



Composición estacional del fitoplancton de dos lagunas costeras del Pacífico tropical

Seasonal phytoplankton composition of two coastal lagoons of the tropical Pacific

Francisco Varona-Cordero
y Francisco José Gutiérrez Mendieta

Laboratorio de Ecosistemas Costeros. Departamento de Hidrobiología, DCBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina. Apdo. Postal 55-535, C.P. 09340, México, D.F. e-mail: fgm@xanum.uam.mx

Varona-Cordero F. y F. J. Gutiérrez-Mendieta, 2006. Composición estacional del fitoplancton de dos lagunas costeras del Pacífico tropical. *Hidrobiológica* 16 (2): 159-174.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la distribución espacial y temporal del microfitoplancton, colectado durante el periodo de 1997 a 2002 en las lagunas costeras Chantuto-Panzacola (CH-P) y Carretas-Pereyra (C-P), Chiapas, en las dos épocas climáticas características de la región (secas y lluvias), así como las variables que determinan esta distribución. Se identificaron un total de 199 taxa en el sistema CH-P y 125 en C-P, en ambos sistemas más del 60% estuvo representado por las diatomeas, seguidas en orden de importancia por los dinoflagelados, clorofitas, cianofitas, euglenofitas y por último de los silicoflagelados. El análisis de similitud entre estaciones, basado en la presencia/ausencia de las especies, dio como resultado la discriminación de dos zonas análogas para cada sistema relacionadas con el gradiente ambiental generado por las variables físico-químicas de salinidad y nutrientes y determinado mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP); estas variables explican más del 70% de la varianza y permiten la diferenciación de dos grupos de comunidades: durante la época de secas se observó la dominancia de grupos fitoplanctónicos alóctonos como diatomeas y dinoflagelados, distribuidos principalmente en el zona de mayor influencia mareal; en la temporada de lluvias la comunidad estuvo integrada por grupos dulceacuícolas (clorofitas, cianofitas y euglenofitas), así como de diatomeas con afinidades salobres (*Surirella* spp.).

Palabras clave: Fitoplancton estacional, lagunas costeras tropicales, Chiapas.

ABSTRACT

This paper presents the seasonal composition and distribution of the microphytoplankton community collected during the period 1997-2002 in two coastal lagoons, Chantuto-Panzacola (CH-P) and Carretas-Pereyra (C-P), located in the state of Chiapas, Mexico. A total of 199 and 125 taxa were identified in CH-P and C-P respectively; in both systems more than 60% of the composition was represented by diatoms, followed in order of importance by dinoflagellates, chlorophytes, cyanophytes, euglenophytes, and finally by silicoflagellates. The results of a Principal Components Analysis (PCA) of stations, based on the presence/absence of species, generated the discrimination of two analogous zones for each system. These zones correspond with the environmental gradient generated by physical and chemical variables like salinity and nutrients which explain more than 70% of the variance and allow the differentiation of two groups of communities: during dry season there was a dominance of allochthonous (neritic) phytoplankton like diatoms and dinoflagellates, distributed mainly in the zone of greater tidal influence; in the rainy season the community was integrated by freshwater groups (chlorophytes, cyanophytes, and euglenophytes) as well as of diatoms with brackish affinities (*Surirella* spp.).

Key words: Seasonal phytoplankton, tropical coastal lagoon, Chiapas.



INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras se caracterizan por el balance que existe entre los factores internos y externos que influyen en su comportamiento físico, químico y biológico (Ward & Ashley, 1989; Kjerfve, 1994; Knoppers & Kjerfve, 1999). Tal comportamiento fluctúa más rápidamente en estos sistemas que en el mar adyacente, debido principalmente a la variabilidad ambiental producida por la descarga de los ríos, el efecto de la mezcla por el viento y la marea, así como por la morfología del sistema (Kennish, 1986; Kjerfve & Magill, 1989).

Uno de los componentes biológicos más importantes de estos ecosistemas es el fitoplancton, el cual juega un papel fundamental en los procesos biogeoquímicos de diversos elementos, debido a que incorpora y transforma rápidamente elementos inorgánicos dentro de formas orgánicas, generando la materia orgánica requerida para el desarrollo y crecimiento de los heterótrofos, incluyendo bacterias, zooplancton y animales bentónicos (Cloern, 1996). Estas transformaciones generan cambios, como por ejemplo el agotamiento de nutrientes inorgánicos (N, P, Si), y la sobresaturación de oxígeno durante determinadas épocas climáticas. La manera en que la composición de la comunidad fitoplanctónica responde a las variaciones en las condiciones ambientales no se conoce aún adecuadamente, por lo que es difícil distinguir entre la variabilidad espacial y temporal a diferentes escalas (Noble *et al.*, 2003). Estudios recientes han demostrado la importancia de emplear al fitoplancton como un indicador de los procesos que se presentan en ambientes costeros (Troccoli *et al.*, 2004). La identificación de las variables ambientales que regulan la estructura de la comunidad fitoplanctónica es esencial para el desarrollo de hipótesis amplias de manera tal que ayuden a comprender aspectos como la eutroficación o la presencia de florecimientos algales nocivos (Allen & Starr, 1982; Tilman, 1982; Hernández-Becerril, 1993).

El análisis de la comunidad fitoplanctónica en las lagunas costeras mexicanas se ha enfocado al estudio de su composición florística (Hernández-Becerril, 1993; Santoyo, 1994), a la descripción de los cambios en su biomasa (clorofila *a*) y su relación con la magnitud de la producción primaria (Contreras, 1993; de la Lanza & Cáceres, 1994), sin detallar en los cambios estacionales en su composición y los factores que la determinan (Santoyo, 1994). Sin embargo, la primera etapa necesaria para descifrar el proceso que regula la variabilidad espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica es el desarrollo de estudios a largo plazo que permitan documentar la dinámica del fitoplancton a diferentes escalas espaciales y temporales, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo determinar la composición de especies de fitoplancton en las dos épocas climáticas (secas y lluvias) características de las lagunas costeras Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola (Chiapas), así como de identificar a las variables físico-químicas que determinan su presencia a partir

de estudios realizados en ambos sistemas a lo largo de varios años (1997-2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra (CP) está situado en los 93° 06' y 93° 15' de longitud oeste y entre los 15° 23' y 15° 32' de latitud norte, posee una extensión total de 3696 ha; en este sistema desembocan cinco ríos principales: Pijijiapan, Echegaray, Margaritas, Bobo y Progreso (Fig. 1). El sistema Chantuto-Panzacola (CHP) se localiza en los 92° 45' y 92° 55' de longitud oeste y entre los 15° 09' y 15° 17' de latitud norte; en este ecosistema desembocan seis ríos: San Nicolás (Payucal), Ulapa, Cacaluta, Doña María, Cintalapa y Vado Ancho; la extensión total del sistema se calcula en 18 000 ha (Fig. 1). En esta región el régimen de mareas es micromareal (< 2 m) mixto con predominancia semidiurna, la alternancia del ciclo mareal es quincenal entre mareas vivas y muertas (CICESE, 2003). El clima en la región es del tipo Am (w) igw" cálido subhúmedo, con régimen de lluvias en verano

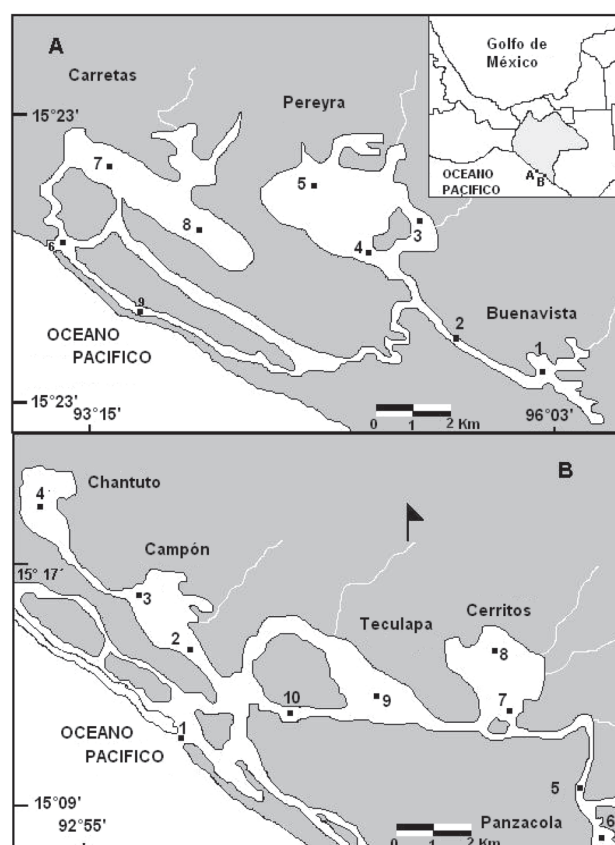


Figura 1. Área de estudio y estaciones de muestreo (■), Carretas-Pereyra (A) y Chantuto-Panzacola (B).

