

Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas

Spatiotemporal multivariate analysis of phytoplankton fluctuation in two coastal lagoons of Chiapas

Francisco Varona-Cordero
y Francisco José Gutiérrez Mendieta

Laboratorio de Ecosistemas Costeros. Departamento de Hidrobiología, DCBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. fvc@xanum.uam.mx; fgm@xanum.uam.mx

Varona-Cordero, F. y F. J. Gutiérrez Mendieta. 2003. Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. *Hidrobiológica* 13 (3): 177-194.

RESUMEN

Se estudió la comunidad fitoplanctónica de los sistemas lagunares Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola del estado de Chiapas, realizando una caracterización espacial y en dos épocas del año de su distribución, composición y abundancia relativa, asociándola a las variaciones de las condiciones físico-químicas mediante el empleo del Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis de Conglomerados (AC). Con base en el comportamiento hidrológico estacional y en el AC se observó que el sistema Carretas-Pereyra varía a lo largo del año presentando habitats polihalinos a euhalinos en la época de secas y mesohalinos a polihalinos durante lluvias. También se evidenció que en Chantuto-Panzacola el habitat mesohalino permanece como tal durante ambas épocas mientras que los habitats polihalino y euhalino presentes en secas adquieren características polihalinas en lluvias. La estructura de la comunidad fitoplanctónica está condicionada por las características ambientales de los habitats establecidos en ambos sistemas, lo que origina una sucesión estacional en las especies que la componen. El ACP demostró que durante la época de secas se observa la dominancia de grupos de estirpe marina (diatomeas y dinoflagelados principalmente) distribuidos a lo largo del habitat euhalino, mientras que durante lluvias la comunidad está integrada tanto por especies de agua dulce (diatomeas del género *Navicula* y cianofitas principalmente) distribuidas en el habitat mesohalino, como por especies con afinidades salobres que se encuentran en el habitat polihalino. Finalmente, puede establecerse que la sucesión en los sistemas Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola sigue el siguiente orden: Dominancia de diatomeas (secas) -dinoflagelados (secas-lluvias) –cianofitas (lluvias).

Palabras clave: Fitoplancton, hidrología, análisis multivariado, laguna Costera, Chiapas.

ABSTRACT

The spatio-temporal variation of the distribution and composition of the phytoplankton community was studied through a Principal Component Analysis (PCA) and a Cluster Analysis (CA). Based on the seasonal behavior of the most important hydrological factors and on the CA, it was established that the Carretas-Pereyra lagoon system varies throughout the year presenting euhaline and polyhaline habitats during the dry season and mesohaline and polyhaline ones during the wet season. It was also established that in Chantuto-Panzacola the

polihaline and euhaline habitats of the dry season become polyhaline during the wet season while the mesohaline habitat remains unchanged throughout the whole year. The structure of the phytoplankton community is dependent by the key environmental characteristics of the seasonal habitats established in both systems, situation that generates a succession of the species. The PCA analysis showed that during the dry season there is a dominance of marine species (diatoms and dinoflagellates) distributed along the euhaline habitat, but during the rainy season the community is made up by both, freshwater species (diatoms of the genera *Navicula* and cyanophytes) distributed along the mesohaline habitat and brackish species which are found throughout the polihaline habitat. Finally, a phytoplankton succession was established for both systems (Carretas-Pereyra and Chantuto-Panzacola): Dominance of Diatoms (dry season)-Dinoflagellates (dry-wet season)- Cyanophytes (wet season).

Keywords: Phytoplankton, hydrology, multivariate analysis, coastal lagoons, Chiapas.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son de las áreas más productivas del ecosistema marino, contando con tramas tróficas de alta diversidad y alta biomasa de productores secundarios (Yáñez-Arancibia, 1986; Brouillón-Moreno *et al.*, 1988). Estas zonas juegan un papel preponderante en el ciclo de materiales y energía lo que les confiere su elevada productividad potencial (Margalef, 1974; Odum, 1972; Barnes, 1980), debido a numerosos subsidios de energía provenientes de afluentes tales como los aportes de ríos, lluvias y mareas entre otros así como a las diferentes alternativas de actividad de los diversos grupos de productores primarios y secundarios (Nixon, 1980, Newell, 1984, Painchaud & Therriault 1989), en contraste con la región oceánica donde la producción primaria se debe principalmente al fitoplancton (Dawes, 1986).

La zona litoral del estado de Chiapas comprende varios ecosistemas costeros sumamente interesantes y paradójicamente, muy poco estudiados. Específicamente, sólo existen 5 estudios que hacen énfasis en la comunidad fitoplanctónica (Castañeda & Contreras, 1994), de los 57 disponibles. Estos se han enfocado generalmente al estudio de su número y distribución haciendo poco énfasis en sus relaciones con las condiciones del medio ambiente, sin embargo su distribución obedece en gran medida a las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo. Es por esta razón que se han desarrollado diferentes métodos estadísticos aplicables a la ordenación (a lo largo de ciertas direcciones de variación), o a la clasificación (en el que se toma la decisión de que determinada entidad "pertenece" o "se parece más cercanamente" a un determinado grupo) (Allen *et al.*, 1977; Gould *et al.*, 1986; Clarke & Ainsworth, 1993; Fromentin *et al.*, 1993), para que, de manera integral, se estudie el comportamiento ecológico del fitoplancton dentro de las zonas lagunares.

Por todo lo anterior el objetivo del presente trabajo es el de efectuar, mediante el empleo de métodos multivariados, un análisis espacio-temporal de la distribución de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras tropicales y la rela-

ción de ésta con los cambios en las condiciones medio-ambientales en las dos principales épocas climáticas (secas y lluvias).

ÁREA DE ESTUDIO

El clima de la región es cálido húmedo, con abundantes lluvias en verano. La temperatura promedio anual en esta región del país es de las más altas con 28°C. El régimen pluvial lo determina la humedad proveniente del Océano Pacífico en donde el estiaje está definido en los meses de noviembre a abril con menos del 10% de la tasa anual de precipitación del período; el promedio anual es de 2,310 mm de los cuales 95% del total de lluvias se distribuye de mayo a octubre, meses en los que las avenidas se presentan de manera torrencial (INESEMARNAT, 1999; Flores & Lasch, 2001)

Sistema Carretas-Pereyra. El sistema lagunar-estuarino de Carretas-Pereyra está conformado por varios cuerpos acuáticos someros que llevan el nombre de Pereyra, Carretas, Bobo y Buenavista, y un cordón estuarino conocido como el Palmarcito y una boca de comunicación permanente con el mar (Fig. 1). Posee una extensión total de 3, 696 ha (SEPESCA, 1990) y en el desembocan, de norte a sur, cinco ríos principales: Pijijiapan, Echegaray, Margaritas, Bobo y Progreso. La vegetación circundante está constituida primordialmente por bosques de manglar, que aunque en algunos sitios se muestran muy perturbados por actividades agrícolas, constituyen un suministro importante de materia orgánica al ecosistema acuático.

