Isla La Tortuga, Venezuela. (Viel, velocidad del viento; Temp, temperatura; Clor., clorofila; Abun, abundancia fitoplanctónica; S, riqueza, Div, diversidad de Shannon-Wiener.)

al. (1968) en el golfo de Cariaco; y PIRELA-OCHOA *et al.* (2008) en la bahía de Charagato, Isla de Cubagua. FUENZALIDA (1990) señaló que la intensidad del viento interviene en la escala diaria para los estudios de fitoplancton, ya que sus variaciones resultan en pulsos irregulares de nutrientes a la zona eufótica, especialmente en zonas someras. Bajo estas condiciones, el microfitoplancton responde con proliferaciones erráticas de diferentes especies, más que de una manera ordenada a lo largo de un proceso sucesional (HUTCHINGS *et al.*, 1995). La mayoría de las estaciones muestreadas estaban en áreas someras (< 15 m de profundidad) lo que unido a la turbulencia generada por el viento fue lo suficientemente fuerte como para transportar desde el sedimento marino los nutrientes necesarios para el desarrollo del fitoplancton.

La mayor temperatura fue registrada en la estación Laguna de Carenero debido a que este cuerpo de agua es somero y esta bordeado de manglares, lo que reduce el paso del viento y por tanto la mezcla. Además, se considera que la capa de agua superficial recibe directamente la radiación solar y por tanto se calienta más que el resto de la columna de agua (OKUDA *et al.*, 1968). PIRELA-OCHOA *et al.* (2007) registraron periodos similares de alta temperatura en la bahía de Charagato, Isla de Cubagua. Esta condición climatológica también fue observada por CASANOVA *et al.* (2007) en un estudio de zooplancton en el archipiélago Los Roques. Por el contrario, Rueda (2000), registró una variación de 7°C (21,75°C y 28,84°C) en la temperatura superficial del agua para el periodo de agosto de 1996 y marzo de 1997 en la depresión oriental de la Cuenca de Cariaco y evidenció dos importantes sucesos estacionales: un periodo de elevación de aguas más frías hasta la superficie (surgencia, enero-abril) y el calentamiento gradual de la columna de agua (junio-octubre), lo cual genera estratificación. A pesar de esta variación los valores estuvieron por debajo de los encontrados en el presente estudio. Se cree que la homogeneidad espacial en cuanto a la temperatura se debe a la poca profundidad de las estaciones y a los procesos de mezcla inducidos por el viento. Sin embargo, la variación temporal se corresponde con el régimen climático del sureste del Mar Caribe (CORREDOR *et al.* 2004).

TABLA 4. Porcentajes de variancia total explicada por los tres primeros componentes del Análisis de Componentes Principales (ACP) aplicado a los datos obtenidos en la Isla La Tortuga, Venezuela.

Componente	Porcentaje de variancia	Porcentaje acumulado
C-I%	34,235	34,235
C-II%	24,675	58,911
C-III%	15,806	74,717
Total		74,717

La biomasa fitoplanctónica fue baja. Sin embargo el estudio está en el intervalo establecido por MARSHALL (1991) para aguas oligotróficas de origen oceánico. En cuanto a la variabilidad espacial, el mayor valor registrado corresponde a la estación Punta Rancho (norte de la isla), la cual es una zona somera de alto oleaje. Allí, la turbulencia generada por el viento resuspende los sedimentos y enriquece la columna de agua. Es posible que el fitoplancton predominante, no produzca una alta concentración de clor *a*. debido a la alta irradiación solar que provoca fotoinhibición y producción de pigmentos fotoprotectores. HUOVINEN *et al.* (1999) señalan que las altas intensidades de luz inhiben el crecimiento del fitoplancton en la superficie. La fotoinhibición inducida por la intensa radiación solar causaría que las células se acumulen entre los 5 y 10 m donde consiguen la cantidad de luz y nutrientes adecuados para su crecimiento. Por otra parte, el pastoreo también afecta negativamente la biomasa fitoplanctónica superficial ya que el zooplancton consume una gran cantidad de microalgas y origina descensos en la concentración de clor. (HARRIS 1986).

Los valores de biomasa medidos en este estudio son similares a los señalados por Ferraz-Reyes (1983) quien atribuyó los resultados a la poca concentración de nutrientes en la isla. González (1989) informó resultados parecidos en Cayo Dos Mosquises (Archipiélago Los Roques) y los relacionó a la baja concentración de nutrientes. Asimismo, Palacios (2002) obtuvo resultados similares en las Islas Galápagos y los asoció con bajas concentraciones de hierro y nitratos. Debido a que no se realizaron muestreos durante la época de surgencia, es posible que la biomasa fitoplanctónica aumente como consecuencia de ese fenómeno.