(INE-SEMARNAP, 1999); la temperatura ambiente presenta generalmente dos máximos durante el año, el primero en mayo y el segundo en el mes de agosto (Cardoso, 1979). La mayor parte de las lluvias (70% de la precipitación anual) en la zona de Chiapas abarcan la época del verano y principios de otoño (Gutiérrez *et al.*, 2006), siendo la causa principal de la lluvia los vientos alisios del noreste que se cargan de humedad al pasar por el Golfo de México.

Procedimiento de campo. Durante el año de 1997 y en el período de 1999-2002 se llevaron a cabo varias campañas de muestreo abarcando las principales épocas climáticas (secas y lluvias). Durante éstas se realizó el muestreo en 10 puntos en CH-P y 7 en C-P (Fig. 1A y B). En cada estación se determinó la temperatura (termómetro $\pm 1.0^\circ\text{C}$), la salinidad (refractómetro American Optical), el oxígeno disuelto por el método de Winkler (Strickland & Parsons, 1972) y la transparencia (disco de Secchi). Para la cuantificación de los nutrientes se obtuvieron muestras de 250 ml a nivel medio de la columna de agua, las cuales fueron filtradas a través de filtros Whatman GF/F con una retención media de 0.8 μm , los cuales fueron transportados en refrigeración hasta su procesamiento, generalmente dentro de los primeros 5 días después de su colecta.

Para el análisis cualitativo del fitoplancton se obtuvieron muestras mediante arrastres horizontales superficiales durante tres minutos a una velocidad de un nudo utilizando una red de 60 μm de apertura de malla y 30 cm de diámetro en la boca; para su preservación se utilizó formalina para una concentración final del 4%, neutralizada con 2% de una solución saturada de borato de sodio (Wetzel & Likens, 1991).

Procedimiento de laboratorio. Las técnicas espectrofotométricas empleadas para la determinación de los nutrientes fueron las descritas por Strickland y Parsons (1972).

El procesamiento de las muestras de fitoplancton consistió en la observación preliminar del material obtenido en los arrastres, registrando los ejemplares débilmente silificados así como mediante el reconocimiento de caracteres que únicamente se observan en el material fresco, como por ejemplo el tamaño y la coloración de los cloroplastos; posteriormente se realizaron (únicamente para las muestras del 2002) limpiezas y preparaciones permanentes de diatomeas siguiendo la técnica de montaje en resina sintética (marca Hycel, en xilol al 60%) descrita en Lara-Villa *et al.* (1996). Las observaciones se realizaron en un microscopio óptico Zeiss Axioscop. La identificación se llevó a cabo utilizando bibliografía especializada en función de los grupos dominantes: Peragallo (1965); Round *et al.* (1990), Licea *et al.* (1995), Moreno *et al.* (1995), Tomas, (1997) y Hernández-Becerril, (2000) para diatomeas y dinoflagelados; Hernández-Becerril y Bravo-Sierra (2001) para silicoflagelados; Bourrelly (1966, 1968, 1970) y Ortega (1984), para los grupos dulceacuícolas (clorofitas, cianofitas y euglenofitas).

Análisis de datos. Se agruparon los datos de las cuatro estaciones de secas (marzo y noviembre 1997, febrero 2001 y abril 2001) y cinco de lluvias (mayo y julio 1997, junio, 1999, julio 2000, octubre 2002) (Tabla 1), y se condensaron en una matriz de presencia/ausencia de especies, con la finalidad de formar grupos de estaciones similares por cada época climática a partir de un análisis de similitud, empleando el coeficiente de Sorensen:

$$S_s = 2c / S1 + S2$$

donde S_s es el coeficiente de similitud de Sorensen, $S1$ = número de especies en la estación a , $S2$ = número de especies en la estación b , y C = número de especies comunes en ambas estaciones (Krebs, 1999). La representación gráfica de los resultados fue obtenida mediante un dendrograma de similitud entre estaciones.

Adicionalmente, con el fin de satisfacer los criterios de normalidad y homoscedasticidad, los datos de los parámetros físico-químicos fueron transformados ($\log x+1$) y se realizó un análisis de componentes principales (ACP), con la finalidad de identificar el o los parámetros que expliquen los patrones de distribución del fitoplancton. Los eigenvalores que se tomaron en cuenta para dichos análisis fueron aquellos > 0.40 y < -0.40 según Tabachnik y Fidell (1989).

El análisis estadístico anterior se procesó en los paquetes STATISTICA '99 y MVSP 2000 para Windows.

RESULTADOS

Composición de especies. Con base en la composición fitoplanctónica, se obtuvieron un total de 199 taxa en el sistema CH-P y 125 en CP (Tabla 1), de los cuales más del 60% estuvo representado por las diatomeas, repartidas en 61 y 48 géneros en CH-P y C-P, respectivamente. Los géneros que presentaron un mayor número de especies fueron, para las diatomeas céntricas *Chaetoceros* (13), *Coscinodiscus* (8) y *Rhizosolenia* (6); seguidas por las penales *Navicula* (12), *Nitzschia* (11), *Surirella* (4) y *Lyrella* (5).

En cuanto a los dinoflagelados (17% del total) en CH-P, estuvieron repartidos en 6 géneros, destacando *Ceratium* y *Protoperidinium* con 16 y 10 especies, respectivamente; las clorofitas representaron el 10% del total con 18 géneros, seguidas de las cianofitas (4%) y euglenofitas (1.4%); por último, en los silicoflagelados únicamente se identificó el género *Dictyocha* con el 0.50% del total.

En CP los dinoflagelados contribuyeron con cerca del 18% del total, mientras que las clorofitas representaron el 10.4% con 11 géneros; las cianofitas (6%) y euglenofitas (1.5%) estuvieron constituidas por 3 y 4 géneros, respectivamente. Los silicoflagelados, al igual que en CHP incluyeron un solo género con el 0.8 % del total (Fig. 2).

Tabla 1. Listado de especies registradas por sistema y época climática.

Especies	H	1997				1999	2000	2001	2002	OCT LL
		MAR	MAY	JUL	NOV	JUN	JUL	FEB	ABR	
		S	LL	LL	S	LL	LL	S	S	
<i>Actinocyclus splendens</i> (Shadbolt) Ralfs	T				X					
<i>Actinocyclus</i> sp.	P								X	
<i>Actinoptychus aster</i> Brun in Schmidt	T							X	X	
<i>Achnantes exigua</i> Grunow var. <i>exigua</i>	T					X		X		
<i>Achnantes fimbriata</i> (Grunow) Ross	T					X				
<i>Achnantes</i> sp.	T					X	X	X	X	
<i>Alveus marinus</i> (Grunow) Kaczmarska et Frixell	T						X			
<i>Amphiprora</i> sp.	T		X							X
<i>Amphora angusta</i> var. <i>angusta</i> Gregory in Navarro	T						X			
<i>Amphora macilenta</i> Gregory	T		X	X		X	X	X		
<i>Amphora terroris</i> Ehrenberg	T					X		X		
<i>Amphora</i> sp 1	T								X	
<i>Amphora</i> sp 2	T								X	
<i>Asterionellopsis glacialis</i> Castracane	P					X		X		
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	P								X	
<i>Biddulphia</i> sp.	P					X				
<i>Biddulphia alternans</i> (Bailey) Van Heurck	P		X					X		
<i>Bidulphia biddulphiana</i> (Smith) Boyer	P						X			
<i>Caloneis permagma</i> (Bailey) Cleve	T								X	
<i>Calyptrella robusta</i> Hernández-Becerril & Meave del Castillo	P						X		X	
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby	P								X	X
<i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grunow	P					X		X		
<i>Cocconeis</i> sp.1	T							X	X	
<i>Cocconeis</i> sp.2	T							X		
<i>Coscinodiscus argus</i> Ehrenberg	P								X	
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	P	X	X	X	X					
<i>Coscinodiscus concinnus</i> Wm. Smith	P		X		X				X	
<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg	P	X				X		X		
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	P								X	
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	P		X			X	X		X	X
<i>Cyclotella</i> sp.	P					X	X	X	X	X
<i>Cymbella</i> sp.	T					X		X		
<i>Chaetoceros affinis</i> var. <i>affinis</i> Lauder	P					X	X	X		
<i>Chaetoceros affinis</i> var. <i>circinalis</i> (Maunier) Hustedt	P	X	X		X					
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder	P	X								
<i>Chaetocero curvisetus</i> Cleve	P							X		
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve	P							X		
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	P				X					
<i>Chaetoceros didymus</i> var. <i>didymus</i> Ehrenberg	P				X					
<i>Chaetoceros gracilis</i> Schutt	P				X					
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten	P					X				
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell	P	X								
<i>Chaetoceros</i> sp.1	P		X	X				X		X
<i>Chaetoceros</i> sp.2	P									X
<i>Detonula</i> sp.	P							X		
<i>Diploneis</i> sp.	T								X	
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow in Van Heurck	P		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Fallacia</i> sp.	T					X	X	X	X	