Carretas-Pereyra es un sistema euhalino, saturado de oxígeno, con niveles altos de nutrientes y una elevada productividad cuyo promedio rebasa los 400 mg C m⁻³ hr⁻¹. Presenta tendencias a la eutroficación natural debido a los fuertes aportes de materia orgánica provenientes de las extensas zonas de manglar. Su comportamiento hidrológico se resume en que la mitad del año es dulceacuícola y el resto estuarina (Contreras *et al.*, 1992).

Sistema Chantuto-Panzacola. Está conformado por cinco lagunas principales: Chantuto, Campón, Teculapa, Cerritos y Panzacola. Presenta una boca de comunicación con el mar conocida como San Juan y un largo cordón estuárico paralelo a la barrera arenosa llamado El Huayate (Fig. 1). La extensión total del sistema se calcula en 18 000 ha. Es un sistema euhalino con niveles altos de saturación de oxígeno disuelto y un elevado contenido de nutrientes. Los valores detectados de productividad primaria rebasan los $100 \text{ mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$. Este sistema presenta la comunidad de manglares más extensa de los existentes en la zona de estudio (García & Castañeda-López, 1992). Es un bosque ribereño cerrado que alcanza los 30 m de altura en su mayor parte y muy poco perturbado. En cuanto a las lagunas que conforman el sistema, cabe destacar que, la laguna de Cerritos, durante la época de lluvias, es invadida por vegetación flotante y subacuática (INE-SEMARNAT, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron salidas a campo durante los meses de julio del año 2000 y febrero del año 2001, con la finalidad de contar con datos de cada una de las épocas climáticas que imperan en la región (secas: noviembre-abril y lluvias: mayo-octubre). Se muestrearon 10 puntos en Chantuto-Panzacola y 6 en Carretas-Pereyra abarcando las diferentes zonas de cada sistema, esto es, influencia de ríos, mar y áreas con vegetación entre otras. (Fig. 1).

Hidrología y nutrientes. La temperatura se determinó con un termómetro de cubeta con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$; la transparencia con un disco de Secchi; el oxígeno disuelto por medio del método de Winkler (Strickland & Parsons, 1972); la salinidad se cuantificó por medio de un refractómetro marca American Optical con una precisión de $\pm 1.0 \%$.

Para la cuantificación de nutrientes se obtuvieron muestras de agua de 250 ml con una botella van Dorn a nivel medio de la columna de agua. Las muestras se filtraron en el campo con filtros GF/F, y se mantuvieron a baja temperatura (4°C) hasta su posterior procesamiento en el laboratorio.

Para la determinación de nutrientes las técnicas empleadas fueron: para los nitratos más nitritos el método de reducción por columnas Cd-Cu descrito por Strickland & Parsons (1972); para amonio la técnica de Solórzano (1969), para ortofosfatos se siguió la de Murphy y Riley (1962). Para fósforo total a Inland Water Directorate (1974; citado en Strickland & Parsons, 1972) en Menzel y Corwin (1965). El índice N:P (inorgánico) se calculó dividiendo las formas de nitrógeno inorgánicas entre los ortofosfatos (Redfield, 1958).

Fitoplancton y producción primaria. Las muestras de microfitoplancton se obtuvieron mediante arrastres horizontales a

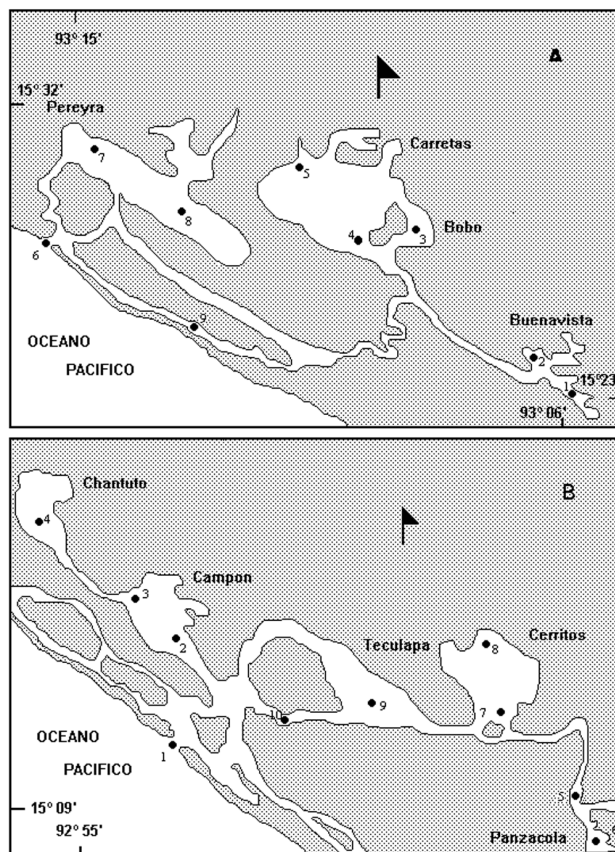


Figura 1. Estaciones de muestreo en los sistemas lagunares Carretas-Pereyra (A) y Chantuto-Panzacola (B).

nivel de superficie utilizando una red de $45 \mu\text{m}$ de apertura de malla, 30 cm de boca y 1 m de largo. Para la preservación de las muestras se utilizó solución de acetato de lugol con una concentración final de 1-2% (Wetzel & Likens, 1991).

Para la evaluación de la productividad primaria se utilizó el método de la botella clara y oscura (Gaarder & Gran, 1927), siguiendo las sugerencias propuestas por Brower y Zar (1981), manteniendo las botellas en incubación en un recipiente de 30 l hecho de acrílico transparente a bordo de la lancha y cubiertas con una malla que reduce la luz aproximadamente 20% con el fin de evitar la fotoinhibición de la fotosíntesis y simular lo más cercanamente posible las condiciones naturales de la laguna, aunque es necesario aclarar que es mejor efectuar las incubaciones *in situ*. Las muestras fueron incubadas durante tres horas, basados en experiencias previas que han mostrado que este tiempo es suficiente para registrar cambios detectables en la producción de oxígeno en las muestras. Regularmente se efectuaron recambios del agua en el incubador con el fin de evitar el sobrecalentamiento debido a la insolación. Para la cuantificación de la clorofila *a*, se utilizó la técnica propuesta por SCOR-UNESCO (1980). La cuantificación se realizó con un espectrofotómetro marca Beckman® Du 85.

El análisis cualitativo de los taxa del fitoplancton se llevó a cabo siguiendo los trabajos de Humm y Wicks, 1980; Ortega, 1984; Licea *et al.*, 1995, Moreno *et al.*, 1995 y Tomas, 1997 entre otros.

Para el análisis cualitativo se utilizaron las muestras de red empleando cámaras de sedimentación de 5, 10, y 15 ml de capacidad. Para el análisis cuantitativo (abundancia relativa), las muestras fueron analizadas utilizando un microscopio invertido marca Zeiss provisto de contraste de fases.

