

VARIACIÓN NICTEMERAL DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA Y SU RELACIÓN CON LAS ESPECIES FORMADORAS DE FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS EN LA BOCA DE LA LAGUNA COSTERA DE SONTECOMAPAN, VERACRUZ, MÉXICO

Muciño-Márquez, R.E., M. G. Figueroa-Torres & A. Esquivel-Herrera

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, C.P. 04960. email: mucinoelizabeth@gmail.com

RESUMEN. Se determinó la estructura de la comunidad fitoplanctónica a lo largo de un ciclo nictemeral y su relación con las especies que forman Floraciones Algales Nocivas (FAN), en la boca de la laguna costera de Sontecomapan, Veracruz, durante los días 27 y 28 de octubre de 1999. Se recolectaron muestras de agua cada dos horas con una botella van Dorn para medir la temperatura, la salinidad, el pH, el oxígeno disuelto, la composición y la abundancia de la comunidad fitoplanctónica y se revisó el comportamiento de flujo y reflujos de la marea. Para describir el comportamiento de la comunidad se calculó el índice de dominancia simple, el de diversidad de Shannon (H'), equidad de Pielou (J') y para comprender la relación de la abundancia de las especies del fitoplancton y las variables ambientales se aplicó un análisis de correspondencia canónica. Los resultados mostraron un total de 179 taxa, de los cuales 27 han sido reportadas como formadores de FAN en otros lugares. Los valores máximos de $H' = 5.8$, $J' = 0.9$ se reportaron a las 11:00 horas de los días 27 y 28 y los mínimos de $H' = 3.79$, $J' = 0.6$, a las 15:00 y las 23:00 horas del día 27. Con el índice de dominancia simple se determinó que *Fragilaria exigua*, *F. tenuicollis*, *F. ulna* var. *ulna*, *Prorocentrum gracile* y *Scrippsiella trochoidea*, fueron dominantes en el ciclo nictemeral. Cabe señalar que la salinidad fue la variable ambiental que más influyó en la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica.

Palabra clave: Fitoplancton, floraciones algales, ciclo nictemeral, laguna costera, Sontecomapan Veracruz.

Circadian variation of the phytoplankton community and its relationship to the species forming harmful algal blooms in the mouth of Sontecomapan coastal lagoon, Veracruz, Mexico

ABSTRACT. We determined the structure of the phytoplankton community along a circadian cycle and its relation to species Harmful Algae Species (HAB), at the mouth of the coastal lagoon, Sontecomapan Veracruz, during the 27th and 28th of October, 1999. Water samples were collected every two hours employing a van Dorn bottle, to measure temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, the composition and abundance of phytoplankton community and reviewed the behavior of ebb and flow of tides. In order to describe the behavior of the community the following criteria were used: simple dominance index, the Shannon diversity (H'), the Pielou equity (J') and a canonical correspondence analysis was applied to understand the relationship between the abundance of phytoplankton species and environmental variables. The results showed a total of 179 taxa, 27 of which form HAB elsewhere. At 11:00 hours on October 27 and 28 maximum values of $H' = 5.8$, $J' = 0.9$ are reported, the minimum of $H' = 3.79$, $J' = 0.6$ at 15:00 and 23:00 hours on October 27. With simple dominance index it was determined that *Fragilaria exigua*, *F. tenuicollis*, *F. ulna* var. *ulna*, *Prorocentrum gracile*, and *Scrippsiella trochoidea*, were dominant in the circadian cycle. It should be noted that salinity was the environmental factor which most influenced the composition and abundance of phytoplankton community.

Keywords: Phytoplankton, algal blooms, circadian cycle, coastal lagoon, Sontecomapan Veracruz.

Muciño-Márquez, R.E., M. G. Figueroa-Torres & A. Esquivel-Herrera. 2011. Variación nictemeral de la comunidad fitoplanctónica y su relación con las especies formadoras de florecimientos algales nocivos, en la boca de la laguna costera de Sontecomapan, Veracruz, México. *CICIMAR Océánides*, 26(1): 19-31.

INTRODUCCIÓN

Los ciclos nictemerales se caracterizan por tener una duración aproximada de 24 horas durante los cuales se alternan el día y la noche (Sournia, 1968). Estos ciclos inciden en el comportamiento de los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas acuáticos, en escalas de tiempo cortas (Carbajal & De la Lanza, 1987). En este sentido el fitoplancton responde a cambios relacionados con los ciclos nictemerales. Moore (1955) y Madigan et

al. (2004) señalan que el comportamiento de los organismos suele estar determinado tanto por las variaciones ambientales, como por su estado fisiológico y por su fase de desarrollo. Bajo condiciones ambientales específicas algunas especies del fitoplancton, entre las que destacan las diatomeas y los dinoflagelados (Zingone & Enevoldsen, 2000; Garcés et al., 2002), se desarrollan de forma masiva, evento que se conoce como floraciones o florecimientos algales. En México las investigaciones re-

lacionadas con la variación de la comunidad fitoplanctónica durante un ciclo nictemeral son escasas. Los pocos trabajos que existen se han realizado básicamente en bahías: Bahía Tortugas (Carbajal & De la Lanza, 1987), Bahía Magdalena (Gárate Lizárraga *et al.*, 2007), Bahía Concepción (Martínez-López & Gárate-Lizárraga, 1997) en el sistema costero de San Ignacio-Navachiste (Martínez-López *et al.*, 2007) y en la Bahía de Campeche (Santoyo & Signoret, 1977). En estos trabajos, fueron evidentes los cambios en la estructura y composición de las comunidades fitoplanctónicas, mostrando un dinamismo marcado como resultado de la influencia de los factores físicos y químicos, combinado en cada caso con condiciones particulares de cada ecosistema, tales como la ubicación geográfica, su geomorfología y su clima, entre otras. Considerando la falta de información sobre el comportamiento del fitoplancton en ciclos nictemerales en la laguna costera de Sontecomapan, Veracruz, el propósito de este trabajo consistió en conocer la influencia de las variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH) en la estructura de la comunidad fitoplanctónica, y su relación con la presencia de especies que forman florecimientos algales nocivos (FAN), a lo largo de un ciclo nictemeral, en la boca de la laguna costera de Sontecomapan, Veracruz durante los días 27 y 28 de octubre de 1999.

MATERIAL Y MÉTODOS

La laguna de Sontecomapan se sitúa dentro de la Reserva de Biósfera de Los Tuxtlas, en la región de la cuenca que forman el volcán de San Martín Tuxtla y la sierra de Santa Martha, en el estado de Veracruz, México. Sus coordenadas geográficas son 18° 30' y 18° 34' N y 95° 00' y 95° 04' W (Contreras, 1985).

En la laguna vierten sus aguas diversos ríos y arroyos a través de flujos permanentes o intermitentes. La Boca se encuentra en la porción noroeste, en donde se presenta un fuerte intercambio de agua marina costera y de agua dulce de origen continental en esta zona se ubica un importante depósito de sedimentos. En el extremo opuesto se presenta una formación de tipo basáltico llamada Roca Morro y entre ambas se forma un valle que facilita la acumulación de nutrientes formando un surco fértil (Contreras, 1985).

La laguna tiene una profundidad promedio de 1.50 m, con una transparencia media de 0.60 m y una temperatura superficial promedio de 24°C, similar a la del fondo. La parte sur de la laguna es predominantemente mesohalina, con salinidades entre 5 y 18 psu; la región central es polihalina (25-30) y en la boca el ambi-

ente es eurihalino (34-40 psu) (Contreras *et al.*, 1993). Aké-Castillo y Vázquez (2008) reportan que en la época de lluvias los afluentes de agua dulce aumentan el caudal, disminuyendo las concentraciones de sales dentro de la laguna hasta cero y por el contrario en algunas partes de la boca se observa un máximo de 35 psu. El cuerpo mayor de la laguna esta rodeada en su totalidad por una franja de manglar: *Rhizophora mangle* y *Avicennia* sp. (Contreras, 1985).

Se estableció una estación ubicada en la boca de la laguna de Sontecomapan, Veracruz (Fig. 1); se recolectaron muestras de fitoplancton y de agua cada dos horas hasta cubrir 36 horas en la época de lluvias, los días 27 y 28 de octubre de 1999.

Las muestras de fitoplancton se obtuvieron a nivel de superficie (10 cm de profundidad) y de medio fondo (50 cm de profundidad), con el empleo de una botella van Dorn, dando un total de 36 muestras, las cuales se colocaron en frascos de 250 ml y se fijaron con acetato-lugol en una proporción de 100:1 respecto a la muestra. En cuanto a las variables ambientales se registraron la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto utilizando un oxímetro Modelo YSI 85 y la salinidad con un refractómetro. Para conocer el flujo y reflujo de la marea, se consultó el programa de predicción de mareas JTIDES Home Page versión 5.2 (<http://www.arachnoid.com/JTides>).