La abundancia fitoplanctónica también fue baja y similar a los valores medidos por Ferraz-Reyes (1983) para la isla. Además, los resultados están dentro del intervalo para aguas oligotróficas de origen oceánico señalado por Marshall (1991). Sin embargo, en algunas estaciones como la laguna de Carenero, los valores relativamente altos podrían estar relacionados con las condiciones de la estación: manglares y sitio de asentamiento para pescadores que constituirían habitats de alta productividad. Los nutrientes provenientes de los desechos de los pescadores y de la degradación de materia orgánica de los manglares enriquecen la columna de agua y sustentan una comunidad fitoplanctónica más rica. Hay que destacar que la mayor abundancia se debe al florecimiento del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* el cual es un indicador de floraciones algales masivas (Steindiger & Tomas 1997).

Las condiciones del florecimiento monoespecífico de *P. bahamense* podrían ser explicadas, por una parte, considerando la supresión competitiva de los demás componentes ante su habilidad de explotar eficientemente el ambiente. De acuerdo con Hafner *et al.* (1980), en microsistemas, un factor importante es la adaptabilidad de las especies, de manera que diferentes conjuntos específicos de la comunidad residente, alcanzarán sus máximas tasas de crecimiento en momentos también específicos. En cuanto a las especies, *M. perforatus* y *Navicula* sp., *P. lima*, *Emiliania-Gephyrocapsa* y *Nitzschia* sp., su dominancia está relacionada con su pequeño tamaño y a su carácter de oportunistas, y a que sus necesidades nutritivas no son tan exigentes. En aguas donde las concentraciones de nutrientes son bajas, las células más pequeñas del fitoplancton se vuelven más eficientes en su asimilación. Estas células poseen una mayor superficie-área-volumen que favorece su supervivencia, lo cual es consistente con la idea de que el coeficiente especifico de absorción del fitoplancton está en función del tamaño de las células (Malone 1980).

La diversidad de Shannon-Wiener, fue muy variable en el periodo de estudio. Sin embargo, los valores más altos coincidieron con la disminución de la abundancia celular en los últimos tres muestreos. La diversidad del fitoplancton oscila generalmente entre 1,0 y 2,5 bits ind^{-1} en aguas costeras, siendo especialmente baja en estuarios, aguas contaminadas o con procesos de surgencias. En aguas oceánicas son frecuentes valores entre 3,5 y 4,5 bits ind^{-1} (Margalef 1972). El espectro de diversidad del área muestreada está más bien entre los límites del plancton nerítico y oceánico con alrededor de un 60% de las observaciones mayor a 2,5 y menor que 3,5 bits. Estudios previos efectuados en áreas adyacentes, específicamente en la plataforma nor-oriental de Venezuela indican que la diversidad del fitoplancton tiene una moda de 2,0 con valores que oscilan entre 0,0 y 4,8 bits (Margalef 1972). El valor modal de H' en la isla La Tortuga fue de 3,01 bits, lo que podría sugerir una mayor influencia oceánica. Valores de diversidad entre 2,5 y 4 bits también han sido señalados para el Pacífico colombiano Mora y Sánchez (Peña & Pinilla 2002). A pesar de que estos autores determinaron la diversidad beta la cual corresponde a varios habitats debido a que sus datos provienen de arrastres superficiales circulares que toman varios parches de la comunidad fitoplanctónica. En el presente trabajo, se determinó la diversidad alfa, es decir, la de estaciones puntuales (Margalef 1980). El análisis de varias comunidades fitoplanctónicas de diferentes áreas oceánicas del Mar Caribe, el Mediterráneo y el Atlántico nor-oeste de África ha proporcionado una extensa serie de valores de H´, los cuáles fluctúan entre 2,4 y 2,6 bits (Margalef 1980). De acuerdo a lo descrito anteriormente, las diversidades del fitoplancton de la isla La Tortuga son mucho mayores que la moda de las diversidades más frecuentes en el océano abierto. Al respecto, es importante señalar que el valor promedio de diversidad fue de 2,7 bits ind^{-1}, lo que indica que la comunidad estaba en una fase de crecimiento activo (Uribe 1982).

Los resultados obtenidos en este estudio señalan que la comunidad fitoplanctónica en términos de biomasa y abundancia fue muy variable en lo que respecta a los meses de muestreo. Por otra parte, la presencia de *Navicula* sp. y *Nitzschia* sp. entre los organismos dominantes indica que la turbulencia generada por el viento juega un papel importante en la determinación de la estructura de la comunidad fitoplanctónica. Las diatomeas como

organismos oportunistas aprovechan los pulsos de nutrientes originados por la turbulencia para florecer en un ambiente que en términos generales no le es propicio. Es posible que el corto tiempo de residencia de las aguas sea un obstáculo para el establecimiento de un determinado grupo fitoplanctónico.