La diversidad de especies se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener (H'):

$$H' = - \sum P_i \log p_i$$

en donde $p_i = n_i/N$, n_i es el número de individuos de la especie i y N es el número total de individuos de la muestra (Brower y Zar, 1981).

Análisis estadístico. Para el análisis de los datos, se empleó un tamaño de muestra de entre 300 a 500 individuos y las especies más importantes fueron aquellas que presentaron > 99 individuos (Wetzel & Likens, 1991; Siqueiros-Beltrones *et al.*, 1985).

Para jerarquizar la dominancia de las especies fitoplanctónicas se construyó el diagrama de Olmstead y Tukey (Sokal & Rohlf, 1981). Las especies dominantes, constantes, ocasionales y raras se determinaron a partir de la relación entre las densidades de los organismos y sus frecuencias de aparición. El criterio de discriminación se basa en la media de la frecuencia de aparición relativa para el eje de las "X" y de la media respectiva del logaritmo natural de la sumatoria de la densidad absoluta para el eje de las "Y", de tal forma que al trazar ambas se perfilan cuatro cuadrantes. Las especies dominantes, son aquellas que presentan la densidad y la frecuencia mayor a ambas medias. Las constantes presentan densidades menores a la media y la frecuencia mayor a la media. Las ocasionales son la que presentan densidad mayor a la media y frecuencia menor a la media. Las raras presentan densidades y frecuencias menores a ambas medias.

Siguiendo las recomendaciones de Gould *et al.* (1986), se realizaron los siguientes análisis sobre la base de datos del fitoplancton: un análisis de componentes principales (ACP), agrupando a los organismos del fitoplancton en cuatro divisiones (diatomeas, dinoflagelados, clorofitas y cianofitas). Este ACP se ejecutó sobre la combinación de los datos de la abundancia.

Con el fin de investigar el efecto de las especies individuales en los patrones de agrupamiento, se utilizaron los taxa dominantes derivados del diagrama de Olmstead y Tukey (Sokal & Rohlf, 1981) y se ejecutó de nuevo un ACP empleando es-

tas variables. Para identificar la co-ocurrencia de especies, se invirtió la matriz de datos de presencia/ausencia, dando por resultado que las muestras individuales son las variables y las especies son las observaciones, y se ejecutó un ACP a esta matriz (análisis inverso), representando por lo tanto a las especies en un espacio muestral. Los eigenvalores que se tomaron en cuenta para dichos análisis fueron aquellos >0.71 y <-0.71 según Tabachnik y Fidell (1989). Adicionalmente, con los datos obtenidos de los factores físico-químicos se ejecutó un Análisis de Conglomerados (AC) mediante la técnica de ligamiento promedio. Esto se hizo para analizar la similitud entre las estaciones de muestreo con el objeto de delimitar habitats. El análisis estuvo basado sobre una matriz elaborada con los valores estandarizados, de manera que ninguno de ellos por presentar un ámbito mayor, influyera a la formación de los grupos.

El análisis estadístico anterior se procesó con el paquete STATISTICA® versión 4.5 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores físico-químicos. Temperatura. La temperatura en el sistema Carretas-Pereyra tuvo un valor promedio durante la época de secas de 31.1°C, mientras que en la época de lluvias se registró un promedio de 33.5°C. Por su parte en Chantuto-Panzacola la temperatura promedio en la época de secas fue de 30°C y de 32.2°C en promedio durante lluvias (Tabla 1). Como puede observarse, la variación estacional entre estos dos sistemas es similar. El origen geológico de estas lagunas le confieren características someras al ser depresiones inundadas de poca profundidad (Lankford, 1977); por lo anterior, la profundidad promedio que se presentó durante la época de

Tabla 1. Intervalos de las variables registradas durante el estudio en ambos sistemas.

	Carretas-Pereyra		Chantuto-Panzacola	
	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias
T°C	29-32.8	32-35	28-31	30-34.5
Salinidad (ups)	28-35	5-30	13-30	0.0-34
O ₂ (ml l ⁻¹)	2.70-4.50	4.23-6.45	3.6-4.4	1.53-7.22
Secchi (m)	0.20-0.70	0.30-2.50	0.30-1.0	0.20-0.60
Clor <i>a</i> (mg l ⁻¹)	4.0-66.6	2.70-41.69	0.0-36.7	0.56-48.77
pH	1.85-3.85	2.01-3.32	1.43-3.32	1.9-3.33
PPN mg C m ⁻³ hr ⁻¹	0.0-225	114-180	33-553	20-143
NH ₄ (μM)	0.2-2.33	0.35-5.05	0.44-10	4.49-5.74
NO ₃ + NO ₂ (μM)	0.81-3.40	1.96-11.94	0.82-1.75	0.67-11.34
PO ₄ (μM)	0.36-1.01	0.95-3.37	0.21-4.4	0.47-4.53

secas fue de 0.76 m y de 1.08 m durante lluvias en Carretas-Pereyra y de 0.63 m en secas, y 1.46 m durante lluvias en Chantuto-Panzacola. La escasa profundidad favorece un rápido calentamiento de la columna de agua en respuesta a los cambios atmosféricos (insolación, precipitación, vientos). Además se observó que en ambos sistemas durante la época de secas, existe un intercambio de agua con el mar adyacente la cual es más fría, por lo que en las bocas de ambos sistemas disminuye ligeramente el valor de este parámetro.

Salinidad. El patrón temporal de salinidad muestra que en Carretas-Pereyra se registran las mayores salinidades durante la época de secas (noviembre a abril; precipitación promedio de 5.6 mm mes⁻¹), con un promedio de 28 unidades prácticas de salinidad (ups), mientras que en lluvias (mayo a octubre; precipitación promedio de 416 mm mes⁻¹) éste tuvo un promedio de 15.5 ups. En Chantuto-Panzacola la salinidad siguió un patrón similar, mostrando las mayores salinidades (25 ups) durante la época de menor precipitación (14.83 mm mes⁻¹), mientras que en la época de lluvias las salinidades fueron menores (17 ups; precipitación 543 mm mes⁻¹ García, 1988).

Oxígeno Disuelto. En Carretas-Pereyra el oxígeno disuelto fue menor durante la época de secas, con una concentración promedio de 3.6 ml/l (82.4% de saturación); contrariamente, en época de lluvias se registra un aumento en la concentración de este gas registrándose un promedio de 5.55 ml l⁻¹ (121.4% de saturación). Este cambio estacional se debe a que durante la época de secas las altas salinidades, ocasionan una baja en la concentración de este gas debida, parcialmente, a la menor solubilidad de este gas, (De la Lanza, 1994). En cambio, en época de lluvias el efecto de los escurrimientos provoca una mezcla en la columna de agua lo que ocasiona que el sistema esté bien oxigenado. Los resultados anteriores concuerdan con los reportados por Contreras *et al.* (1992) quienes afirman que en el sistema Carretas-Pereyra el oxígeno se incrementa al iniciar la temporada de lluvias.