Figura 1.- Área de estudio y de la zona de muestreo (*).
Figure 1. Study area and sampling zone (*)

Para la cuantificación de fitoplancton, las muestras se homogenizaron y se tomaron, del mismo volumen, alícuotas de 2 ml, las cuales se depositaron en cámaras de Utermöhl para su revisión en un microscopio invertido Olympus CK40. Para la identificación de los taxa fitoplanctónicos se consultaron las obras de Schiller (1933; 1937), Dodge (1982), Lassus (1988), Fukuyo *et al.* (1990), Licea *et al.* (1995), Cortés-Altamirano (1998), Faust *et al.* (1999), Siqueiros-Beltrones (2002) y Gárate-Lizárraga *et al.* (2009), entre otras.

Las diferencias entre los parámetros ambientales y de las abundancias en los dos niveles de profundidad en el ciclo nictemeral, se definieron mediante un análisis de variación con pruebas no paramétricas de Mann-Whitney, en el programa STATISTICA versión 8.

Para evaluar la diversidad se utilizó el índice de Shannon (H') y el de equidad de Pielou (J') (Magurran, 1989) así como el índice de dominancia simple; éste último resalta la abundancia relativa de las especies más abundantes en función del 100% total (De La Cruz Agüero, 1994); asimismo, se consideró la riqueza de especies (S).

Para establecer los principales factores ambientales y el patrón de distribución de la comunidad fitoplanctónica en el ciclo nictemeral, se realizó un análisis de correspondencia canónica (ACC) utilizando una matriz de factores ambientales y de abundancia de las especies mediante el programa Pcord vers. 4.25. Considerando que los factores ambientales no presentaron una variación significativa ($p > 0.05$), se unieron las matrices de superficie y de medio fondo, para obtener el comportamiento total de la comunidad fitoplanctónica en el ciclo nictemeral. La matriz general se obtuvo con el sistema para el análisis de comunidades versión 3.0 ANACOM (De La Cruz-Agüero, 1994).

RESULTADOS

Variables ambientales

La temperatura, el pH y la concentración de oxígeno no mostraron cambios significativos ($p > 0.05$) a lo largo del ciclo nictemeral: la temperatura presentó oscilaciones entre 22.8 °C y 26.2 °C (Fig. 2 a); el pH estuvo próximo a la neutralidad, variando de 7.28 a 7.86 (Fig. 2 b) y la concentración de oxígeno disuelto varió de 53 a 75 % (Fig. 2 c). En cambio, la salinidad presentó cambios significativos ($p < 0.05$), con una marcada variación, con valores máximos de 30.5 psu entre las 17:00 a las 21:00 horas disminuyendo de las 3 a las 13 horas, con valores de entre 4 y 6 psu; este comportamiento

se repitió en ambos días (Fig. 3). Al respecto, el flujo de la marea varió de 0.57 a 0.67 m a las 17:00 horas del día 27 hasta las 3:00 horas del día siguiente, con un reflujo de -0.01 a 0.46 m de las 7:00 a las 15:00 horas de ambos días (Fig. 3). Al relacionar los cambios de salinidad con el flujo y reflujo de marea, se observó una correlación significativa $r^2 = 0.5$ (Fig. 4), en donde la salinidad aumentó debido a la entrada de agua marina y disminuyó con el reflujo por la salida del agua de origen continental.

Estructura de la comunidad fitoplanctónica

La abundancia de la comunidad fitoplanctónica entre los dos niveles muestreados (10 y 50 cm) no presentó cambios significativos ($p > 0.05$) durante el ciclo nictemeral, por lo cual se sumaron ambos valores para tener la abundancia total por muestreo durante el ciclo. Se observó un incremento en la abundancia a las 21:00 horas del día 27 con 255×10^3 cél L^{-1} y comenzó a descender hasta presentar los valores mínimos de 60×10^3 cél L^{-1} a la 1:00 del día 28. Posteriormente se volvió a incrementar hasta llegar a tener 270×10^3 cél L^{-1} a las 11:00 del mismo día 28, disminuyendo de 59×10^3 cél L^{-1} hacia las 15:00 horas (Fig. 5). La abundancia de las especies formadoras de florecimientos algales, presentaron el mismo patrón

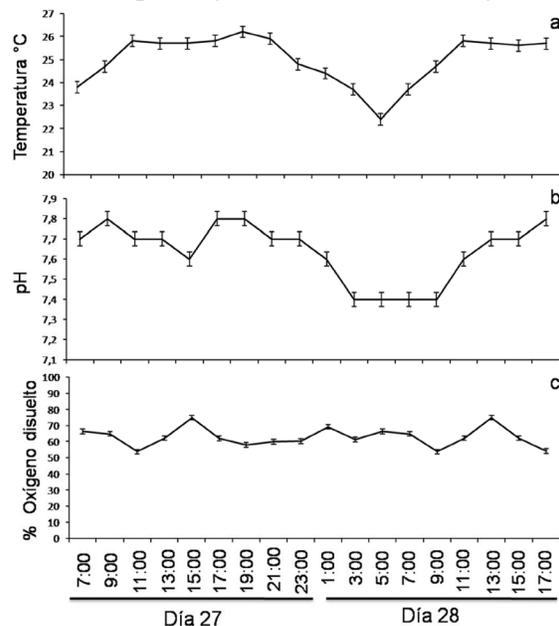


Figura 2. Variables ambientales registradas en la boca de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz durante el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999. a) Temperatura b) pH y c) porcentaje de oxígeno disuelto.

Figure 2. Environmental variables recorded at the mouth of the Sontecomapan lagoon, Veracruz, during the circadian cycle in October 27 and 28, 1999. A) Temperature; b) pH and c) Dissolved oxygen percent.

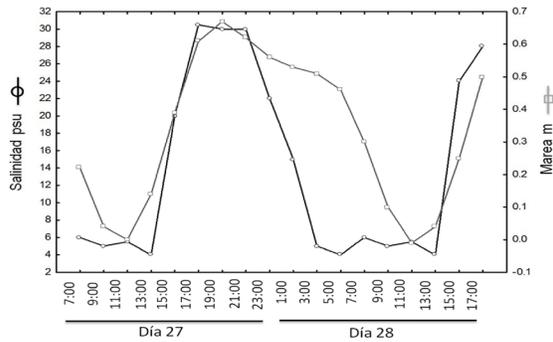


Figura 2. Variaciones de salinidad (UPS) y del nivel de marea (m) en la boca de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz en el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999.

Figure 4. Salinity variations (PSU) and tide level (m) in the mouth of the Sontecomapan lagoon, Veracruz, during the circadian cycle in October 27 and 28, 1999.

de comportamiento, aunque con una densidad relativa baja (Fig. 5).

La comunidad fitoplanctónica estuvo constituida por 179 taxa correspondientes a seis Divisiones, seis Clases, 14 Órdenes, 32 Familias, 76 Géneros, 135 identificadas a nivel de especie, de las cuales, 27 especies son consideradas formadoras de floraciones algales (Tabla 1, Láminas 1-2). Las diatomeas representaron el 61.3% con 109 taxa, los dinoflagelados el 20.0% con 38 taxa y el 18.7% restante lo constituyeron las clorofitas con 11 taxa, las cianofitas con nueve, las euglenofitas con siete, las rafidofíceas con dos, los silicoflagelados con dos y las rodofitas con uno.

La diversidad (H'), la equidad (J') (Fig. 6) y la riqueza de especies (S) (Fig. 7) de la comunidad total del fitoplancton, durante el ciclo nictemeral, presentaron valores máximos de $H' = 5.8$, de $J' = 0.9$ y de $S = 81$ especies a las 11:00 horas de los días 27 y 28 de octubre.

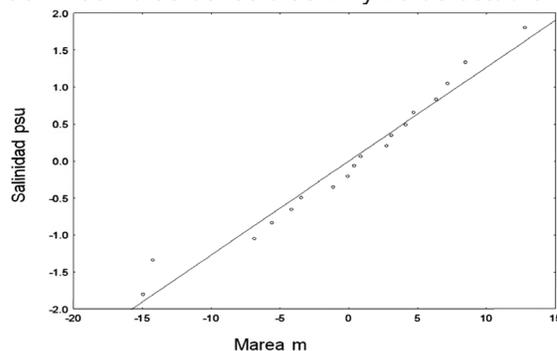


Figura 4. Correlación de la marea (m) con la salinidad (UPS) en la boca de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz en el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999.