Tabla 1. Continuación.

CHANTUTO-PANZACOLA	H	1997				1999	2000	2001	2002	
Especies		MAR S	MAY LL	JUL LL	NOV S	JUN LL	JUL LL	FEB S	ABR S	OCT LL
<i>Fragilaria</i> sp.1	T					X	X	X		
<i>Fragilaria</i> sp.2	T					X				
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	T						X	X	X	
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kutzing	T						X		X	
<i>Grossleriella tropica</i> Schutt	P		X							
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo	P								X	
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	T	X				X	X	X		
<i>Gyrosigma macrum</i> (Wm. Smith) Griffith et Henfrey	T					X	X	X		
<i>Gyrosigma</i> sp.	T					X			X	X
<i>Hantzchia</i> sp.	T	X								
<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen	P						X			
<i>Hemaniaus membranaceus</i> Cleve	P					X		X	X	
<i>Laudeia</i> sp.	P									X
<i>Lyrella iorata</i> (Greville) D. G. Mann	T					X		X		
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	P	X					X	X	X	
<i>Lyrella lyra</i> var. <i>lyra</i> (Ehrenberg) Karayeva	T					X	X	X		
<i>Lyrella</i> sp.	T								X	
<i>Mastogloia</i> sp.	T								X	
<i>Melosira nummuloides</i> C. A. Agardh	T					X	X	X	X	
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	T		X							
<i>Navicula directa</i> W. Smith	T					X	X	X	X	
<i>Navicula gastrum</i> (Ehrenberg) Kützing	T			X						
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardt) Kützing	T						X			
<i>Navicula pelagica</i> Cleve	P							X		
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	T	X								
<i>Navicula veneta</i> Kützing	T		X							
<i>Navicula</i> sp.1	T	X								
<i>Navicula</i> sp.2	T		X							
<i>Navicula</i> sp.3	T		X							
<i>Navicula</i> sp.4	T					X	X		X	X
<i>Neodelphineis pelagica</i> Takano	T					X				
<i>Nitzschia americana</i> Hasle	T			X						
<i>Nitzschia angularis</i> Wm. Smith	T						X			
<i>Nitzschia longa</i> Grunow	T							X		
<i>Nitzschia marina</i> Grunow in Cleve & Grunow	T	X	X							
<i>Nitzschia obtusa</i> Wm. Smith	T		X					X		
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing)	T								X	
<i>Nitzschia</i> sp.1	T								X	
<i>Nitzschia</i> sp.2	T							X		
<i>Nitzschia</i> sp.3	T									X
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	P		X		X	X	X	X	X	X
<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen	P					X				X
<i>Odontella</i> sp.	P		X	X	X					
<i>Pinnularia</i> sp.1	T		X							
<i>Pinnularia</i> sp.2	T								X	X
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> var. <i>minor</i> P. T. Cleve	T							X		
<i>Plagiotropis vitrea</i> (Wm. Smith) Cleve	T						X			
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schutt	P							X	X	
<i>Pleurosigma formosum</i> Wm. Smith	T					X	X	X		
<i>Pleurosigma acutum</i> Norman ex Ralfs	T							X		
<i>Pleurosigma elongatum</i> Wm Smith	T						X			

Tabla 1. Continuación.

CHANTUTO-PANZACOLA	H	1997				1999	2000	2001	2002	
		MAR S	MAY LL	JUL LL	NOV S	JUN LL	JUL LL	FEB S	ABR S	OCT LL
<i>Pleurosigma marinum</i> Donkin	T	X								
<i>Pleurosigma</i> sp.	T			X	X					
<i>Podosira</i> sp.	P	X	X	X						
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell)	P					X		X		
<i>Pseudonitzschia</i> sp.1	P	X	X							
<i>Pseudonitzschia</i> sp.2	P						X	X		
<i>Pseudonitzschia</i> sp.3	P			X						
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundstrom	P		X							
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo	P						X	X		
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran	P						X		X	X
<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostefeld	P			X						
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell	P				X		X	X		
<i>Rhizosolenia pungens</i> Cleve-Euler	P					X		X		
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	P	X	X	X				X		
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	P	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>Stauropis membranacea</i> (Cleve) Meunier	P						X	X		
<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville y Artnott) Ralfs	P					X		X		
<i>Surirella</i> sp.1	T					X		X		
<i>Surirella</i> sp.2	T					X				
<i>Surirella</i> sp.3	T								X	X
<i>Surirella</i> sp.4	T								X	
<i>Synedra socia</i> var. <i>socia</i> Wallece	T	X								
<i>Tabellaria</i> sp.	T						X	X	X	
<i>Thalassionema bacillaris</i> (Heiden) Kolbe	P		X							
<i>Thalassionema nitzschiodes</i> var. <i>lanceolata</i> (Grunow) Peragallo et Peragallo	P			X	X	X	X	X		
<i>Thalassionema</i> sp.	P	X	X					X		
<i>Thalassiosira exigua</i> Fryxell et Hasle	P			X						
<i>Thalassiosira gravida</i> Cleve	P						X	X		
<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	P			X						
<i>Thalassiothrix</i> sp.	P	X					X			
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	T						X		X	
<i>Ceratium euarquatatum</i> Jorgensen	P		X							
<i>Ceratium furca</i> var. <i>furca</i> Sournia	P							X		
<i>Ceratium furca</i> var. <i>eugrammun</i> (Ehrenberg) Schiller	P				X					
<i>Ceratium furca</i> var. <i>hircus</i> (Schroder) Margalef ex Sournia	P		X			X		X	X	
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	P		X	X			X		X	
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i> (Ehrenberg) Sournia	P					X				
<i>Ceratium horridum</i> (Cleve) Gran	P			X	X					
<i>Ceratium incisum</i> (Kasrsten) Jorgensen	P	X								
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	P		X							
<i>Ceratium longirostrum</i> Gourret	P							X		
<i>Ceratium lunula</i> (Schimper) Jorgensen	P			X		X				
<i>Ceratium massiliense</i> (Gourret) Jorgensen	P							X		
<i>Ceratium</i> sp.	P	X								
<i>Ceratium symmetricum</i> var. <i>orthoceras</i> (Jorgensen) Graham et Bronikosky	P							X		
<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid	P							X		

Tabla 1. Continuación.