En Chantuto-Panzacola la concentración del oxígeno también presentó diferencias estacionales, sólo que en este caso los mayores valores promedio se registraron durante secas de 4.04 ml l⁻¹ (85% de saturación), mientras que en lluvias la concentración fue de 3.8 ml l⁻¹ (75% de saturación). Los resultados concuerdan con los reportados por Torres y Gutiérrez (2000) y Vega (2000), quienes reportan que durante secas el sistema presenta una saturación y sobresaturación de oxígeno como resultado de una elevada producción primaria, y una subsaturación en la época de lluvias como consecuencia del consumo de oxígeno por la oxidación, dentro del sistema, de los aportes orgánicos provenientes de la vegetación circundante propia del sistema.

Transparencia. En Carretas-Pereyra la transparencia fluctuó estacionalmente de tal manera que durante la época de se-

cas se tuvo un promedio de 0.34 m (equivalente al 45 % de la profundidad total de la columna de agua), mientras que en lluvias, contrariamente a lo esperado, se registró una mayor transparencia con un promedio de 0.88 m (81.4%) (Tabla 1).

Por su parte, en Chantuto-Panzacola no se observaron diferencias estacionales importantes ya que en la época de lluvias se presentó un valor de transparencia de 0.48 m (33% del total de la columna de agua), mientras que en secas el valor promedio fue de 0.46 m (73%). Lo anterior indica que durante las lluvias, aunque la profundidad de la laguna se incrementa en función de la entrada de agua dulce, los escurrimientos acarrear materia orgánica, favoreciendo una mezcla en la columna de agua que mantiene en suspensión los sedimentos terrígenos dando como resultado una mayor turbidez y por lo tanto una menor penetración de la luz.

Nutrientes. En el sistema Carretas-Pereyra la concentración de nutrientes presentó diferencias estacionales. Durante la época de secas se registraron concentraciones promedio menores de NH₄⁺ (1.0 µM que representa el 40% del Nitrógeno Total), NO₃⁻ + NO₂⁻ (1.22 µM, 60% del Nitrógeno total) y de ortofosfatos (0.4 µM), que en época de lluvias (NH₄⁺, 1.98 µM promedio, 24% del nitrógeno total; NO₃⁻ + NO₂⁻, 4.34 µM, 76% del nitrógeno total, y PO₄³⁻ 2.36 µM).

En Chantuto-Panzacola se registró un patrón similar, presentando concentraciones mayores durante la época de lluvias. El aumento en la concentración de nutrientes durante lluvias en ambos sistemas sugiere un aporte de éstos propiciado por las lluvias, los arrastres terrígenos así como por la resuspensión de sedimentos y posiblemente a la descomposición bacteriana de la materia orgánica acarreada por dichos arrastres (Herrera-Silveira, 1994 & Contreras, 2001).

Índice N:P. Contreras *et al.*, (1996) han establecido que las lagunas costeras de Chiapas manifiestan un índice N:P bajo (<5) donde el N es el factor limitante. Los valores registrados en este estudio para ambas épocas en los dos sistemas muestran esta tendencia, sin embargo los valores más altos para ambas temporadas en Carretas-Pereyra (6.21 secas y 6.75 lluvias) y los más altos de secas en Chantuto-Panzacola (8.37) están dentro del intervalo de 5 a 10 el cual según Rinaldi *et al.* (1992) se interpreta como indiferente, esto es, que no representan una limitación real a la comunidad fitoplanctónica.

Clorofila a. Los valores promedio registrados durante la época de secas en los sistemas Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola fueron de 31.1 mg m⁻³ y 20 mg m⁻³ respectivamente, mientras que en lluvias la concentración del pigmento disminuyó ligeramente, registrándose concentraciones de 17.09 mg m⁻³ en Carretas-Pereyra y de 10.51 mg m⁻³ en Chantuto-Panzacola. Probablemente la razón por la que la clorofila muestra una estacionalidad tan clara es por los cambios que

se presentan en la región, como resultado de la influencia de la irradiación solar, la precipitación pluvial y la salinidad, que según Lara-Lara y Álvarez-Borrego, (1975) pueden provocar grandes cambios en pocas horas en la concentración de clorofila de hasta un 300%, aunque en este caso la irradiación no es un factor importante por tratarse de ambientes tropicales. Por ejemplo, durante la época de lluvias se tienen concentraciones de nutrientes mayores (Cupul-Magaña, 1994; Herrera-Silveira, 1994 y Contreras, 2001) que son el resultado del arrastre terrígeno propiciado por la precipitación pluvial, pero éstos son rápidamente exportados al mar adyacente como consecuencia de los bajos tiempos de residencia del agua, impidiendo el desarrollo de florecimientos por parte del fitoplancton (Cloern, 1996). Por el contrario durante la época de secas los grandes tiempos de residencia del agua disminuyen la exportación de materiales al océano permitiendo una transformación de éstos en el interior de la laguna durante esta época y por ende su utilización por los productores primarios (Eyre, 1998), dando como resultado una mayor estabilidad en los sistemas.

Producción Primaria. Los valores registrados en Carretas-Pereyra fueron de $154 \text{ mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$ durante la época de secas, mientras que en lluvias se registró un valor de $116 \text{ mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$. En Chantuto-Panzacola se registró el valor máximo promedio también durante secas ($95 \text{ mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$) mientras que en lluvias fue de $67 \text{ mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$. Los resultados sugieren nuevamente que durante la época de secas en ambos sistemas se dan condiciones más estables, lo que permite que el desarrollo del fitoplancton se dé en un ambiente en donde exista una mayor disponibilidad de nutrientes (Eyre, 1998), o que el tiempo de residencia de los materiales dentro del sistema sea mayor permitiendo la transformación de los materiales dentro del sistema, manifestándose en una alta biomasa y producción fitoplanctónica.

Caracterización Ambiental. De acuerdo al Análisis de Conglomerados realizado con los datos de los factores físicos y químicos, se determinó que en Carretas-Pereyra durante la época de secas se establecen dos hábitats: a) uno euhalino (de acuerdo al sistema Venecia; Perkins, 1974) (estaciones 7 y 9), con salinidades >28 ups, alta transparencia (100%) y concentraciones de NH_4^+ y PO_4^{3-} bajas, y b) uno polihalino (estaciones 3, 4 y 5) con salinidades < 30 ups, transparencias menores, temperaturas y concentraciones de oxígeno disuelto mayores que en el grupo anterior y concentraciones de NH_4^+ y PO_4^{3-} ligeramente más altas (Tabla 1). Es importante mencionar que la estación 6 se separa de cualquiera de los dos grupos debido, principalmente, a la alta salinidad que presenta (35 ups). La agrupación antes mencionada, euhalina y polihalina, coincide con las lagunas que conforman al sistema, es decir, que el hábitat euhalino corresponde a la laguna de Pereyra y al canal de comunicación y el polihalino a las lagunas de Bobo y Carretas (Fig. 2).