Figure 4. Tide correlation (m) with salinity (PSU) in the mouth of the Sontecomapan lagoon, Veracruz, during the circadian cycle in October 27 and 28, 1999.

Mientras que los valores mínimos de $H' = 3.79$, $J' = 0.67$ y $S = 51$ especies se estimaron a las 15:00 y las 23:00 horas del día 27. Se sugiere que el cambio drástico en las condiciones de la salinidad por el flujo y reflujo de la marea, evita que se establezcan especies dominantes, lo cual se ve reflejado en la variación de la diversidad.

Si bien, la composición de especies del fitoplancton durante el ciclo nictemeral estuvo constituida principalmente por las diatomeas, seguidas de los dinoflagelados. El día 27 las diatomeas incrementaron su número de especies a 70 entre las 9:00 y las 13:00 horas, en cambio de las 15:00 a las 23:00 horas se presentó una ligera tendencia a incrementarse la riqueza de especies de dinoflagelados a 15 especies (Fig. 7).

El índice de dominancia simple muestra que *Fragilaria exigua*, *F. tenuicollis*, *F. ulna* var. *ulna*, *Prorocentrum gracile* y *Scrippsiella trochoidea*, fueron dominantes en todo el ciclo nictemeral (Tabla 1). El día 27 se presentó la máxima abundancia de las 15:00 a las 21:00 horas (Fig. 8), a excepción de un incremento de *Scrippsiella trochoidea* (40×10^3 céls L^{-1}) a las 13:00 horas del día 28. Cabe destacar que *Prorocentrum gracile* y *Scrippsiella trochoidea* son especies que forman florecimientos en otras lagunas costeras, sin embargo, en este trabajo las abundancias de estas especies no rebasaron el millón de células.

En el análisis de correspondencia canónica se observó una varianza explicada por el modelo del 49 % para los dos primeros ejes. Esto mostró, que la salinidad fue la variable ambiental que presentó una correlación significativa de $r = 0.90$ para el primer eje (Fig. 9), por lo cual se considera que fue el factor más importante que favoreció el incremento en la abundancia de las especies del fitoplancton total y de las especies que forman FAN. En el lado izquierdo se observa que de las 15:00 a las 23:00 horas del día 27 hubo una influencia marina presentando especies características de esta condición como fue el caso de *Fragilaria exigua*, *Prorocentrum gracile*, *P. micans* y *P. compressum*, entre otras. Asimismo, en el lado derecho se observa una influencia de agua de origen continental de las 7:00 a 13:00 horas, asociándose a las especies como *Scenedesmus quadricauda* y *Selenastrum westii*, con afinidad dulceacuícola.

DISCUSIÓN

El ciclo nictemeral de la comunidad fitoplanctónica, en la boca de la laguna costera Sontecomapan, Veracruz, estuvo regulado

Tabla 1. Lista de especie, Índice de Dominancia Simple (IDS), Afinidad ambiental o estirpe (A) y que forman florecimientos Algales nocivos (FAN) del fitoplancton de la boca de la laguna costera Sontecomapan, Veracruz. Marina (M). Continental (C). Ácido sulfhídrico (AS), Ácido domóico (AD), EAM (Envenenamiento Amnésico por Consumo de Moluscos), EDM (Envenenamiento Diarreico por Consumo de Moluscos), EPM (Envenenamiento Paralizante por Consumo de Moluscos).

Table 1. Species list, Single Dominance Index (SDI), Enviromental affinity or lineage (E) and Harmful Algal Bloom species (HAB) from fitoplancton in the mouth of the coastal lagoon Sontecomapan, Veracruz. Marina (M). Continental (C). Sulphydric Acid (SA). Domoic acid (DA). ASP (Amnesic Shellfish Poisoning), DSP (Diarreal Shellfish Poisoning), PSP (Paralizing Shellfish Poisoning).

Especies registradas	IDS	A.	FAN	Especies registradas	IDS	A.	FAN
Diatomeas				<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0.820	M	No
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0.116	M	No	<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.077		No
<i>Amphiprora paludosa</i>	0.019	M	No	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1.825	M	Sí
<i>Amphora angusta</i> var. <i>eulensteinii</i>	0.154	M	No	<i>Cymatopleura solea</i>	0.087	M	No
<i>Amphora clara</i>	0.610	M	No	<i>Cymbella minuta</i> var. <i>pseudogracilis</i>	1.010	M	No
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>pediculus</i>	0.039	M	No	<i>Denticula elegans</i>	0.530	M	No
<i>Amphora proteus</i>	1.333	M	No	<i>Diatomea</i> sp.	0.230		No
<i>Amphora</i> sp.	0.018	M	No	<i>Diploneis bombus</i>	1.210	M	No
<i>Aulodiscus</i> sp.	0.710		No	<i>Diploneis ovalis</i>	0.425	M	No
<i>Bacillaria paxillifer</i>	2.610	M	Sí	<i>Diploneis</i> sp.	0.270	M	No
<i>Bacteriastrium delicatum</i>	0.610	M	No	<i>Ditylum brightwellii</i>	0.039	M	No
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>princeps</i>	0.019	M	No	<i>Fallacia pygmaea</i>	0.058	M	No
<i>Bacteriastrium</i> sp.	0.019	M	No	<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i>	1.010	M	No
<i>Biddulphia biddulphiana</i>	0.019	M	No	<i>Fragilaria construens</i>	0.710	M	No
<i>Biddulphia pulchella</i>	0.081	M	No	<i>Fragilaria exigua</i>	11.74	M	No
<i>Biddulphia</i> sp.	0.039		No	<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>parasitica</i>	0.232	M	No
<i>Chaetoceros atlanticus</i>	0.154	M	Sí	<i>Fragilaria pinnata</i>	0.435	M	No
<i>Chaetoceros debilis</i>	0.040	M	Sí	<i>Fragilaria tenuicollis</i>	8.251	M	No
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.021	M	No	<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	1.110	M	No
<i>Cocconeis disculoides</i>	0.116	M	No	<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>ulna</i>	5.504	M	No
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	0.017	M	No	<i>Fragilaria</i> sp.	0.019		No
<i>Cocconeis scutellum</i>	0.910	M	No	<i>Fragilaria</i> sp. 1	2.610		No
<i>Cocconeis</i> sp.	0.145		No	<i>Fragilaria</i> sp. 2	1.846		No
<i>Coscinodiscus centralis</i>	0.750	M	Sí	<i>Fragilaria</i> sp. 3	0.510		No
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	0.212	M	Sí	<i>Fragilaria</i> sp. 4	0.333		No
<i>Coscinodiscus curvatulus</i>	0.521	M	No	<i>Gomphoneis herculeana</i> var. <i>robusta</i>	0.310	M	No
<i>Coscinodiscus granii</i>	0.927	M	Sí	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	0.020	M	No
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0.020	M	No	<i>Nitzschia vidovichii</i>	0.018	M	No
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0.018	M	No	<i>Nitzschia</i> sp.	1.400		No
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0.020	M	No	<i>Odontella mobiliensis</i>	0.018	M	No
<i>Mastogloia pusilla</i> var. <i>lineatus</i>	0.340	M	No	<i>Paralia sulcata</i>	0.210	M	No
<i>Navicula americana</i>	0.502	M	No	<i>Pinnularia lata</i>	0.154	M	No
<i>Navicula cryptocephala</i>	0.311	M	No	<i>Pinnularia mesolepta</i>	0.100	M	No
<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>subsalina</i>	0.700	M	No	<i>Pinnularia nobilis</i>	0.100	M	No
<i>Navicula cuspidata</i>	0.440	M	No	<i>Pinnularia</i> sp.	3.100	M	No
<i>Navicula disparilis</i> var. <i>stigmata</i>	0.141	C	No	<i>Pinnularia</i> sp. 1	0.444	M	No
<i>Navicula gastrum</i>	1.742	M	No	<i>Pinnularia</i> sp.2	0.310	M	No
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0.020	M	No	<i>Nitzschia vidovichii</i>	0.018	M	No
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0.018	M	No	<i>Nitzschia</i> sp.	1.400		No
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0.020	M	No	<i>Odontella mobiliensis</i>	0.018	M	No
<i>Mastogloia pusilla</i> var. <i>lineatus</i>	0.340	M	No	<i>Paralia sulcata</i>	0.210	M	No
<i>Navicula americana</i>	0.502	M	No	<i>Pinnularia lata</i>	0.154	M	No
<i>Navicula cryptocephala</i>	0.311	M	No	<i>Pinnularia mesolepta</i>	0.100	M	No
<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>subsalina</i>	0.700	M	No	<i>Pinnularia nobilis</i>	0.100	M	No
<i>Navicula cuspidata</i>	0.440	M	No	<i>Pinnularia</i> sp.	3.100	M	No
<i>Navicula disparilis</i> var. <i>stigmata</i>	0.141	C	No	<i>Pinnularia</i> sp. 1	0.444	M	No
<i>Navicula gastrum</i>	1.742	M	No	<i>Pinnularia</i> sp.2	0.310	M	No
<i>Navicula gottlandica</i>	0.141	M	No	<i>Pleurosigma rigidum</i> var. <i>incurvata</i>	0.070	C	No
<i>Navicula cf. humerosa</i>	0.122	M	No	<i>Proboscia alata</i>	0.122	M	Sí
<i>Navicula inconspicua</i>	0.232	C	No	<i>Proboscia</i> sp.	0.350	M	No
<i>Navicula minnewaukonensis</i>	0.041	M	No	<i>Psammodictyon panduriforme</i>	0.734	M	No
<i>Navicula ludloviana</i>	0.300	M	No	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	0.174	M	AD
<i>Navicula mutica</i>	0.130	M	No	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> var. <i>atlantica</i>	0.212	M	No
<i>Navicula placentula</i>	0.100	M	No	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	0.020	M	EAM
<i>Navicula platyventris</i>	0.210	C	No	<i>Rhizosolenia acuminata</i>	0.020	M	No
<i>Navicula poconoensis</i>	0.016	C	No	<i>Rhizosolenia bergonii</i>	0.050	M	No
<i>Navicula radiosa</i> var. <i>tenella</i>	0.309	M	No	<i>Rhopalodia</i> sp.	0.019	M	No
<i>Navicula rhynchocephala</i>	0.018	M	No	<i>Surirella striatula</i>	0.080	M	No
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>intermedia</i>	1.970	M	No	<i>Synedra goulardii</i>	0.020	M	No
<i>Navicula tuscula</i>	0.600	M	No	<i>Synedra ulna</i>	1.00	M	No