CHANTUTO-PANZACOLA	H	1997				1999	2000	2001	2002	OCT LL
		MAR S	MAY LL	JUL LL	NOV S	JUN LL	JUL LL	FEB S	ABR S	
<i>Ceratium tripos</i> var <i>pulchellum</i> (Schoder) López ex Sournia	P	X								
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	P	X	X	X				X	X	
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	P							X		
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparede & Lachmann) Diesing	P							X		
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	P							X	X	
<i>Prorocentrum</i> sp.	P								X	
<i>Protooperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech	P							X		
<i>Protooperidinium brochi</i> (Kofoid et Swezy) Balech	P	X								
<i>Protooperidinium conicum</i> (Gran) Balech	P		X			X		X		
<i>Protooperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	P							X		
<i>Protooperidinium depressum</i> (Bailey) Balech	P		X	X				X		
<i>Protooperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	P							X		
<i>Protooperidinium latispinum</i> (manguin) Balech	P							X		
<i>Protooperidinium</i> sp 1	P								X	
<i>Protooperidinium</i> sp 2	P								X	
<i>Protooperidinium</i> sp 3	P	X	X	X			X			
<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich	P					X		X	X	
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	P									X
<i>Arthrodesmus convergens</i> Ehrenber ex Ralfs	P									X
<i>Cladophora</i> sp.	P							X		
<i>Closterium</i> sp.1	P									X
<i>Closterium</i> sp.2	P									X
<i>Cosmarium</i> sp.	P									X
<i>Chlorococcum</i> sp.	P							X		
<i>Chroococcus</i> sp.	P	X								
<i>Eudorina</i> sp.	P									X
<i>Microspora stagnorum</i> (Kützing) Lagerheim	P				X					
<i>Micrasterias</i> sp.	P						X			
<i>Pandorina</i> sp.	P									X
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	P					X				
<i>Pediastrum</i> sp.	P									X
<i>Scenedesmus</i> sp.	P									X
<i>Spyrogira</i> sp.	P						X			
<i>Tetraspora</i> sp.	P									X
<i>Ulothrix aequalis</i> Kützing	P	X								
Clorofita	P							X		
Clorofita Chorococcal	P									X
<i>Anabaena raciborskii</i> Woloszynska	P	X								
<i>Anabaena solitaria</i> (Bronthaler) Komárek	P	X								
<i>Anabaena spiroides</i> (Klebahn) Forschungsberg	P				X					
<i>Anabaena</i> sp.	P	X					X	X		X
<i>Lyngbya</i> sp.	P						X			
<i>Merismopedia</i> sp.	P					X	X			X
<i>Microcystis</i> sp.	P					X		X		
<i>Mougeotiopsis calospora</i> Palla	P	X								
<i>Nostoc commune</i> Vaucher ex Bornet et Flahault	P				X					

Tabla 1. Continuación.

CHANTUTO-PANZACOLA		H	1997				1999	2000	2001	2002	
Especies		MAR	MAY	JUL	NOV	JUN	JUL	FEB	ABR	OCT	
		S	LL	LL	S	LL	LL	S	S	LL	
<i>Oscillatoria</i> sp.	P					X	X	X		X	
<i>Spirulina major</i> Kützing Gomont	P				X						
<i>Spirulina</i> sp.	P					X	X	X		X	
<i>Euglena</i> sp.	P									X	
<i>Phacus</i> sp.	P						X			X	
<i>Trachelomonas</i> sp.	P									X	
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	P								X	X	
CARRETAS-PEREYRA		H	1997				1999	2000	2001	2002	
<i>Actinocyclus</i> sp.	P								X		
<i>Actinoptychus</i> sp.	P							X			
<i>Actinoptychus aster</i> Brun in Schmidt	T							X			
<i>Achnantes</i> sp.	T							X	X		
<i>Amphora macilenta</i> Gregory	T						X	X	X		
<i>Caloneis permagma</i> (Bailey) Cleve	T								X		
<i>Calyptrella Calyptrella robusta</i> Hernández-Becerril & Meave del Castillo	P								X		
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	P								X		
<i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grunow	P							X			
<i>Cocconeis</i> sp.	T							X			
<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg	P							X			
<i>Coscinodiscus bouvet</i> Karsten	P								X		
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	P						X		X	X	
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	P						X		X		
<i>Coscinodiscus</i> sp.	P								X		
<i>Cyclotella</i> sp.	P						X	X	X	X	
<i>Cymbella</i> sp.	T						X	X			
<i>Chaetocero curvisetus</i> Cleve	P							X			
<i>Chaetoceros affinis</i> var. <i>affinis</i> Lauder	P						X	X			
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt	P						X				
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve	P							X			
<i>Chaetoceros</i> sp.1	P								X		
<i>Chaetoceros</i> sp.2	P							X			
<i>Detonula</i> sp.	P								X	X	
Diatomea céntrica	P								X	X	
Diatomea penal	T								X		
<i>Diploneis</i> sp.	T								X		
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow in Van Heurck	P						X	X	X	X	
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	T						X	X	X		
<i>Eutonograma</i> sp.	T								X		
<i>Fragilaria</i> sp.1	T						X			X	
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	T						X	X			
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing	T						X		X		
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	T						X	X			
<i>Gyrosigma macrum</i> (Wm. Smith) Griffith et Henfrey	T						X	X			
<i>Gyrosigma</i> sp.	T								X	X	

Tabla 1. Continuación.

CARRETAS-PEREYRA	H	1997				1999	2000	2001	2002	
Especies		MAR S	MAY LL	JUL LL	NOV S	JUN LL	JUL LL	FEB S	ABR S	OCT LL
<i>Hemaniaus membranaceus</i> Cleve	P								X	X
<i>Laudeia</i> sp.	P								X	
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	P						X	X	X	X
<i>Lithodesmium</i> sp.	P									X
<i>Lyrella clavata</i> var. <i>clavata</i> (Gregory) Mann							X			
<i>Lyrella irorata</i> (Greville) D. G. Mann	T							X		
<i>Lyrella lyra</i> (Erenberg) Karajeva var. <i>lyra</i>	T						X	X		
<i>Lyrella</i> sp.	T								X	
<i>Melosira nummuloides</i> C. A. Agardh	T							X		X
<i>Navicula directa</i> W. Smith	T						X	X	X	X
<i>Navicula pelagica</i> Cleve	P							X		
<i>Navicula</i> sp.	T						X			X
<i>Nitzschia spathulata</i> Brébisson ex Wm. Smith	T						X			
<i>Nitzschia longa</i> Grunow	T						X			
<i>Nitzschia obtusa</i> Wm. Smith	T							X		
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing)	T						X	X		
<i>Nitzschia</i> sp.									X	X
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	P						X	X	X	X
<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen	P						X			X
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> var. <i>minor</i> P. T. Cleve	T						X	X		
<i>Plagiotropis vitrea</i> (Wm. Smith) Cleve	T						X			
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt	P							X	X	
<i>Pleurosigma formosum</i> Wm. Smith	T						X	X	X	
<i>Pleurosigma acutum</i> Norman ex Ralfs	T						X	X		
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell)	P							X		
<i>Pseudonitzschia</i> sp.								X		
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo	P						X	X		
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundstrom	P								X	X
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell	P							X	X	
<i>Rhizosolenia pungens</i> Cleve-Euler	P							X		
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	P							X		
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	P						X	X	X	X
<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville y Artnott) Ralfs	P						X	X		X
<i>Surirella</i> sp.1	T							X		
<i>Surirella</i> sp.2	T							X		
<i>Surirella</i> sp.3	T						X	X		
<i>Surirella</i> sp.4	T								X	X
<i>Tabellaria</i> sp.	T						X	X	X	
<i>Thalassionema nitzschiodes</i> var. <i>lanceolata</i> (Grunow) Peragallo et Peragallo	P						X	X		X
<i>Thalassionema</i> sp.	P							X		
<i>Thalassiosira gravida</i> Cleve	P						X			
<i>Thalassiothrix</i> sp.	P						X			
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	T								X	
<i>Ceratium breve</i> var. <i>parallellum</i> (Smith) Jorgensen	P									
<i>Ceratium deflexum</i> (Kofoid) Jorgensen	P									