En lluvias se establece de nueva cuenta la regionalización por lagunas y el factor principal que caracteriza a estos grupos es la salinidad, estableciéndose de nueva cuenta dos hábitats, pero el que en la época anterior se manifestó como euhalino, en lluvias es polihalino (estaciones 6 a 9) con salinidades promedio de 25 ups, concentraciones de oxígeno disuelto y valores de transparencia altos y con concentraciones de NH_4^+ altas y de PO_4 bajas (Tabla 1). El otro hábitat se presenta como mesohalino (estaciones 3 a 5), en donde la influencia de la precipitación es evidente presentándose valores de salinidad bajos (6 ups promedio) y transparencias mayores que en el grupo anterior así como concentraciones de oxígeno disuelto muy elevadas (6.0 ml l^{-1} promedio) y concentraciones de NH_4^+ y PO_4^{3-} ligeramente mayores al hábitat polihalino (Fig. 3, Tabla 1).

En análisis de conglomerados estableció que en Chantuto-Panzacola durante secas se presentan tres hábitats: a) uno mesohalino que agrupa las estaciones 5 y 6 correspondientes

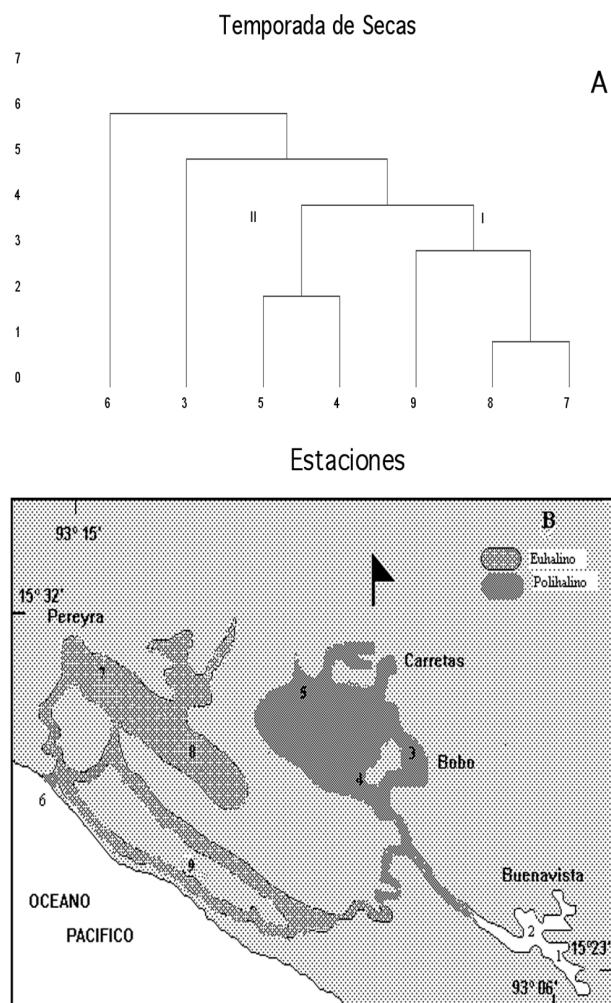


Figura 2. Agrupamiento Cluster de las estaciones en secas (A) y regionalización de hábitats (B) en el sistema Carretas-Pereyra.

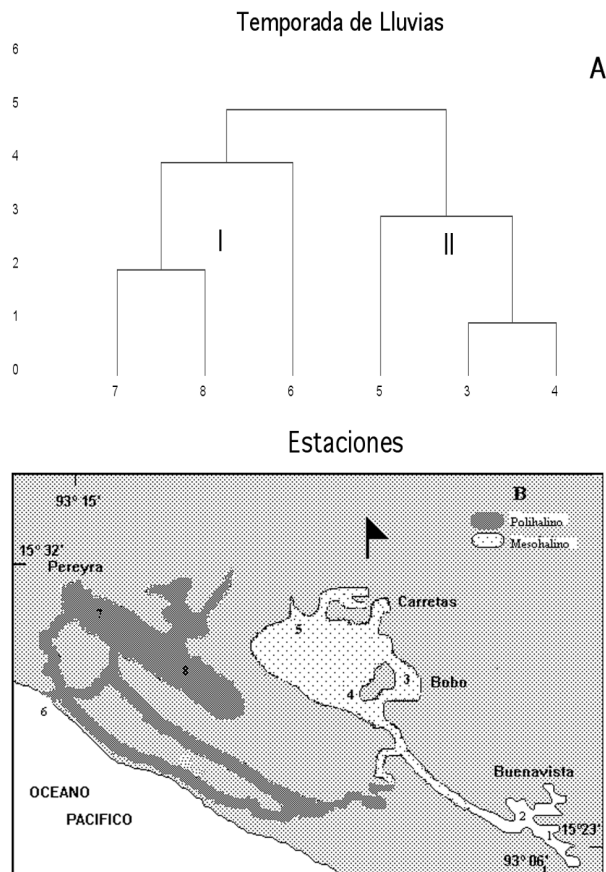


Figura 3. Agrupamiento Cluster de las estaciones en lluvias (A) y regionalización de hábitats (B) en el sistema Carretas-Pereyra.

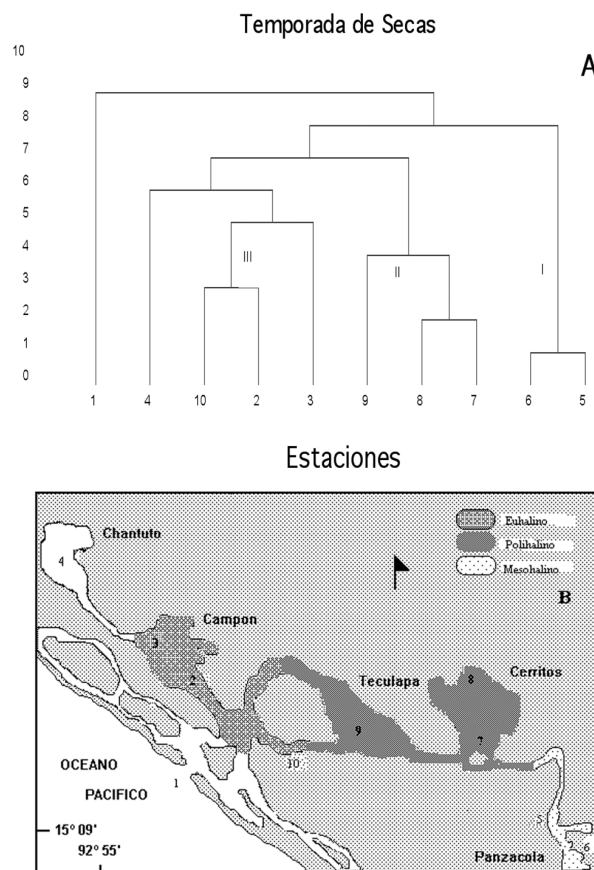


Figura 4. Agrupamiento Cluster de las estaciones en secas (A) y regionalización de hábitats (B) en el sistema Chantuto-Panzacola.

a la laguna de Panzacola con salinidades promedio de 13 ups, altas transparencias y temperaturas, concentración de oxígeno y de concentraciones de NH_4^+ y PO_4^{3-} altas, b) un polihalino que agrupa las lagunas de Cerritos y Teculapa con salinidades <30 ups, transparencias medias, temperatura y concentraciones de oxígeno altas y concentraciones de NH_4^+ y PO_4^{3-} bajas, y c) uno euhalino que corresponde a la laguna de Campón y a la estación 10 (canal), con salinidades de 30 ups y temperaturas y concentraciones de NH_4^+ , oxígeno y PO_4^{3-} altas (Tabla 1). Las estaciones de la Boca y Chantuto se separaron de cualquier grupo probablemente debido a que la Boca tuvo el valor más bajo de temperatura y el más alto de salinidad (30 ups) mientras que en Chantuto se obtuvieron las concentraciones altas de PO_4^{3-} y las más bajas de NH_4^+ (Fig. 4).