Tabla 1. Continuación.
Table 1. Continued.

Especies registradas	IDS	A.	FAN	Especies registradas	IDS	A.	FAN
<i>Navicula</i> sp.	0.710		No	<i>Thalassionema nitzschioides</i> var. <i>lanceolata</i>	1.024	M	No
<i>Navicula</i> sp.1	0.502		No	<i>Thalassiosira plicata</i>	0.160	M	No
<i>Navicula</i> sp.2	0.040		No	<i>Thalassiosira</i> sp.	0.050	M	No
<i>Nitzschia angularis</i>	0.312	M	No	Dinoflagelados			
<i>Nitzschia closterium</i>	1.300	M	No	<i>Achradina</i> sp.	2.310	M	No
<i>Nitzschia compressa</i>	0.200	M	No	<i>Akashiwo sanguinea</i>	0.019	M	Anoxia
<i>Ceratium furca</i>	0.020	M	Anoxia	<i>Protoperidinium depressum</i>	1.210	M	No
<i>Ceratium fusus</i>	0.020	M	AS	<i>Protoperidinium ovatum</i>	0.610	M	No
<i>Ceratium tripos</i>	0.020	M	Sí	<i>Protoperidinium punctulatum</i>	0.081	M	No
<i>Ceratium</i> sp.	0.020	M	No	<i>Pyrocystis lunula</i>	0.018	M	No
Dinoflagelado no identificado	0.061		No	<i>Pyrophacus horologium</i>	0.541	M	No
<i>Dinophysis caudata</i>	0.018	M	EDM	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	4.442	M	Sí
<i>Dinophysis</i> sp.	0.018	M	No	<i>Zygabikodinium lenticulatum</i>	0.020	M	No
<i>Diplopsalis</i> sp.	0.018	M	No	Clorofitas			
<i>Glenodinium gymnodinium</i>	0.018	M	No	<i>Actinastrum hantzschii</i>	0.081	C	No
<i>Glenodinium danicum</i>	0.018	M	No	<i>Pandorina morum</i>	0.061	C	No
<i>Glenodinium</i> sp.	0.018	M	No	<i>Raphidonema nivale</i>	0.018	C	No
<i>Goniodoma sphaericum</i>	0.018	M	No	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	0.058	C	No
<i>Gonyaulax turbynei</i>	0.018	M	Sí	<i>Scenedesmus arcuatus</i>	0.020	C	No
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.018	M	No	<i>Scenedesmus falcatus</i>	0.020	C	No
<i>Gymnodinium</i> sp. 1	0.018	M	No	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	0.200	C	No
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	0.018	M	No	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>westii</i>	0.220	C	No
<i>Gyrodinium spirale</i>	0.018	M	Sí	<i>Staurastrum leptocladum</i>	0.018	C	No
<i>Noctiluca scintillans</i>	0.018	M	Sí	<i>Selenastrum westii</i>	0.210	C	No
<i>Operculodinium israelianum</i>	0.020	M	No	<i>Ulothrix</i> sp.	0.018	C	No
<i>Ostreopsis</i> sp.	0.020	M	No	Cianofitas			
<i>Oxytoxum globosum</i>	0.020	M	No	Cianobacteria no identificada	0.061		No
<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	0.064	M	No	<i>Merismopedia elegans</i>	0.041	C	No
<i>Pleuromonas</i> sp.	0.330	M	No	<i>Merismopedia glauca</i>	0.020	C	No
<i>Podolampas reticulata</i>	0.230	M	No	<i>Merismopedia</i> sp.	0.020	C	No
<i>Prorocentrum compressum</i>	0.116	M	Sí	<i>Oscillatoria</i> sp.	0.020	C	No
<i>Prorocentrum gracile</i>	5.220	M	Sí	<i>Oscillatoria</i> sp.1	0.020	C	No
<i>Prorocentrum micans</i>	0.830	M	Sí	<i>Phormidium retzii</i>	0.041	C,M	No
<i>Prorocentrum robustum</i>	0.502	M	No	<i>Spirulina nordstedtii</i>	0.041	C	No
<i>Prorocentrum</i> sp.	0.039	M	No	<i>Johannesbaptistia pellucida</i>	0.351	M	No
<i>Euglena polymorpha</i>	0.232	M	No	<i>Dictyocha fibula</i>	0.018	M	Sí
<i>Euglena stellata</i>	0.174	M	Sí	<i>Dictyocha</i> sp.	0.018	M	No
<i>Euglena viridis</i>	0.251	M	Sí	Rodofitas			
<i>Euglena</i> sp.	0.018		No	Rodofita no identificada	0.020	M	No
<i>Euglena</i> sp. 1	7.550		No	Rafidofíceas			
<i>Euglena</i> sp. 2	0.041		No	<i>Olisthodiscus luteus</i>	0.710	M	Sí
<i>Trachelomonas</i> sp.	0.041	C	No	<i>Chatonella</i> sp.	0.019	M	Sí

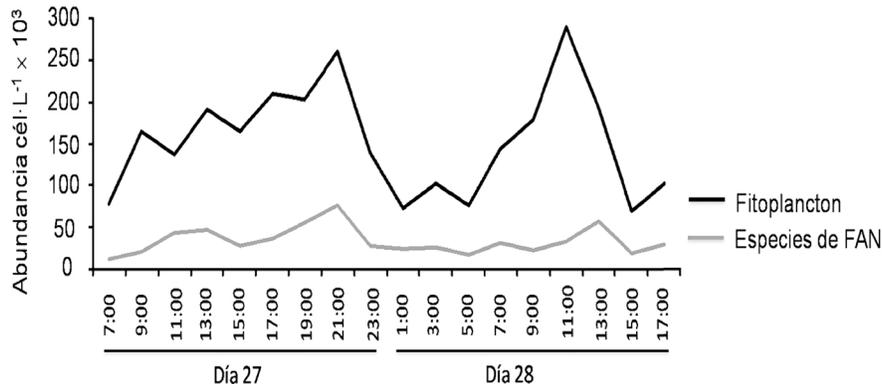


Figura 5. Variación de la abundancia del fitoplancton total y especies FAN, en la boca de la laguna, durante el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999.

Figure 5. Total phytoplankton and HAB species abundance in the mouth of the Sontecomapan lagoon, Veracruz, during the circadian cycle in October 27 and 28, 1999.