Tabla 1. *Continuación.*

CARRETAS-PEREYRA	H	1997				1999	2000	2001	2002	
Especies		MAR	MAY	JUL	NOV	JUN	JUL	FEB	ABR	OCT
		S	LL	LL	S	LL	LL	S	S	LL
<i>Ceratium dens</i> Ostenfeld et Smith							X			
<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jorgensen									X	
<i>Ceratium furca</i> var. <i>furca</i> Sournia									X	
<i>Ceratium furca</i> var. <i>hircus</i> (Schroder) Margalef ex Sournia							X	X	X	
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	P						X	X	X	
<i>Ceratium symmetricum</i> var. <i>orthoceras</i> (Jorgensen)	P						X			
Graham et Bronikosky										
<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid	P							X		
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	P						X		X	
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	P							X		
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	P							X	X	
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	T								X	
<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech	P							X		
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	P							X	X	
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	P							X		
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech	P							X		
<i>Protoperidinium latispinum</i> (manguin) Balech	P							X		
<i>Protoperidinium</i> sp.1	P								X	
<i>Protoperidinium</i> sp.2	P						X	X	X	
<i>Protoperidinium</i> sp.3	P								X	
<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich	P								X	
<i>Closterium</i> sp.1	P									X
<i>Closterium</i> sp.2	P									X
<i>Closterium</i> sp.	P									X
<i>Chlorococcum</i> sp.	P							X		
<i>Eudorina</i> sp.	P									X
<i>Microsterias</i> sp.	P						X			
<i>Pandorina</i> sp.	P									X
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	P									X
<i>Scenedesmus</i> sp.	P						X			X
<i>Spyrogira</i> sp.	P						X			
Clorofita Chorococcal	P									X
<i>Anabaena</i> sp.	P						X	X		X
<i>Merismopedia</i> sp.	P						X			
<i>Microcystis</i> sp.	P							X		
<i>Oscillatoria</i> sp.	P						X	X		X
<i>Spirulina</i> sp.	P						X	X		
<i>Euglena</i> sp.	P									X
<i>Phacus</i> sp.	P									X
<i>Trachelomonas</i> sp.	P									X
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	P								X	X

H: Hábito T: Ticoplanctónica
P: Planctónica S: Época de secas
LL: Época de luvias

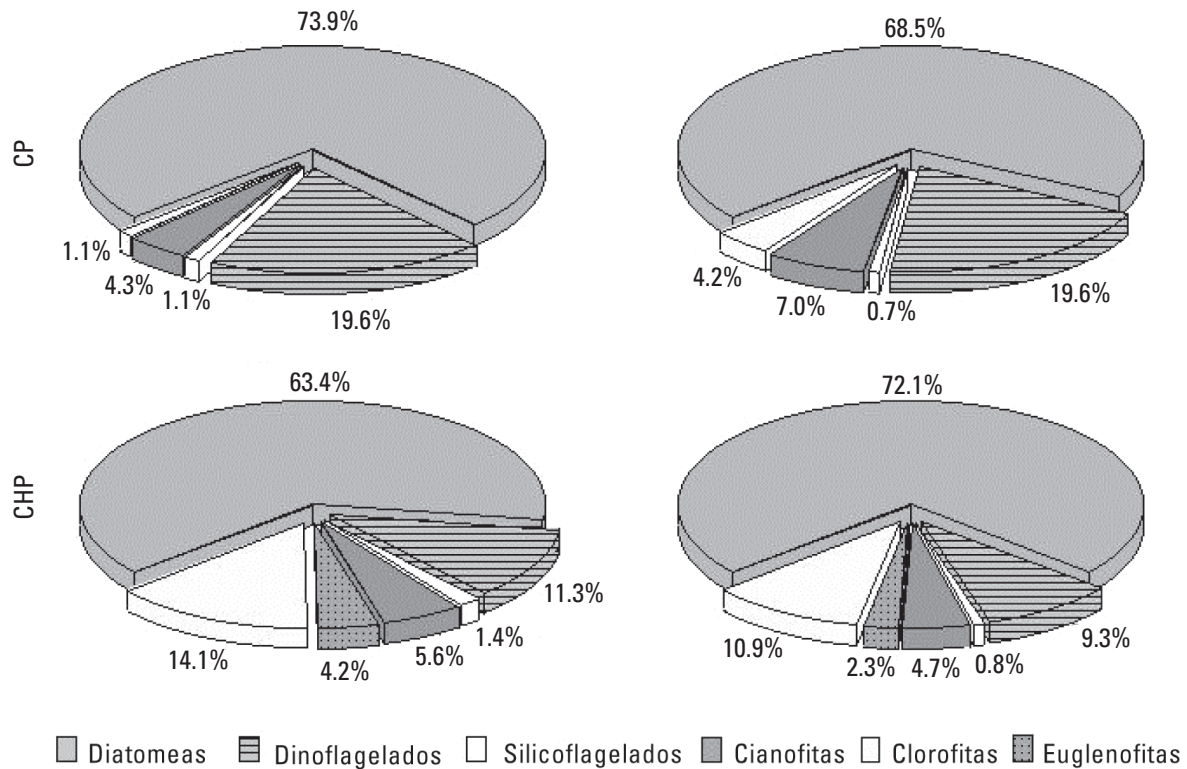


Figura 2. Composición porcentual de los principales grupos fitoplanctónicos representados en Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP).

En CHP del total de especies, 131 fueron de hábito planctónico y 65 ticolanctónico. En este sistema, *Skeletonema costatum* fue la única especie que se registró en los cuatro muestreos correspondientes a la época de secas, mientras que *Odontella mobiliensis*, *Leptocylindrus danicus*, *Ditylum brightwellii* y *Dinophysis caudata* se registraron solo en tres, 24 especies en dos ocasiones y el resto exclusivamente en un mes. Durante la época de lluvias *Coscinodiscus granii* se presentó en cinco muestreos, *Proboscia alata*, *Coscinodiscus concinnus*, *Ceratium tripos var pulchellum* y *Actinocyclus splendens* se presentaron en cuatro ocasiones, nueve especies en tres, 25 especies en dos y 91 especies en un muestreo (Tabla 1).

En CP, 79 especies fueron de hábito planctónico y 37 eran ticolanctónicas. Durante la época de secas, 15 especies se registraron en los dos meses analizados y el resto en una ocasión solamente; en lluvias 18 especies se presentaron en dos muestreos y el resto en uno (Tabla 1).

La aportación de cada uno de los grupos principales a la composición fitoplanctónica total varió en función de la época climática. En CHP durante secas el 63.4% de la composición estuvo aportada por las diatomeas, 11.3% por los dinoflagelados, 14.1% por las clorofitas, mientras que las cianofitas, euglenofitas y silicoflagelados representaron el 5.6, 4.2 y 1.4 %, respectiva-

mente. Para la época de lluvias las diatomeas incrementaron su aportación al 72.1 %, mientras que los dinoflagelados disminuyeron a un 9.3%. Las clorofitas correspondieron al 10.9%, al igual que las cianofitas y euglenofitas; los silicoflagelados aumentaron a un 4.7% (Fig. 2).

En CP, las diatomeas en la época de secas aportaron un 73.9%, disminuyendo en lluvias al 68.5%; los dinoflagelados tuvieron un porcentaje similar en ambas épocas, con un 19.6%. Las clorofitas y cianofitas se incrementaron de la época de secas a la de lluvias (1.1 a 4.2% y de 4.3 a 7.0%, respectivamente), mientras que las euglenofitas disminuyeron de 4.2 a 2.3 % (Fig. 2).

Análisis de Similitud. De acuerdo al Análisis de Similitud, basado en los datos de presencia/ausencia de especies fitoplanctónicas, se determinó que en Carretas-Pereyra durante la época de secas se establecieron tres grupos de estaciones (Fig. 3), el primero formado por las estaciones 6, 7 y 9, caracterizado por la presencia de especies neríticas. El segundo grupo estuvo constituido por las estaciones 3 y 4, dominado por especies dulceacuícolas, mientras que el tercero abarcó una zona intermedia entre las dos zonas anteriores (estaciones 5 y 8).

Durante lluvias, la zonación fue similar a la establecida en secas, con la diferencia de que la composición específica,

principalmente integrada por especies polihalinas, incluyó a la estación 8 con las estaciones 6 y 7; el segundo grupo estuvo formado por las estaciones 3 y 4, presentando especies de afinidad estuarina o dulceacuícola (< 6.0 ups). Las dos estaciones restantes (5 y 9), se diferenciaron de las demás, ya que la primera estuvo ubicada en la parte más interna de la laguna de Carretas lo que le confirió una composición diferente a las dos estaciones cercanas (3 y 4), mientras que la segunda, ubicada en el canal de entrada de marea paralelo a la barra arenosa presentó especies de estirpe nerítica.

En Chantuto-Panzacola el análisis estableció que durante secas se presentaron dos zonas bien definidas: a) una que agrupó las estaciones 1-3 y 10 las cuales se localizaron en la zona con mayor influencia del mar adyacente sobre el sistema y por lo tanto con especies neríticas o costeras, y b) un segundo grupo que incluyó las estaciones 5, 7 y 9, ubicadas en uno de los canales principales en donde se presenta la entrada y salida de la marea, así como la salida de los ríos hacia la zona costera adyacente. Las estaciones 4, 6 y 8, se separaron de los dos grupos anteriores debido a que se ubicaron (especialmente las dos primeras) en los extremos noroeste y sureste del sistema, teniendo una composición fitoplanctónica diferente al resto de las lagunas.