En lluvias se establecen sólo dos hábitats: uno polihalino que abarca la Boca, el canal y la laguna de Campón, con salinidades <30 ups, transparencias y concentraciones de oxígeno bajas, temperaturas y concentraciones de NH_4^+ y PO_4^{3-} altas, y un hábitat mesohalino ubicado en las lagunas de Panzacola y Cerritos en donde se tuvo una salinidad promedio de 14 ups, temperaturas altas, transparencias medias,

concentraciones bajas de oxígeno y de NH_4^+ y altas concentraciones de PO_4^{3-} (Tabla 1). Las estaciones de Chantuto y de Teculapa no se agruparon en ninguno de los dos hábitats probablemente debido a que en la primera se registraron salinidades de apenas 0.3 ups, mientras que en Teculapa se registró una transparencia muy baja (Fig. 5).

En general, los resultados anteriores evidencian de manera clara la influencia que tiene, por un lado, la marea, la cual se manifiesta a través de la intrusión salina al interior de los sistemas durante la época de secas; y por otro, la precipitación pluvial que llega a abatir casi por completo la concentración salina en las lagunas de Carretas y Bobo (sistema Carretas-Pereyra) y en las lagunas de Chantuto y Cerritos (sistema Chantuto-Panzacola).

Fitoplancton. En la época de secas en Carretas-Pereyra se determinaron 58 taxa que incluyen 42 Bacillaryophyceae, 10 Dinophyceae, cuatro Cyanophyceae y dos Chlorophyceae. El diagrama de Olmstead y Tukey muestra 18 taxa que por su alta frecuencia y abundancia son dominantes (Tabla 2), de éstas, 15 son diatomeas destacando *Coscinodiscus gigas*, la

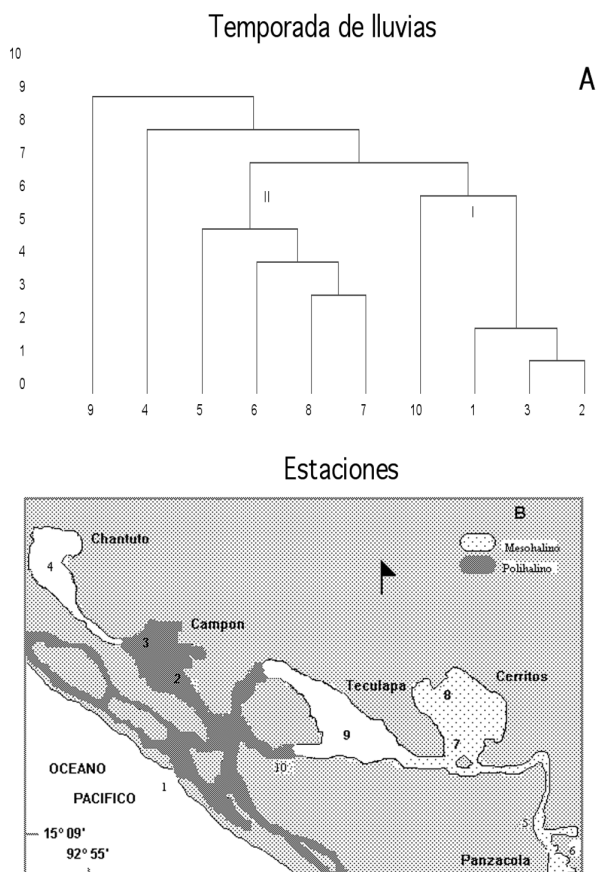


Figura 5. Agrupamiento Cluster de las estaciones en llluvias (A) y regionalización de hábitats (B) en el sistema Chantuto-Panzacola.

cual se presentó en todas las estaciones (frecuencia del 100%), *Entomoneis alata*, *Cyclotella* sp., *Gyrosigma balticum*, *Lyrella lyra*, *Odontella mobiliensis* y *Rhizosolenia setigera*. Se registraron también tres dinoflagelados: *Protoperidinium cerasus*, *Protoperidinium crassipes* y *Protoperidinium conicum*, esta última fue la especie más abundante de la época. *Gyrosigma balticum* y *Melosira* sp., fueron las que por su alta frecuencia de aparición y sus bajas abundancias relativas se clasificaron como constantes. Las especies raras fueron 21, siendo 13 de ellas diatomeas, de las cuales seis especies son bentónicas según Siqueiros-Beltrones (1988; 1990), tres dinoflagelados, cuatro cianofitas y una clorofita. Se registraron también ocho especies ocasionales siendo una el dinoflagelado *Ceratium furca* var. *hircus* y el resto diatomeas (Fig. 6).

En la época de lluvias el número de taxa registrados fue de 50, de los cuales 38 eran diatomeas, ocho dinoflagelados y cuatro cianofitas (Tabla 2). El diagrama de Olmstead y Tukey muestra 16 especies dominantes, una de las cuales fue el dinoflagelado *Ceratium falcatum* y el resto fueron diatomeas. De éstas *Gyrosigma balticum* fue la más frecuente (100%), seguida por *Chaetoceros brevis*, *Cyclotella* sp. y *Lyrella lyra* que

presentaron una frecuencia del 70%. Las más abundantes fueron *Navicula* sp., *Odontella mobiliensis*, *Coscinodiscus radiatus* y *Pleurosigma formosum*, con una frecuencia del 50%. Se registran cuatro especies constantes de las que *Anabaena* sp. destaca por su alta frecuencia (70%). Se registraron sólo cuatro especies ocasionales, dos diatomeas, un dinoflagelado y una cianofita. Las especies raras fueron 23, en su mayoría diatomeas (Fig. 6).