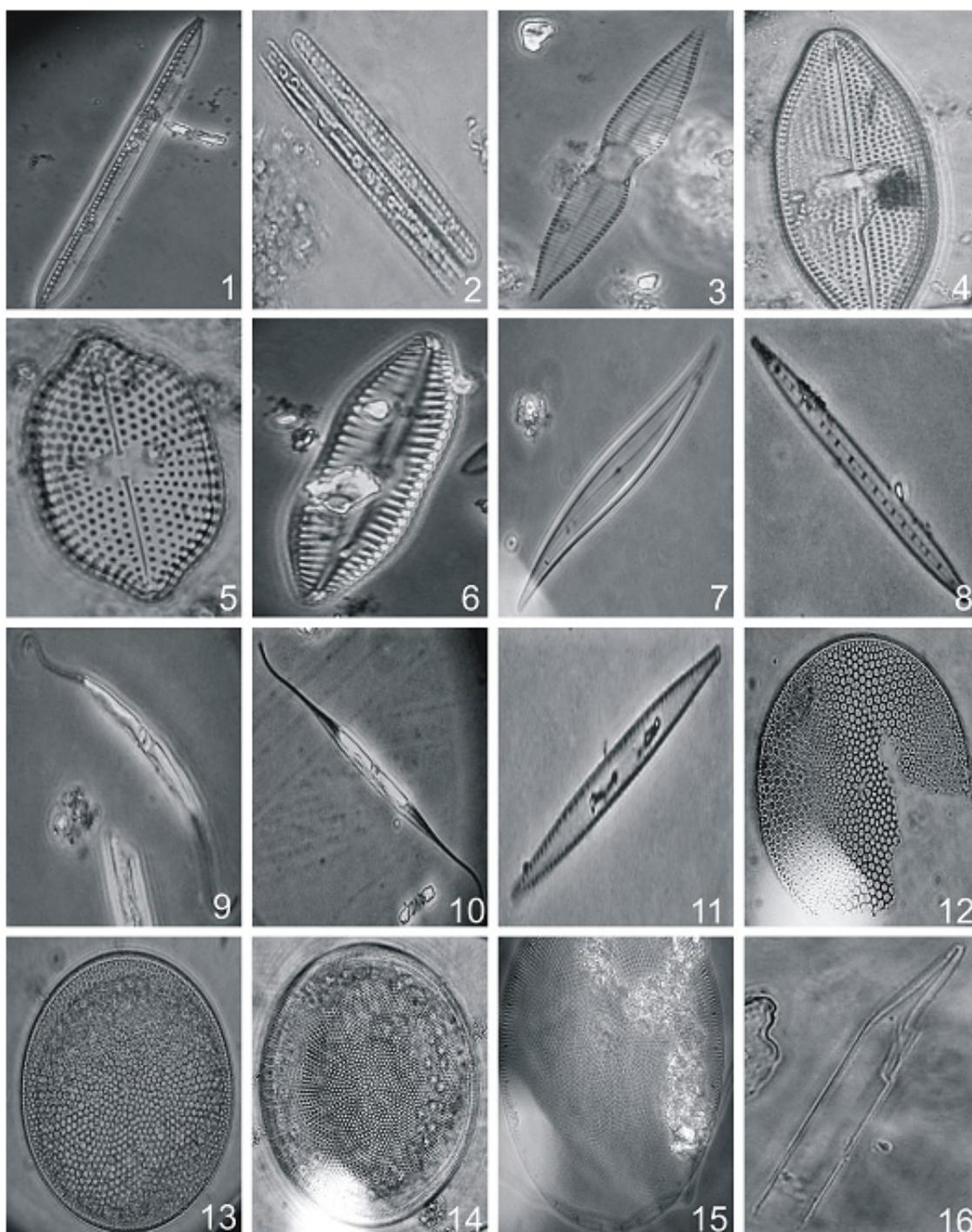


Lámina 1: 1) *Bacillaria paxillifer*, 2) *Fragilaria exigua*, 3) *Synedra gouldardii*, 4) *Navicula placentula*, 5) *Navicula cf. humerosa*, 6) *Navicula minnewaukonensis*, 7) *Gyrosigma attenuatum*, 8) *Nitzschia angularis*, 9-10) *Nitzschia closterium*, 11) *Pseudo-nitzschia seriata*, 12) *Coscinodiscus radiatus*, 13) *Coscinodiscus centralis*, 14) *Coscinodiscus concinnus*, 15) *Coscinodiscus granii*, 16) *Proboscia alata*.

Plate 1: 1) *Bacillaria paxillifer*, 2) *Fragilaria exigua*, 3) *Synedra gouldardii*, 4) *Navicula placentula*, 5) *Navicula cf. humerosa*, 6) *Navicula minnewaukonensis*, 7) *Gyrosigma attenuatum*, 8) *Nitzschia angularis*, 9-10) *Nitzschia closterium*, 11) *Pseudo-nitzschia seriata*, 12) *Coscinodiscus radiatus*, 13) *Coscinodiscus centralis*, 14) *Coscinodiscus concinnus*, 15) *Coscinodiscus granii*, 16) *Proboscia alata*.

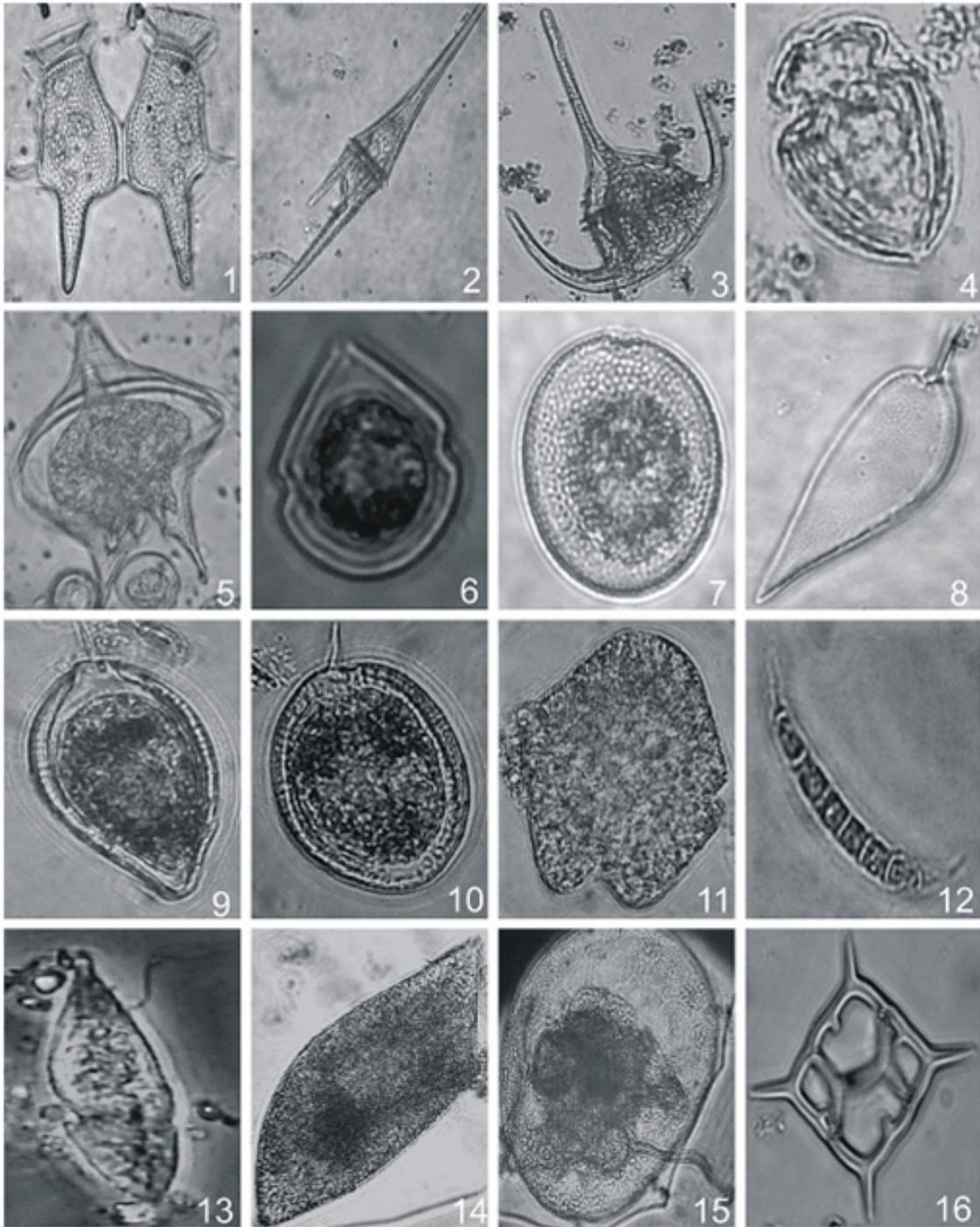


Lámina 2: 1) *Dinophysis caudata*, 2) *Ceratium furca*, 3) *Ceratium tripos*, 4) *Oxytoxum mediterraneum*, 5) *Protoperidinium depressum*, 6) *Scrippsiella trochoidea*, 7) *Prorocentrum compressum*, 8) *Prorocentrum gracile*, 9) *Prorocentrum micans*, 10) *Prorocentrum robustum*, 11) *Akashiwo sanguinea*, 12) *Pyrocystis lunula*, 13) *Gyrodinium fusiforme*, 14) *Gyrodinium spirale*, 15) *Noctiluca scintillans*, 16) *Dictyocha fibula*.