CONCLUSIONES

Los valores de biomasa fitoplanctónica y abundancia total están dentro del intervalo establecido por FERRAZ-REYES (1983) para la isla La Tortuga y por MARSHALL (1991) para aguas oligotróficas. La turbulencia generada por el viento permite la presencia de diatomeas a pesar del dominio de los nanoflagelados.

AGRADECIMIENTO

A la Fundación La Tortuga, en especial a JUAN P. RUIZ–ALLAIS y ALBERTO BOSCARI, y al Instituto Oceanográfico de Venezuela por hacer posible la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

BÉRARD-THERRIAULT, L., M. POULIN & L. BOSSÉ. 1999. *Guide d'identification du phytoplankton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent.* CNRC. Ottawa, Canada. 387 pp.

BOYER, J., J. FOURQREAN & R. JONES. 1997. Spatial characterization of a water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analysis: Zones of similar influence (ZSI). *Estuaries,* 20: 743-758.

CASANOVA, E., E. ZOPPI & E.MONTIEL. 2007. Caracterización espacial y temporal del zooplancton en el Archipiélago Los Roques, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 46 (1): 51-65.

CLEVE, A. 1951. *Die diatomeen von Schweden Und Finnland.* Alqunvist & Wikselle Boktrycheri A. S. Stockholm, Suecia. 149 + 211 Lams.

CORREDOR, J. E., J. MOREL, J. LÓPEZ & A. ARMSTRONG. 2004. Cyclonic eddy entrains Orinoco River plume in Eastern Caribbean. *EOS,* 85 (20):197-208.

CUPP, E. 1943. Marine plankton diatoms of North America. *Bull. Scripps. Inst. Oceanogr. Tech. Ser.* 5 (1): 1-283.

FERRAZ-REYES, E. 1983. Estudio del fitoplancton en la cuenca Tuy-Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.* 22: 111-124.

FUENZALIDA, R. 1990. Variabilidad temporal de un índice de surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20° S). *Invest. Cient. Tecn. Ser. Cienc. Mar.* 1: 37-47.

GAMBOA-MÁRQUEZ, J., I. SÁNCHEZ-SUÁREZ & A. LA BARBERA de OLIVEROS. 1994. Dinoflagelados (Pyrrhophyta) del Archipiélago de Los Roques, Venezuela: familias Prorocentraceae y Ostreopsidaceae. *Acta Cient. Venez.* 45: 140-152.

GÓMEZ-GASPAR, A. & J. P. CHANUT. 1993. Hidrografía producción y abundancia fitoplanctónica al sur d la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.* 32 (1 y 2): 27 – 44.

GONZÁLEZ, E. 1989. Producción primaria del fitoplancton y caracterización fisicoquímica de las aguas del cayo Dos Mosquises, Los Roques, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.* 28 (1 y 2): 35 – 45.

HAFNER, G., G. HARRIS & M. JARAI. 1980. Physical variabilit and phytoplankton communities. III: vertica structure in phytoplankton populations. *Archi. fu Hidrobiol.* 89 (3): 363-381.

HARRIS, G. 1986. *Phytoplankton ecology.* Chapman and Hall, eds. London, U. K. 384 pp.

HUOVINEN, P., M. BRETT & C. GOLDMAN. 1999. Temporal and vertical dynamics of phytoplankton net growth in Castle Lake, California. *J. Plank. Res.* 21: 373-385.

HUTCHINGS, P., T. PROBYN & G. BAILEY. 1995. The chemical and biological consequences of coastal upwelling. In: Upwelling in the ocean modern Summerhayes C.P, K.C Emers, M.V Angel, RL Smith y B Zeitzchel (Eds). *Proc. Anc. Rec.* 1: 65-81.

JOHNSON, R. & D. WICHERN. 1992. *Applied multivariate statistical analysis.* 3ra ed. Prentice-Hall Int. Tercera ed. N.J., U.S.A. 642 pp.

La Barbera de Oliveros, A. 1977. *Contribución al conocimiento de las diatomeas del orden Achnanthales de Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela.* Trab. Grad. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 53 pp.

_____. 1984. *Estudio taxonómico de los dinoflagelados del orden Peridiniales de la plataforma nor-oriental de Venezuela.* Trab. Grad. M.Sc. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 98 pp.

Malone, T. 1980. Algal size. In *The I. Morris (ed), physiological ecology of phyotplakton.* Univ. California Press. Berkeley, U.S.A. P. 433-463.