En la época de lluvias el ordenamiento generó una agrupación similar a la de secas, con la diferencia de que las estaciones 5-8, formaron un solo grupo con especies preferentemente dulceacuícolas debido a la influencia de los cuatro ríos que desembocan en esta zona del sistema (Fig. 1B). El otro grupo estuvo integrado por las estaciones 1-3 y 10, con especies que sugieren una mayor influencia marina sobre la zona. La estación 4 se separó del grupo de manera similar que en la época de secas,

debido a su aislamiento relativo del resto de las lagunas, al igual que la estación 9.

Componentes Principales. Con base en el análisis de componentes principales (ACP) en CHP y CP el mayor porcentaje de varianza estuvo explicada por los tres primeros ejes (80 y 67 %, respectivamente), siendo el primero el que mayor porcentaje de varianza explicó (Tabla 2).

El análisis de las variables físico-químicas (Tabla 3) y los *loadings* de cada variable en los primeros tres componentes (Tabla 4) obtenidos mediante el ACP representan la ordenación de éstas con los componentes, indicando el grado en el que dichas variables se correlacionan con cada eje (Mc Garigal *et al.*, 2000). De esta forma, la salinidad, el porcentaje de saturación de oxígeno, los nitratos más nitritos y la relación N:P fueron los parámetros que explican la varianza en CHP, mientras que en CP fueron la temperatura, la salinidad, el porcentaje de saturación del oxígeno y el amonio.

DISCUSIÓN

Composición de especies. Al igual que en otros sistemas estuarinos, predominó la presencia de diatomeas (Santoyo, 1994), ya que su aportación global fue de más del 60%, por su parte los dinoflagelados le siguieron en importancia con más del 11%. El sistema CP presentó una mayor influencia de la zona costera adyacente durante la época de secas (34 ups; Tabla 3) en comparación con CHP (21.74 ups), lo cual permite explicar la contribución porcentual de los dinoflagelados (preferentemente de estirpe marina; Tabla 1) al total de la comunidad en ambas épocas climáticas (Fig. 2). En el caso del sistema CHP, debido a que presentó menor

Tabla 2. Eigenvalores y porcentaje de variación explicada por los primeros cuatro componentes en el ACP en Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra durante cada época climática.

Variable	EJE 1				EJE 2				EJE 3			
	CHP		CP		CHP		CP		CHP		CP	
	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
Temperatura °C	0.38	0.03	0.25	0.32	0.34	-0.50	0.29	0.21	0.33	0.50	0.06	0.16
Salinidad ups	-0.52	0.40	0.44	0.43	0.03	0.25	-0.29	0.18	-0.23	-0.30	-0.30	0.41
Transparencia %Z _{sd}	-0.01	0.43	0.39	0.39	0.37	-0.24	0.41	0.12	-0.58	-0.12	0.17	-0.35
Porcentaje de Saturación %Sat	-0.38	0.52	0.32	0.48	-0.41	-0.28	0.24	-0.27	-0.28	-0.20	-0.61	-0.23
Amonio µM	-0.14	0.04	-0.39	-0.06	0.62	0.57	0.41	-0.22	-0.13	0.46	-0.28	0.78
Nitratos más Nitritos µM	-0.27	0.27	0.44	-0.27	-0.20	-0.24	0.20	0.63	0.47	0.23	-0.12	-0.05
Ortofosfatos µM	0.37	-0.43	0.21	-0.45	-0.36	-0.39	0.32	0.10	-0.31	0.09	0.63	-0.05
Relación N:P	-0.46	0.37	-0.32	0.23	0.20	0.11	0.55	0.62	0.30	0.58	-0.17	0.14
EIGENVALORES												
Eigenvalor	2.29	2.694	3.68	3.477	1.52	1.561	1.93	1.55	1.50	1.208	1.11	1.371
Porcentaje	28.59	33.68	46.01	43.46	18.95	19.51	24.09	19.38	18.76	15.1	13.811	7.14
Porcentaje acumulado	28.59	33.68	46.01	43.46	47.54	53.19	70.10	62.84	66.30	68.29	83.917	9.98

Tabla. 3. Resumen estadístico de las variables físico-químicas durante el periodo de estudio en Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra, Chiapas.

Parámetro	Unidad	CHANTUTO-PANZACOLA		CARRETAS-PEREYRA	
		Secas	Lluvias	Secas	Lluvias
Profundidad Total	m	1.45 ± 1.15	1.30 ± 0.65	0.65 ± 0.35	0.99 ± 0.80
Temperatura	°C	31.31 ± 1.87	31.19 ± 1.99	32.51 ± 1.69	32.39 ± 1.81
Salinidad	ups	21.74 ± 13.07	13.52 ± 12.28	34.91 ± 3.75	9.32 ± 10.48
Oxígeno Disuelto	ml ⁻¹	3.15 ± 1.17	2.90 ± 1.48	3.02 ± 0.63	4.43 ± 1.55
Porcentaje de saturación	% Sat	69.81 ± 27.15	62.33 ± 34.17	72.76 ± 17.44	93.41 ± 36.63
Transparencia	% Z _{sd}	52.36 ± 19.46	50.20 ± 21.33	53.59 ± 18.97	65.31 ± 21.20
pH		7.51 ± 0.43	7.22 ± 0.68	7.74 ± 0.32	7.61 ± 0.59
Amonio	μM	4.19 ± 8.14	3.55 ± 2.65	1.11 ± 0.90	1.59 ± 1.58
Nitratos más Nitritos	μM	6.51 ± 6.34	2.39 ± 2.73	12.77 ± 17.24	10.43 ± 13.25
Ortofosfatos	μM	2.21 ± 1.41	2.69 ± 3.07	4.67 ± 2.72	6.21 ± 5.09
Relación N:P	-	6.61 ± 6.69	5.17 ± 4.33	0.51 ± 0.53	2.68 ± 3.58

Prom (± D.E.): Promedio (+/- desviación estándar)

salinidad promedio resultante de una mayor influencia de los ríos que desembocan en el sistema, las cianofitas, clorofitas, euglenofitas y silicoflagelados fueron los grupos con una mayor presencia a lo largo de los diferentes muestreos. En los sistemas CHP y CP la comparación de la composición de especies, indicó una analogía en las zonas establecidas mediante el análisis de similitud a partir del análisis de presencia/ausencia (Fig. 3), ya que comparten características físico-químicas similares, en virtud de que se encuentran sujetos a la misma presión ambiental.

El análisis de componentes principales aplicado a las variables ambientales y el análisis de similitud del fitoplancton durante el periodo de estudio, permitieron establecer que ambos sistemas se agrupan en un esquema general, el cual está regulado principalmente por las variaciones ambientales a las que se encuentra sujeto durante cada época climática, y que básicamente

determina el comportamiento general de las lagunas (Varona-Cordero, 2004).

Época de secas. La composición fitoplanctónica co-respondiente a los meses de la época de secas en ambos sistemas, estuvo determinada por el intercambio mareal, el cual se confirma por las altas salinidades registradas en esta zona (mediana de 30 ups, Varona-Cordero, 2004) así como por la presencia de especies de estirpe marina. En ambientes similares, se ha demostrado que durante esta época el intercambio se presenta con mayor intensidad debido a la disminución en la descarga de los ríos (Cloern 1996; Eyre, 1998); Aunado a lo anterior, en la temporada de secas se ha establecido que las partículas suspendidas experimentan un proceso de advección, asentamiento y resuspensión que facilita la retención de las mismas, incluyendo diatomeas y dinoflagelados, lo cual justifica la presencia de varias especies

Tabla 4. Valores (loadings) de las variables de acuerdo al Análisis de Componentes Principales en Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP), Chiapas.