Plate 2: 1) *Dinophysis caudata*, 2) *Ceratium furca*, 3) *Ceratium tripos*, 4) *Oxytoxum mediterraneum*, 5) *Protoperidinium depressum*, 6) *Scrippsiella trochoidea*, 7) *Prorocentrum compressum*, 8) *Prorocentrum gracile*, 9) *Prorocentrum micans*, 10) *Prorocentrum robustum*, 11) *Akashiwo sanguinea*, 12) *Pyrocystis lunula*, 13) *Gyrodinium fusiforme*, 14) *Gyrodinium spirale*, 15) *Noctiluca scintillans*, 16) *Dictyocha fibula*.

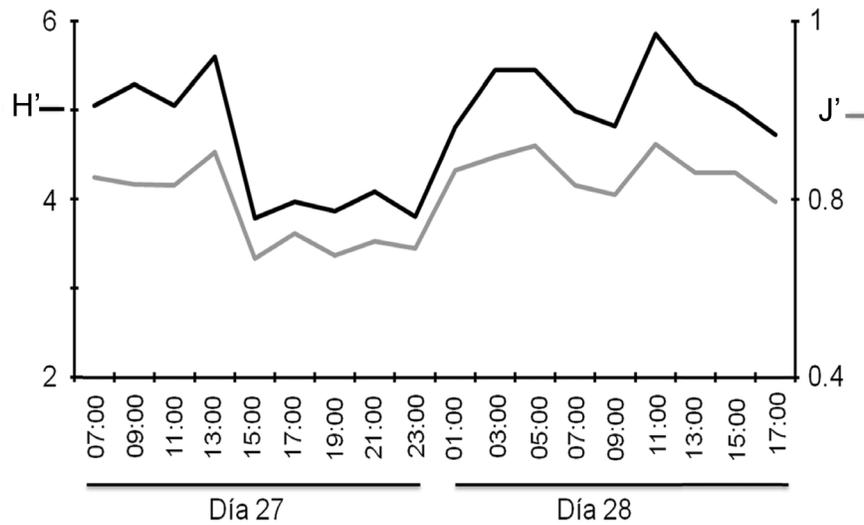


Figura 6. Diversidad (H') y Equidad (J') del fitoplancton en la boca de la laguna durante el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999.

Figure 6. Diversity (H') and equity (J') of phytoplankton in the mouth of the lagoon, during the circadian cycle on October 27 and 28, 1999.

por la salinidad (que osciló de 4 a 30.5 UPS) a causa del flujo y reflujo de la marea, propiciando marcados cambios en su estructura y comportamiento una variación en su estructura y composición. Los registros en los cambios de salinidad coinciden con lo reportado para este cuerpo de agua, para la época de lluvias, en otros años, por Guerra-Martínez y Lara-Villa (1995) y Figueroa-Torres y Weiss-Martínez (1999) y para otros cuerpos de agua similares, por Lacerda *et al.* (2004), Ferreira *et al.* (2005) y Noriega *et al.* (2009); sin embargo, este comportamiento difiere notablemente con el de las Bahías de Campeche (Santoyo & Signoret, 1977), Concepción (Martínez-López & Gárate-Lizárraga, 1997) y Magdalena (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2007) en donde las fluctuaciones en

la salinidad son mínimas.

Observando, cuando los valores en la concentración de la salinidad eran altas, se dio un pico de máxima abundancia, como fue a las 21:00 horas del día 27 ($255 \times 10^3 \text{ cél L}^{-1}$) con una dominancia de especies marinas, y cuando la salinidad disminuyó, se observó un segundo pico en la abundancia ($270 \times 10^3 \text{ cél L}^{-1}$) con una dominancia de especies continentales, a las 11:00 horas del día 28. Lacerda *et al.* (2004) reportaron en la laguna costera de Itamaracá-Paraná, Brasil, abundancias altas de $2510 \times 10^3 \text{ cels.L}^{-1}$ a las 13:00 horas con concentración de salinidad de 21.8 psu, en la temporada de lluvias, debido al intercambio de aguas marinas y continentales, en donde se

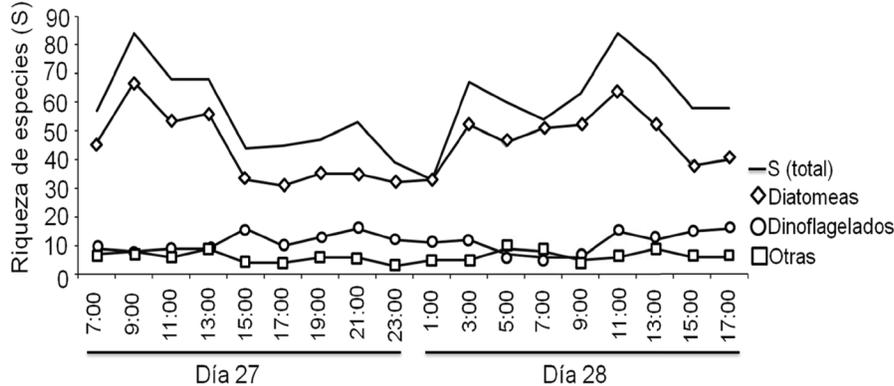


Figura 7. Riqueza de especies que componen al fitoplancton en la boca de la laguna durante el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999.

Figure 7. Species richness of the phytoplankton in the the mouth of the lagoon, during the circadian cycle on October 27 and 28, 1999.

favorecían el dominio de diatomeas seguidas de los dinoflagelados. Coincidiendo con Lacerda *et al.* (2004), en este estudio se observó que los cambios de la salinidad a lo largo del ciclo nictemeral hicieron que la estructura de la comunidad fitoplanctónica cambiara, con un predominio de diatomeas, y menor abundancia de dinoflagelados.

En el caso de la Bahía de Campeche (Santoyo & Signoret, 1977), reportaron pequeñas fluctuaciones en la salinidad, con un predominio de fitoflagelados, dinoflagelados y diatomeas. Estos cambios en la composición de la comunidad fitoplanctónica también han sido reportados para las lagunas de Yucatán y de Sontecomapan Veracruz (Herrera-Silveira *et al.*, 1999; Aké-Castillo & Vázquez, 2008) presentando un dominio de diatomeas en la temporada de lluvias.

La boca de la laguna costera, presenta una interacción de agua marina y continental que hace que sea un sistema muy dinámico y diverso en relación con la comunidad fitoplanctónica; ello impediría que se dé una dominancia de especies continua en el ciclo nictemeral; es decir, a lo largo del ciclo nictemeral cambiaron las abundancias y en algunos casos predominaron especies de agua continentales y en otros de agua marina. Asimismo, a las 11:00 horas de ambos días la diversidad fue mayor, ya que se mezclan las aguas continentales y marinas y hace que coexistan especies de origen salobre sin que sobresalgan en abundancia. Cuando la salinidad fue alta se incrementó la abundancia de especies dominantes y disminuyó la diversidad; por el contrario cuando la salinidad disminuyó, también disminuye la abundancia de las especies dominantes y la diversidad aumentó. Margalef (1981) menciona que la diversidad es baja cuando se presenta una dominancia de especies oportunistas refle-

jándose en la abundancia, como fue el caso de este estudio, entre las 15:00 a 21:00 horas, cuando se reportó una dominancia de *Fragilaria exigua*, *F. tenuicollis*, *F. ulna* var. *ulna*, *Prorocentrum gracile* y *Scrippsiella trochoidea* con una diversidad y equidad baja, en cambio entre las 23:00 horas y las 11:00 horas del día siguiente, la diversidad y equidad aumenta debido a la disminución de las abundancias de las especies dominantes. Lacerda *et al.* (2004), reportan diversidades de $H' = 2.81$ y $J' = 0.7$ a las 10:00 horas debido a un predominio de diatomeas. Sin embargo, se ha observado en otros sistemas acuáticos como es el caso de la Bahía Campeche, donde se han reportado diversidades de $H' = 4.6$ (Santoyo & Signoret, 1977), similares a diversidades que se reportan en este estudio.