Margalef, R. 1957. Fitoplancton de las costas de Puerto Rico. *Inv. Pesq.* 6: 39-52.

_____.1961. Hidrografía y fitoplancton de un área marina de la costa meridional de Puerto Rico. *Inv. Pesq., 18*: 33-96.

_____. 1965. Composición y distribución del fitoplancton del Mar Caribe (N.E. de Venezuela). *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 25 (70/72): 141-205.

_____. 1972. Regularidades en la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del Mar Caribe. *Inv. Pesq.* 36: 241-264.

_____. 1980. *La biosfera. Entre la termodinámica y el juego,* 236 p. Omega, Barcelona, España. 236 pp.

Marshall, D.1991. *Biología de las algas, enfoque fisiológico.* Ed. Limusa, México. 160 pp.

Okuda, T., J. Benítez, A. García & E. Fernández. 1968. Condiciones hidrográficas y químicas en la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo, desde 1964 a 1966., *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.* 7 (2): 7-37.

Ortega-Febres, G. & L. Herrera. 1975. Interpretación dinámica de algunas de las características oceanográficas de la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.* 14 (1): 3-29.

Palacios, D. 2002. Factors influencing the island-mass effect of the Galápagos Archipelago. *Geophys. Res. Letters* 29. 49-52.

Peña, V. & Pinilla, G. 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. *Rev. Biol. Mar y Oceanogr.* 37 (1): 67- 81.

Pírela-Ochoa, E., L. Troccoli & I. Hernández-Ávila. 2008. Hidrografía y cambios en la comunidad del microfitoplancton de la bahía de Charagato, Isla de Cubagua. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.* 14 (1): 3-29.

Reyes-Vásquez, G. 1971. Contribución al conocimiento de las diatomeas de la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela. Trab. de Ascenso Asistente. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 43 pp.

Rueda, D. 2000. Variabilidad temporal de la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la depresión oriental de la Cuenca de Cariaco y sus relaciones con los aspectos hidrográficos del estrato superficial (1996-1998). Trab.M.Sc. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 133 pp.

Sánchez-Suárez, I. 1990. Three new coccolithophorids (Haptophyta) from the south-eastern Caribbean Sea. *Cyclorolithella ferrazal* sp. nov., *Syracosphaera florida* sp. nov. and *Syrascophaera tummularis* sp. nov. *Acta Cient. Venez.* 41: 152-158.

_____. 1992 a. Coccolithophorids (Haptophyta) from the south-eastern Caribbean Sea: I. Orden Coccolithales and Eiffellithales. *Acta Cient. Venez.* 43: 34-44.

_____. 1992 b. Coccolithophorids (Haptophyta) from the south-eastern Caribbean Sea: II. Orden Syracosphaerales. *Acta Cient. Venez.* 43: 34-44.

_____. 1993. Coccolithophorids (Haptophyta) from the south-eastern Caribbean Sea: III. Orden Zygosphaerales. *Acta Cient. Venez.* 44: 192-197.

_____. 1994. Ecología y dinámica del fitoplancton en arrecifes coralinos: Un estudio en los "Islotes Dos Mosquises", Parque Nacional Archipiélago de los Roques, Venezuela. Trab. Grad. Doctorado, Fac. Ciencias. Univ. Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 145 pp.

SHANNON, C. & W. WIENER. 1949. *The mathe matical theory of communication*. Univ. Illinois Press. Urbana, USA. 117 pp.

SOURNIA, A., J. Grall & G. Jacques. 1979. Diatomées et dinoflagellés planctoniques d´une coupe méridienne dans le sud de l´Ocean Indian (Campagne "Antiprod I" du Marion Dufresne, Mars 1977*). Bot. Mar.* 22: 183-198.

STRICKLAND, J. & T. PARSONS. 1972. A practical handbook of Sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada,* 167: 1-310.

THOMAS, C. 1996. *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press. New York, U.S.A. 808 pp.

URIBE, E. 1982. Influencia del fitoplancton y producción primaria de las aguas antárticas en relación con la distribución y comportamiento del krill. *Inst. Antar. Chil. Ser Cient.* 28: 163-180.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Methodig. Mitt. Verein. Theor. Argiew. *Limnol.* 9: 1-38.

WILLIAMS, W. 1980. *Las maravillosas islas venezolanas.* Tipografía Croma. Caracas, Venezuela. 97 pp.

RECIBIDO: Febrero 2009
ACEPTADO: Junio 2010

Se terminó de imprimir
en los talleres de la
Editorial Universitaria
de la Universidad de Oriente
en el mes de Julio de 2011
Cumaná / Estado Sucre / Venezuela