En el sistema Chantuto-Panzacola, durante secas, se determinaron 69 taxa que incluyen 48 diatomeas, 15 dinoflagelados, 3 cianofitas y 3 clorofitas. Se determinaron 19 especies dominantes, de las cuales 16 eran diatomeas (destacando *Coscinodiscus gigas* como la más abundante y *Gyrosigma balticum* como la más frecuente 100%), y tres dinoflagelados (siendo *Protoperidinium conicum* el de mayor frecuencia). La cianofita *Microcystis* sp. y la diatomea *Surirella* sp. 1 fueron las

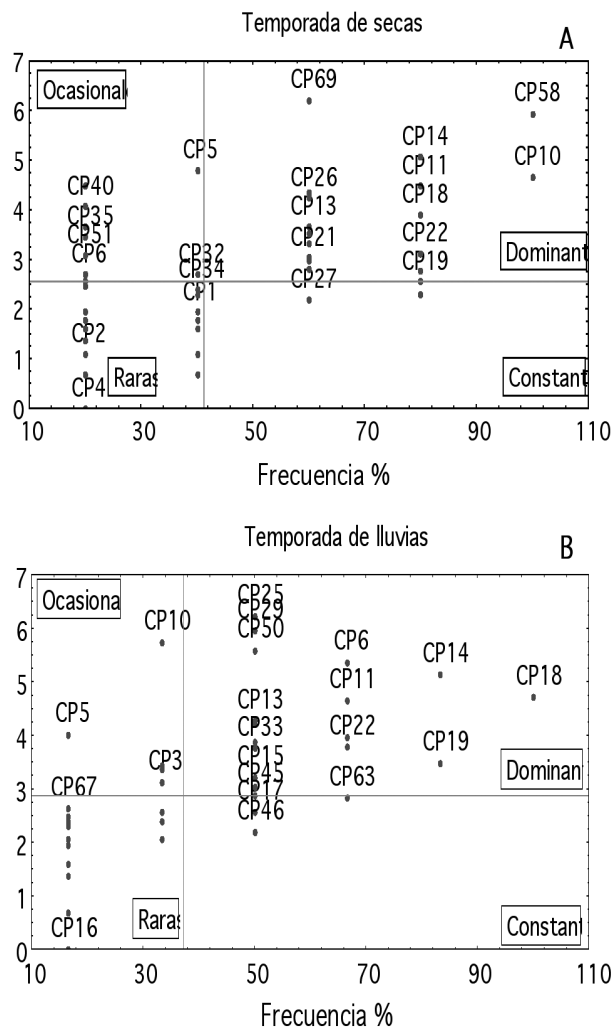


Figura 6. Diagrama de Olmstead y Tukey de las especies fitoplanctónicas en Carretas-Pereyra durante secas (A) y llluvias (B).

Tabla 2. Composición, porcentaje de abundancia relativa y categoría (D= dominante, C= constante, O= ocasional, R= rara) del fitoplancton en los sistemas lagunares de Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra, Chis.

Clave	Listado de especies encontradas en Chantuto-Panzacola	secas		lluvias	
		% abundancia	Categoría	% abundancia	Categoría
CH1	<i>Achnantes curvirostrum</i> Brun	1.5	D	0.4	R
CH2	<i>Achnantes</i> sp.	0.3	R	—	
CH3	<i>Actinoptychus</i> sp.	0.03	R	—	
CH4	<i>Amphora macilenta</i> Gregory	0.03	R	1.5	D
CH5	<i>Amphora</i> sp.	0.3	R	0.05	R
CH6	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	0.33	R	—	
CH7	<i>Biddulphia</i> sp.	0.05	R	0.05	R
CH8	<i>Bidulphia tridens</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	0.03	R	—	
CH9	<i>Neocalyptrella robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernandez-Becerril et Meave del Castillo	—	—	0.25	R
CH10	<i>Chaetoceros</i> sp.	3.29	D	—	
CH11	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder var. <i>affinis</i>	10.01	O	4.41	O
CH12	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	2.39	D	—	
CH13	<i>Climacodium fraunfeldianum</i> Grunow	0.22	R	—	
CH14	<i>Cocconeis</i> sp.	0.92	O	—	
CH15	<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg	33.13	D	—	
CH16	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	—		56.81	D
CH17	<i>Cyclotella</i> sp.	0.95	D	2.35	D
CH18	<i>Detonula</i> sp.	0.24	R	—	
CH19	<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow	1.82	D	0.05	R
CH20	<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	3.07	D	17.94	D
CH21	<i>Fallacia</i> sp.	0.11	R	—	
CH22	<i>Fragilaria</i> sp.#1	0.05	R	0.1	R
CH23	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg var. <i>gracile</i>	0.19	R	0.6	D
CH24	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kutzing	—		0.7	O
CH25	<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	3.67	D	0.85	D
CH26	<i>Gyrosigma macrum</i> (Wm. Smith) Griffith et Henfrey	0.46	C	0.5	C
CH27	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen	—		0.05	R
CH28	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	0.73	D	—	
CH29	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	0.22	R	1.05	D
CH30	<i>Lyrella irrorata</i> (Greville) D. G. Mann	0.41	R	—	
CH31	<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva	—		0.7	D
CH32	<i>Melosira</i> sp.	0.63	D	0.45	D
CH33	<i>Navicula directa</i> (Wm. Smith) Ralfs	0.3	R	0.55	D
CH34	<i>Navicula</i> sp #1	—		0.15	R
CH35	<i>Navicula</i> sp. #2	—		0.15	R
CH36	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Wm. Smith	0.92	D	—	
CH37	<i>Nitzschia</i> sp1.	0.33	R	0.4	R
CH38	<i>Nitzschia</i> sp2.	0.27	R	—	
CH39	<i>Nitzschia longa</i> Grunow	0.16	R	0.05	R
CH40	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	0.84	D	0.95	O
CH41	<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen	0.35	R	—	
CH42	<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt	0.16	C	—	
CH43	<i>Pleurosigma elengatum</i> Wm. Smith	0.87		0.75	C
CH44	<i>Pleurosigma formosum</i> Wm. Smith	0.49	D	0.4	D
CH45	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	0.08	O	—	
CH46	<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0.54	R	—	
CH47	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden	—	0.55	0	
CH48	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell	0.33	R	0.25	C
CH49	<i>Rhizosolenia pungens</i> Cleve-Euler	0.41	R	—	
CH50	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	4.98	R	—	
CH51	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	0.03	D	—	
CH52	<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) P.C. Silva	0.49	R	0.1	R
CH53	<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville et Artnott) Ralfs	2.31	D	—	

Tabla 2. Continuación.