Variable	Unidad	Eje 1		Eje 2		Eje 3	
		CHP	CP	CHP	CP	CHP	CP
Temperatura	°C	-0.13	0.50	-0.61	0.19	-0.05	0.06
Salinidad	ups	0.41	0.23	0.43	-0.05	-0.14	-0.61
Transparencia	%Z _{sd}	-0.08	0.31	0.40	0.33	0.57	0.21
Porcentaje de saturación	%Sat	0.44	0.25	0.19	0.51	-0.29	0.10
Amonio	μM	0.30	-0.41	-0.40	0.29	-0.07	0.29
Nitratos más nitritos	μM	-0.46	0.36	0.10	-0.33	0.27	0.28
Ortofosfatos	μM	0.33	-0.07	-0.25	-0.44	0.58	0.55
Relación N:P	-	-0.45	0.14	0.14	0.33	-0.40	0.33

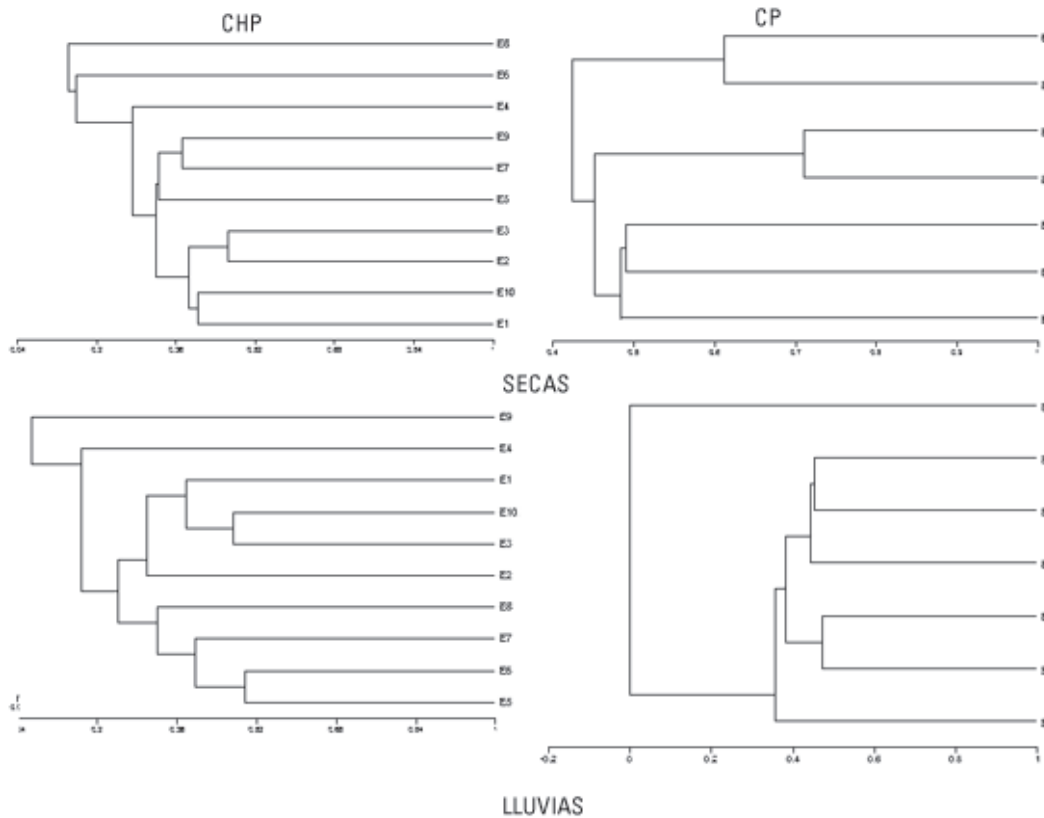


Figura 3. Dendrograma de similitud entre estaciones en Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP) durante cada época climática a partir del análisis de presencia/ausencia de especies de fitoplancton.

ticoplanctónicas en la columna de agua (Santoyo, 1994; Lucas *et al.*, 2001; Shanks & McCulloch, 2003).

En la zona 1, como resultado del mayor intercambio con el océano adyacente, ingresan al sistema un gran número de especies neríticas como *Coscinodiscus* spp, *Dityllum brightwelli* y *Skeletonema costatum*, así como el silicoflagelado *Dictyocha fibula* (Tabla 1). La composición de especies registrada en esta zona revela que la gran variabilidad de la misma (y que se acentúa por la morfología de los sistemas) impide el desarrollo de especies netamente estuarinas, por lo que bajo estas circunstancias el fitoplancton usa su capacidad de crecer a tasas muy altas como una respuesta fisiológica (Smayda, 1997a y b), para contrarrestar la cantidad de biomasa perdida a través del flujo en cada ciclo mareal (Lucas *et al.*, 1999). Por ejemplo, *Dityllum brightwelli* tiene tasas de multiplicación celular de 2.1 divisiones por día⁻¹, mientras que *Skeletonema costatum* varía de 2 a 5.9 divisiones por día⁻¹ (Furnas, 1990). Por otra parte, en la zona 2 la composición estuvo determinada en su mayoría por dinoflagelados, principalmente de los géneros *Ceratium* y *Protoperidinium*; sin embargo, a pesar de la baja abundancia de diatomeas, en esta zona se desarrollan especies salobres como *Cyclotella* sp., *Entomoneis alata* y *Surirella* spp. (Tabla 1), las cuales represen-

tan a las especies verdaderamente estuarinas de los sistemas. Lo anterior es resultado de los procesos de transporte pasivo (de Castro *et al.*, 2000) que distribuyen a las poblaciones al interior de los sistemas, así como de la capacidad de éstas para mantenerse dentro de una porción de los mismos, principalmente por efecto de sus tasas de crecimiento.

Época de Lluvias. Durante esta época la composición fitoplanctónica estuvo determinada por *Closterium* sp., *Eudorina* sp., *Pandorina* sp., *Euglena* sp., *Phacus* sp., y *Anabaena* spp., indicando que dichas poblaciones son introducidas a los sistemas por los ríos adyacentes. Además, la alta descarga fluvial da como resultado que el tiempo de residencia sea corto (2.31 días, Varona-Cordero 2004) y no permita el desarrollo *in situ* de grandes poblaciones, debido a que las tasas de división de estos grupos son del orden de 1.3 a 5.2 d⁻¹ (Furnas, 1990). Al respecto, Muylaert y Sabbe (1999), señalan que sólo cuando el tiempo de residencia es largo, se promueve el desarrollo de poblaciones fitoplanctónicas autóctonas. Además, la dominancia de grupos como las clorofitas y cianofitas durante lluvias, donde la influencia de la descarga es mayor, provee evidencia que soporta lo sugerido por Tomas y Gibson (1990), quienes señalan que evolutivamente estos grupos poseen una mayor tolerancia a la turbulencia con respecto a las diatomeas.

De acuerdo con lo anterior se concluye que la similitud en la composición específica registrada en los sistemas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra, se debe en primera instancia al ambiente físico, el cual controla el comportamiento de dichos sistemas. Variables como la salinidad, la transparencia y en menor medida los nutrientes, controlan la distribución de las poblaciones fitoplanctónicas al interior de los sistemas de acuerdo con sus concentraciones en cada época climática. Resultados similares han sido reportados en el estuario del río Langat en donde encontraron que durante la época de lluvias la salinidad, los nutrientes y la turbidez fueron las variables que mejor explicaban la distribución del fitoplancton (Lassen *et al.*, 2004). De la misma manera, Troccoli *et al.*, (2004), basados en un ACP de la zona costera de Yucatán, mencionan que son la salinidad y las formas oxidadas de nutrientes, junto con la clorofila *a*, las variables más relacionadas con la variabilidad ambiental.

Previamente, Varona-Cordero y Gutiérrez (2003), estudiaron en estos mismos sistemas, los cambios en la composición del fitoplancton y su relación con las variables físico-químicas en la época de secas y lluvias del período 2000-2001, reportando una composición 85 especies para CHP y 69 para CP. Los resultados de este estudio incrementan el registro de especies a 199 taxa en CHP y 125 en CP, lo que representa una contribución importante al conocimiento de la comunidad fitoplanctónica de estos sistemas. Además, la confirmación de los cambios estacionales en la composición del fitoplancton y de las variables físicas y químicas que los determinan en un período más amplio de tiempo (1997-2002), permiten establecer de manera más sólida el patrón de cambios estacionales para estos sistemas y su similitud con otros sistemas costeros tropicales (Alongi, 1998).

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue apoyado parcialmente por el CONACYT bajo el convenio 400200-5-4282PT y por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Se agradecen también las sugerencias y comentarios recibidos por parte de la M. en C. Rocío Torres Alvarado y tres revisores anónimos, los cuales contribuyeron a mejorar el manuscrito.