A pesar de que el fitoplancton es movido de manera pasiva en la columna de agua, las diferentes especies del fitoplancton, al tener requerimientos específicos, responden de manera diferencial a las condiciones cambiantes del medio (Smayda, 1980; Reynolds, 1987; Verdugo-Diaz, 2004; Ferreira *et al.*, 2005).

Se podría señalar la existencia de un proceso de sucesión a lo largo del ciclo nictemeral, de manera similar a la sucesión estacional o mandala (Margalef, 1978; Margalef, *et al.*, 1979), para poder establecerlo con claridad, es necesario realizar más estudios entre los que se encuentran las series de tiempo a corto mediano y largo plazo, evaluando los factores ambientales tanto de origen natural y sobre todo los de origen antrópico, ya que afectan el comportamiento de las comunidades algales.

Durante este estudio no se registró ningún florecimiento algal en el ciclo nictemeral. Sin embargo, se registraron 27 especies que forman FAN que pueden ser peligrosas en la zona

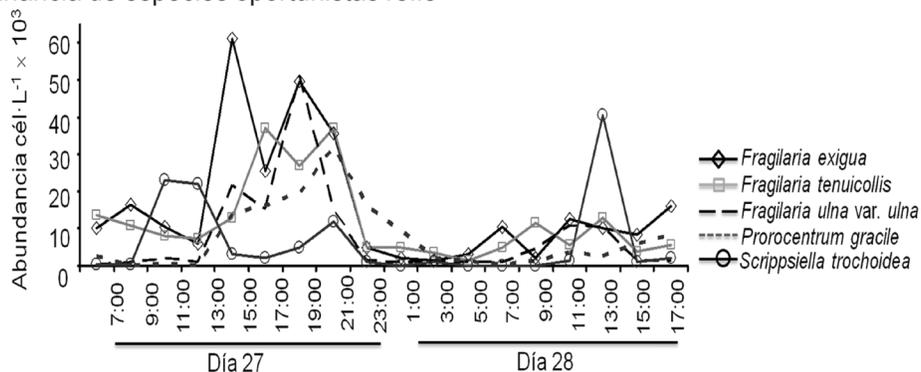


Figura 8. Abundancia de las especies dominantes en la boca de la laguna durante el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999.

Figure 8. Dominant species abundance in the mouth of the lagoon, during the circadian cycle on October 27 and 28, 1999.

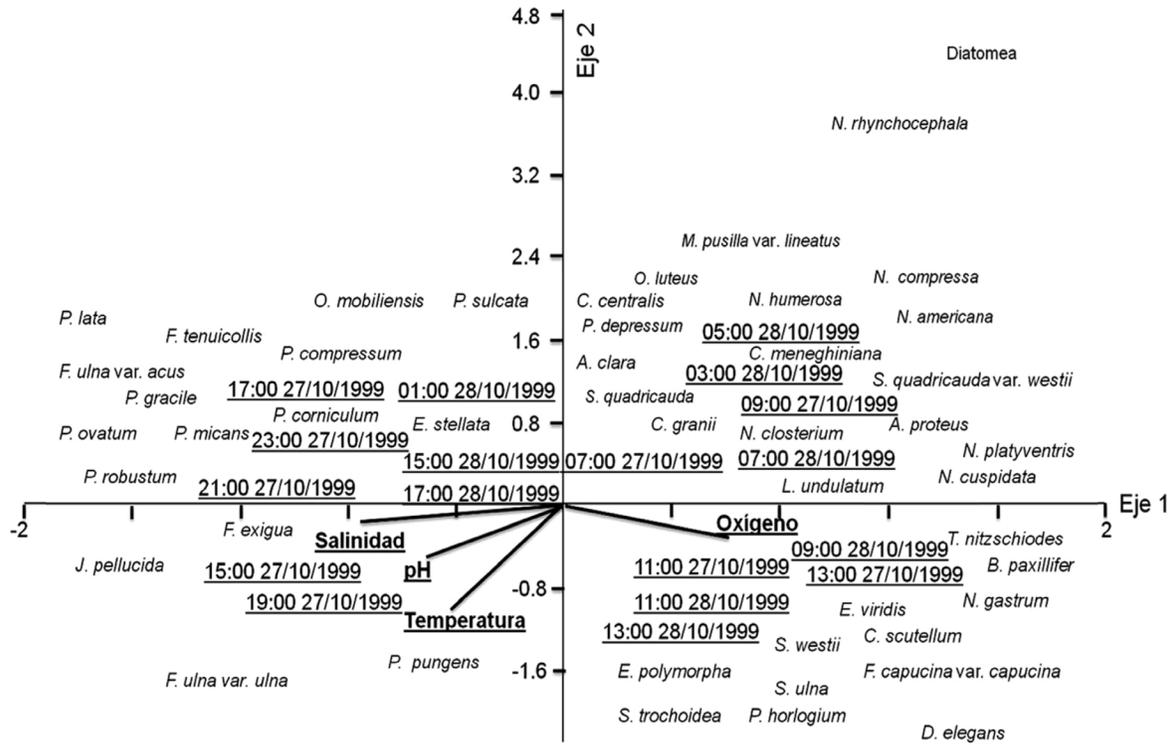


Figura 9. Análisis de correspondencia canónica de la comunidad fitoplanctónica y factores ambientales, durante el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999.

Figure 9. Canonic correspondence analysis of phytoplankton and environmental factors, during the circadian cycle on October 27 and 28, 1999.

de estudio, ya que los constantes cambios en el ambiente como los propiciados por los ciclos nictemerales, tanto de origen natural como antrópico, pueden condicionar ambientes que favorezcan su desarrollo para formar un FAN, por lo que podrían causar mortandad de peces y de otros organismos que los consumen. En este estudio *Prorocentrum gracile* y *Scrippsiella trochoidea* fueron dominantes cuando la salinidad fue alta y disminuyó su abundancia cuando se presentó una disminución de la salinidad, por lo que éstas especies son sensibles a los cambios bruscos en la concentración de la salinidad, siendo resistentes a choques osmóticos en las células (Madigan *et al.*, 2004). Ferreira *et al.* (2005), mencionan que en una laguna costera una disminución en el suministro del agua continental se daría un aumento en la salinidad modificando la estructura y composición de la comunidad fitoplanctónica. Esto podría propiciar que especies marinas oportunistas produjeran florecimientos. Se ha reportado mortandad de peces relacionados con un florecimiento de *Prorocentrum gracile* en Tabasco (en el embarcadero Cutter) (LESP, 2005). En este trabajo *P. gracile* no llegó a rebasar 1×10^9 cél L⁻¹.

Gárate-Lizárraga *et al.* (2007), reportaron en un ciclo diurno un florecimiento de *Prorocentrum micans* en Bahía Magdalena, durante el flujo de la marea, sugiriendo que los florecimientos de las especies del género *Prorocentrum* ocurren principalmente en zonas someras y con un intervalo de temperatura estrecho. En este estudio la temperatura se mantuvo constante durante el ciclo nictemeral, razón por la cual, las especies de este género no tuvieron temperaturas óptimas para formar un florecimiento. Sin embargo, se tendrían que evaluar otros factores como la concentración de nutrientes para explicar con más información su comportamiento.

En este estudio se destaca la presencia de especies nocivas, como *Akashiwo sanguinea* que llega a causar mortandad de peces por anoxia y especies potencialmente productoras de toxinas como *Dinophysis caudata* que causa envenenamiento diarreico en humanos, por consumo de moluscos contaminados, ó *Pseudo-nitzschia seriata* y *Pseudo-nitzschia pungens* productoras de ácido domóico, causantes del envenenamiento amnésico, que también ocurre por el consumo de moluscos contaminados (Fukuyo *et al.*, 1990; Hernández-Orozco & Gárate-Lizárraga, 2006). Por lo anterior, es

importante conocer el comportamiento del fitoplancton en los ciclos nictemerales, ya que se puede ver cuáles son las horas de más afectación, lo que permitiría realizar los monitoreos en éstas, además de que se pudo evidenciar que en la zona de estudio existen especies nocivas en bajas abundancias, dadas las características de los fuertes cambios hidrodinámicos en el sistema y la pronta respuesta de las especies a estos cambios. Así, debido a sus ciclos de vida cortos, es posible que se puedan dar las condiciones necesarias para que estas especies formen florecimientos algales nocivos, sobretodo por el incremento en los procesos de eutrofización de los ecosistemas costeros, lo que repercutiría en la salud y en la economía de la población local.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Metropolitana por el apoyo económico otorgado para la realización del presente trabajo y a David Siqueiros-Beltrones e Ismael Gárate-Lizárraga por su valiosa ayuda en la revisión crítica del manuscrito.