REFERENCIAS

- ALONGI, D.M. 1998. *Coastal Ecosystem Processes*. CRC Press. Boca Ratón. USA 419 p.
- ALLEN, T. F. H., & STARR, T. B. 1982. *Hierarchy: Perspectives for ecological complexity*. University of Chicago Press. Chicago, IL. 310 pp.
- BOURRELLY, P. 1966. *Les algues d'eau douce. Initiation á la systématique. Tome I: Les algues vertes*. Éditions N-Boubée y Cie. 3 Place Saint-André-des Arts. Paris, VIe. 572 p.
- BOURRELLY, P. 1968. *Les algues d'eau douce. Initiation á la systématique. Tome II: Les algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xantophycées et Diatomées*. Éditions N-Boubée y Cie. 3 Place Saint-André-des Arts. Paris, VIe.
- BOURRELLY, P. 1970. *Les algues d'eau douce. Initiation á la systématique. Tome III: Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines*. Éditions N-Boubée y Cie. 3 Place Saint-André-des Arts. Paris, VIe. 606 p.
- CARDOSO, C. M. D. 1979. *El clima de Chiapas y Tabasco*. Instituto de Geografía. UNAM. México. 99 p.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DE ENSENADA, CICESE. 2003. *Programa MAR V0.5.3 para Windows*.
- CLOERN, J. E. 1996. Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: a review with some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. *Reviews of Geophysics* 34(2): 127-168.
- CONTRERAS E. F. 1993. *Los Ecosistemas Costeros Mexicanos*. (3º Ed) CONABIO/UAM. México. 413 p.
- DE CASTRO, M., GÓMEZ-GESTEIRA, M., PREGO, R., TABOADA, J. J., MONTERO, P., HERBELLO, P., & V. PÉREZ-VILLAR. 2000. Wind and tidal influence on water circulation in a Galician Ria (NW Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51: 161-176.
- DE LA LANZA E. G. & J. CÁCERES M., 1994. (Eds.) *Lagunas costeras y el litoral Mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 525 p.
- EYRE, B. D. 1998. Transport, retention and transformation of material in Australian estuaries. *Estuaries* 21(4A): 540-551.
- FURNAS, M. J. 1990. *In situ* growth rates of marine phytoplankton: approaches to measurement, community and species growth rates. *Journal of Plankton Research* 12(6): 1117-1151.
- GUTIÉRREZ, M. F. J., F. VARONA-CORDERO & F. CONTRERAS. 2005. Caracterización espacial de las condiciones físico-químicas de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. *Hidrobiológica*. 16(2): en prensa.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. U. 1993. Fitoplancton marino en México. *En: Salazar-Vallejo & N. E. Gonzáles (Eds). Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO y CIQRO., México, pp 39-53
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. U. 2000. Morfología y taxonomía de algunas de las especies de diatomeas del género *Coscinodiscus* de las costas del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical* 48: 7-18.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. U. & E. BRAVO-SIERRA. 2001. Planktonic silico-flagellates (Dictyochophyceae) from the Mexican Pacific. *Botánica Marina* 44: 417-423
- INE-SEMARNAP. 1999. *Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada*. México: Instituto Nacional de Ecología-Secretaría el Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 180 p.

- KENNISH, M. J. 1986. *Ecology of Estuaries, Physical and Chemical Aspects*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 254 p.
- KJERFVE, B. & K. E. MAGILL. 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology* 88: 187-199.
- KJERFVE, B. 1994. Coastal Lagoons. In: Kjerfve, B. (Ed.) *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier. Amsterdam. Chapter 1:1-8 pp.
- KNOPPERS B. & B. KJERFVE. 1999. Coastal lagoons of southeastern Brazil: Physical and biogeochemical characteristics. In: Perillo, G. M. E., Piccolo, M. C., & M. Pino-Quivira. (Eds). *Estuaries of South America. Their geomorphology and Dynamics*. Springer. Chapter 3: 35-66.
- KREBS, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd Ed. Benjamín Cummings, Menlo Park, California. 620 p.
- LARA-VILLA, M. A. MORENO-RUIZ, J. L. & E. J. AMARO-MAURICIO. 1996. *Fitoplancton. Conceptos básicos y técnicas de laboratorio*. UAM-I. 225 pp.
- LASSEN, M.F., M.E. BRAMM, K. RICHARDSON, F. YOUSSEF & M. SHARIF. 2004. *Estuaries* 27: 716-727.
- LICEA, S., J. L. MORENO, H. SANTOYO & G. FIGUEROA. 1995. *Dinoflageladas del Golfo de California*. México. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México 165 p.
- LUCAS, C. H., BANHAM, C. & P. M. HOLLIGAN. 2001. Benthic-pelagic exchange of microalgae at a tidal flat. 2. Taxonomic analysis. *Marine Ecology Progress Series* 212: 39-52.
- LUCAS, L.V., J.R. KOSEFF, S. G. MONISMITH, J.E. CLOERN & J. K. THOMPSON. 1999. Processes governing phytoplankton blooms in estuaries. II: The role of horizontal transport. *Marine Ecology Progress Series* 187: 17-30
- MC GARIGAL, K., CUSHMAN, S. & S. STAFFORD. 2000. *Multivariate statistics for wildlife and Ecology Research*. Springer-Verlag New York, Inc. 283 pp.
- MORENO, J. L., LICEA, S. & H. SANTOYO. 1995. *Diatomeas del Golfo de California*. México. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 273 p.
- MUYLAERT, K. & K. SABBE. 1999. Spring phytoplankton assemblages in and around the maximum turbidity zone of estuaries of the Elbe (Germany), the Schelde (Belgium/The Netherlands) and the Gironde (France). *Journal of Marine Systems* 22: 133-149.
- NOBLE, P.A., R. G. TYMOWSKI, M. FLETCHER, J.T. MORRIS & A.J. LEWITUS. 2003. Contrasting patterns of phytoplankton community pigment composition in two salt marsh estuaries in southeastern United States. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 4129-4143.
- ORTEGA, M. M. 1984. *Catálogo de algas continentales recientes de México*. UNAM. 561 p.
- PERAGALLO, M. 1965. Diatomes marines de France et des districts maritimes voisins. Amsterdam A. Asher & Co. 491 pp et Atlas, 137 plates.
- ROUND, F. E., CRAWFORD R. M. & D. G. MANN. 1990. *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge. University Press. 747 pp.
- SANTOYO, R., H. 1994. Fitoplancton y Productividad. In: de la Lanza-Espino E. G., y Cáceres M. C., (Eds). *Las Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California. 221-245 pp.
- SHANKS, A. L., & A. McCULLOCH. 2003. Fortnightly periodicity in the abundance of diatom and dinoflagellate taxa at a coastal study site. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 296: 113-126.
- SMAYDA, T. J. 1997a. What is a bloom? A commentary. *Limnology and Oceanography* 42 (part 2): 1132-1136.
- SMAYDA, T. J. 1997b. Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology and Oceanography* 42 (part 2): 1137-1153.
- STRICKLAND, J. & T. R. PARSONS. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada. 310 pp.
- TABACHNICK, B. G. & L. S. FIDELL. 1989. *Using multivariate statistics*. Harper and Row. New York. 932 pp.
- TILMAN, D. 1982. *Resource competition and community structure*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 296 pp.
- TOMAS, C. R., 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press. San Diego. USA. 858 pp.
- TOMAS, W. H. & C. H. GIBSON. 1990. Effects of small-scale turbulence on microalgae. *Journal of Applied Phycology* 2: 71-77.
- TROCCOLI, L.G., J.A. HERRERA-SILVEIRA & F. COMÍN. 2004. Structural variations of phytoplankton in the coastal seas of Yucatán, Mexico. *Hydrobiologia* 519: 85-102.
- VARONA-CORDERO, F., & F. J. M. GUTIÉRREZ. 2003. Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. *Hidrobiológica* 13(1): 177-194.
- VARONA-CORDERO, F. 2004. Estudio comparativo de los cambios en la composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de dos lagunas Costeras (Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola) y su relación con las variaciones de los parámetros físicos y químicos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. 127 p.
- WARD, L. G. & G. M. ASHLEY. 1989. Introduction: Coastal lagoonal systems. *Marine Geology* 88: 181-185.
- WETZEL, G. R. & E. G. LIKENS. 1991. *Limnological Analyses*. Springer-Verlag. Nueva York, Inc. 391 p.

Recibido: 8 de marzo de 2005.

Aceptado: 23 de enero de 2006.