REFERENCIAS

- Aké-Castillo, J.A. & G. Vázquez. 2008. Phytoplankton variation and its relation to nutrients and allochthonous organic matter in a coastal lagoon on the Gulf of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 78: 705–714. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.02.012>
- Carbajal, J.L. & G. De la Lanza. 1987. Variación nictemeral de hidrología y plancton en la Bahía de Tortugas, Baja California Sur. *Univ. y Ciencia*, 4 (8): 35-46.
- Contreras, F. 1985. *Lagunas costeras mexicanas*. (Ed.). Centro de Desarrollo. Secretaría de Pesca. 310 p.
- Contreras, E.F., L. Castañeda, R. Torres & F. Gutiérrez. 1993. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Rev. Biol. Trop.*, 44 (2): 421-429.
- De La Cruz-Agüero, G. 1994. *Sistema de Análisis de Comunidades*. Versión 3.0. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. CICIMAR-IPN. México. 99 p.
- Dodge, J.D. 1982. *Marine Dinoflagellates of the British Isles* (Ed.). London: HMSO. 303 pp.
- Faust, M.A., J. Larsen & O. Møestrup. 1999. *ICES Identification Leaflets for Plankton*. (Ed.). Natural Environment Research Council Plymouth Marine Laboratory. Leaflet No. 84. 28 pp.
- Ferreira, J.G., W.J. Wolff, T.C. Simas & S.B. Bricker. 2005. Does biodiversity of estuarine phytoplankton depend on hydrology?. *Econ. Model.*, 187: 513–523. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.013>
- Figueroa-Torres, M. G. & L. Weiss-Martínez. 1999. Dinoflagellates (Dinophyceae) from Laguna de Tamiahua, Veracruz, Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 47: 43-46.
- Fukuyo, Y., H. Takano & M. Chihara. 1990. *Red Tide Organisms in Japan*. (Ed.). Uchida Rokakuho, Tokyo. 407 p.
- Gárate-Lizárraga I., C.J. Band-Schmidt, G. Verdugo-Díaz, M.S. Muñetón-Gómez & E.F. Félix-Pico. 2007. Dinoflagelados (Dinophyceae) del sistema lagunar Magdalena-Almejas, 141–170, En: R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez & J. R. Palomares-García (Eds.). *Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena*. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México. 450 p.
- Gárate-Lizárraga, I., C.J. Band-Schmidt, F. Aguirre-Bahena & T. Grayeb-Del Alamo. 2009. A multi-species microalgae bloom in Bahía de La Paz, Gulf of California, Mexico (June 2008). *CICIMAR Oceanides*, 24(1): 15-29. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v24i1.50>
- Garcés, E., A. Zingone, M. Montesor, B. Reguera & B. Dale. 2002. *LIFEHAB: Life Histories of Microalgal Species Causing Harmful Bloom*. (Eds.). Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 310 pp.
- Guerra-Martínez, S.L. & M.A. Lara-Villa. 1995. "Florecimiento" de *Ceratium furca* (Peridinales: Ceratiaceae) en un ambiente salobre: Laguna de Sontecomapan, Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 44 (1): 23-30.
- Hernández-Orozco, M.L. & I. Gárate-Lizárraga. 2006. Síndrome de envenenamiento paralizante por consumo de moluscos. *Rev. Biomed.*, 17: 45-60. <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v17i1.438>
- Herrera Silveira, J. A., M. B. Martín & V. Díaz Arce. 1999. Variaciones del fitoplancton en cuatro lagunas costeras de Yucatán. *Rev. Biol. Trop.*, 47 (Supl. 1): 47-56.
- <http://www.arachnoid.com/JTides>. 2009. JTides Home Page, versión 5.2.

- Lacerda, S.R., M.L. Koenig, S. Neumann-Leitão & M.J. Flores-Montes. 2004. Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá - Pernambuco - Brazil). *Braz. J. Biol.*, 64 (1): 1-16. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842004000100010>
- Lassus, P. 1988. *Plancton toxique et plancton d' eaux rouges sur les côtes Européennes*. IFREMER. Francia. 111 p.
- LESP, 2005. *Instrucción de trabajo para el muestreo de fitoplancton y detección de biotoxinas marinas*. En Secretaria de Salud Tabasco 2007-212. Comportamiento de la marea roja en el estado de Tabasco. 20 p.
- Licea, S., J.L. Moreno, H. Santoyo & G. Figueroa. 1995. *Dinoflageladas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, SEP-FOMES, PROMARCO, México, D.F. 165 p.
- Madigan M.T., J.M. Martinko & J. Parker. 2004. Brock: Biología de los Microorganismos. 8a (Ed.). Prentice Hall. Madrid. 1064 p.
- Magurran, A.E. 1989. *Diversidad Ecológica y su Medición*. (Ed.). Védra. Barcelona, España. 199 p.
- Margalef, R. 1978. Life-Forms of Phytoplankton as Survival Alternatives in an Unstable Environment. *Oceanol. Acta*. 1(4): 493-509.
- Margalef, R., M. Estrada & D. Blasco, 1979. Functional Morphology of Organisms Involved in Red Tides, as Adapted to Decaying Turbulence. In: Taylor & Seliger (Eds.) *Toxic Dinoflagellate Blooms*. Elsevier: 89-94.
- Margalef, R. 1981. *Ecología* (Ed.). Planta. Barcelona, España. 252 p.
- Martínez-López A. & I. Gárate-Lizárraga. 1997. Variación diurna de la materia orgánica en una laguna costera del Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.*, 45 (4): 1421-1428.
- Martínez-López A., D. Escobedo-Urias, A. Reyes-Salinas & M. T. Hernández-Real. 2007. Phytoplankton response to nutrient runoff in a large lagoon system in the Gulf of California. *Hidrobiológica*, 17(2): 101-112.
- Moore, H.B. 1955. Variation in temperature and light responses within a plankton population. *Biol. Bull.*, 108 (2): 175-181. <https://doi.org/10.2307/1538433>
- Noriega, C.E., K. Muniz, M.J. Flores-Montes, S.J. Macêdo, M. Araujo, F.A. Feitosa & S.R. Lacerda. 2009. Series temporales de variables hidrobiológicas en un estuario tropical (Brasil). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 44 (1): 93-108. <https://doi.org/10.4067/S0718-1957200900100009>
- Reynolds, C. S. 1987. Ecology of fresh water phytoplankton. Cambridge, Cambridge University Press. 122 p.
- Santoyo, H. & M. Signoret. 1977. Diversidad y afinidad del fitoplancton en un ciclo nictemeral. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol. UNAM*, 7: 217-248.
- Schiller, J. 1933. Dinoflagellate (Peridinae), 1-617. En: S. Rabenhortst's. (Ed.). Kryptogamen-Flora. Leipzig. Schiller, J. 1937. *Dinoflagellatae (Peridineae)*. Teil 2. Akademische Verlagsgesellschaft. 589 p.
- Siqueiros-Beltrones, D.A. 2002. Diatomeas bentónicas de la Península de Baja California; diversidad y potencial ecológico. *Oceánides*, 15 (1): 35-46.
- Smayda, T. 1980. Phytoplankton species succession. En Morris, I., (Ed.). *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. Studies in Ecology 7. Oxford Blackwell Scient. Pub. 493-570 p.
- Sournia, M.A. 1968. Variations saisonnières et nyctémérales du phytoplankton marin et de la production primaire dans une Baie Tropical, a Nosy-Bé (Madagascar). *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 53 (1): 1-76. <https://doi.org/10.1002/iroh.19680530102>
- Verdugo-Díaz, G. 2004. *Respuesta Ecológica del Fitoplancton ante la Variabilidad Ambiental en una Bahía Subtropical de Baja California Sur Mexico*. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S. 138 p.
- Zingone, A. & H.O. Enevoldsen. 2000. The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. *Ocean & Coast. Manag.*, 43: 725-748. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(00\)00056-9](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(00)00056-9)

Copyright (c) 2011 Muciño-Márquez, R.E., M. G. Figueroa-Torres & A. Esquivel-Herrera.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)