Clave	Listado de especies encontradas en Chantuto-Panzacola	secas		lluvias	
		% abundancia	Categoría	% abundancia	Categoría
CH54	<i>Surirella</i> sp.	2.2	C	—	
CH55	<i>Thalassionema nitzschiodes</i> (Gunow) Mereschkowsky var. <i>nitzschiodes</i> .	1.2	D	1.35	D
CH56	<i>Tabellaria</i> sp.	4.13	D	0.3	D
CH57	<i>Thalassiosira</i> sp.	1.44	D	1.55	D
CH58	<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	—		0.7	R
CH59	<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jörgensen	—		0.05	R
CH60	<i>Ceratium furca</i> var. <i>hircus</i> (Schröder) Margalef ex Sournia	0.11	D	—	
CH61	<i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i> (Ehrenberg) Sournia	1.74	R	—	
CH62	<i>Ceratium longirostrum</i> Gourret	0.03	D	—	
CH63	<i>Ceratium</i> sp.	0.05	R	—	
CH64	<i>Ceratium massiliense</i> (Gourret) Jörgensen	0.05	R	—	
CH65	<i>Ceratium symmetricum</i> Pavillard var. <i>orthoceras</i> (Jörgensen) Graham et Bronikovsky	0.41	R	—	
CH66	<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid	0.03	R	—	
CH67	<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	2.5	R	—	
CH68	<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède et Lachmann) Diesing	0.03	R	—	
CH69	<i>Protoperdinium conicum</i> (Gran) Balech	0.35	D	0.05	O
CH70	<i>Protoperdinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	0.3	R	—	
CH71	<i>Protoperdinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	0.05	C	—	
CH72	<i>Protoperdinium latispinum</i> (Mangin) Balech	3.1	R	—	
CH73	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	1.85	R	—	
CH74	<i>Anabaena</i> sp.	0.16	O	0.8	R
CH75	<i>Lyngbya</i> sp.	—		0.1	R
CH76	<i>Merismopedia</i> sp.	0.16	C	0.35	C
CH77	<i>Oscillatoria</i> sp.	—		0.4	D
CH78	<i>Spirulina</i> sp.	—		0.6	R
CH79	<i>Spyrogira</i> sp.	—		0.55	O
CH80	<i>Micrasterias</i> sp.	—		0.05	D
CH81	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0.08	R	—	
CH82	<i>Phacus</i> sp.	0.79	R	—	
CH83	<i>Cladophora</i> sp.	0.24	R	—	
CH84	<i>Chlorococcum</i> sp.	0.79	O	—	
CH85	Clorofita	0.24	C	—	
	TOTAL	100		100	
CP1	<i>Achnantes curvirostrum</i> Brun	0.31	R	0.42	R
CP2	<i>Actinoptychus</i> sp.	0.13	R	—	
CP3	<i>Amphora macilenta</i> Gregory	0.18	R	0.83	O
CP4	<i>Chaetoceros</i> sp.	0.04	R	2.36	O
CP5	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder var. <i>affinis</i>	5.34	O	1.96	D
CP6	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	0.66	O	10.68	D
CP7	<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve	3.94	O	7.44	O
CP8	<i>Climacodium fraunfeldianum</i> Grunow	1.71	O	—	
CP9	<i>Cocconeis</i> sp.	0.22	R	—	
CP10	<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg	4.69	D	—	
CP11	<i>Cyclotella</i> sp.	3.9	D	3.63	D
CP12	<i>Cymbella closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et Lewis	0.57	R	0.49	R
CP13	<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow	1.71	D	2.5	D
CP14	<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	7.01	D	5.91	D
CP15	<i>Fragilaria</i> sp.#1	—		0.9	D
CP16	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg var. <i>gracile</i>	0.13	R	0.08	R
CP17	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kutzing	—		0.49	C
CP18	<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	2.19	D	3.86	D
CP19	<i>Gyrosigma macrum</i> (Wm. Smith) Griffith et Henfrey	0.57	D	1.17	D
CP20	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	0.57	O	0.32	R

Tabla 2. Continuación.

Clave	Listado de especies encontradas en Chantuto-Panzacola	secas		lluvias	
		% abundancia	Categoría	% abundancia	Categoría
CP21	<i>Lyrella irrorata</i> (Greville) D. G. Mann	0.92	D	0.46	R
CP22	<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva var. <i>lyra</i>	1.01	D	1.51	D
CP23	<i>Melosira</i> sp.	0.44	C	—	
CP24	<i>Navicula directa</i> (Wm. Smith) Ralfs	0.18	R	0.76	D
CP25	<i>Navicula</i> sp.#1	0.04	R	17.45	D
CP26	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Wm. Smith	0.39	C	0.42	R
CP27	<i>Nitzschia longa</i> Grunow	—		0.39	R
CP28	<i>Nitzschia obtusa</i> Wm. Smith	3.07	D	—	R
CP29	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	1.23	D	13.23	D
CP30	<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen	—		1.04	O
CP31	<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt	0.22	R	—	
CP32	<i>Pleurosigma elengatum</i> Wm. Smith	0.66	O	0.39	R
CP33	<i>Pleurosigma formosum</i> Wm. Smith	0.74	D	1.51	D
CP34	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	0.48	R	—	
CP35	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden	1.4	O	—	
CP36	<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo	0.09	R	1.85	D
CP37	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell	0.44	R	—	
CP38	<i>Rhizosolenia pungens</i> Cleve-Euler	0.7	D	—	
CP39	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	1.18	D	—	
CP40	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	2.58	O	—	
CP41	<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville et Artnott) Ralfs	0.09	R	0.08	R
CP42	<i>Surirella</i> sp. #1	0.31	R	0.29	R
CP43	<i>Surirella</i> sp. #2	0.31	R	—	
CP44	<i>Thalassionema</i> sp.	0.88	D	0.32	R
CP45	<i>Thalassionema nitzschiodes</i> (Grunow) Mereschkowsky var. <i>nitzschiodes</i>	3.42	D	0.66	D
CP46	<i>Tabellaria</i> sp.	0.09	R	0.36	C
CP47	<i>Thalassiosira</i> sp.	—		0.19	D
CP48	<i>Ceratium breve</i> var. <i>parallelum</i> (Smith) Jörgensen	—		0.29	R
CP49	<i>Ceratium deflexum</i> (Kofoid) Jörgensen	—		0.12	R
CP50	<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jörgensen	—		10.16	D
CP51	<i>Ceratium furca</i> var. <i>hircus</i> (Schröder) Margalef ex Sournia	0.96	O	1.1	O
CP52	<i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i> (Ehrenberg) Sournia	0.53	R	—	
CP53	<i>Ceratium symmetricum</i> Pavillard var. <i>orthoceras</i> (Jörgensen) Graham et Bronnikovsky	—		0.29	R
CP54	<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid	0.18	R	—	
CP55	<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	—		0.12	R
CP56	<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède et Lachmann) Diesing	0.04	R	—	
CP57	<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech	1.18	D	—	
CP58	<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	16.91	D	0.63	C
CP59	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	1.49	D	—	
CP60	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	0.18	R	—	
CP61	<i>Protoperidinium latispinum</i> (Mangin) Balech	0.57	R	—	
CP62	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	0.26	R	—	
CP63	<i>Anabaena</i> sp.	0.26	R	0.63	C
CP64	<i>Merismopedia</i> sp.	—		0.19	R
CP65	<i>Microcystis</i> sp.	0.09	R	—	
CP66	<i>Oscillatoria</i> sp.	0.22	R	1.99	R
CP67	<i>Spirulina</i> sp.	0.13	D	0.53	R
CP68	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0.22	R	—	
CP69	<i>Chlorococcum</i> sp.	22.08	D	—	
	Total	100		100	

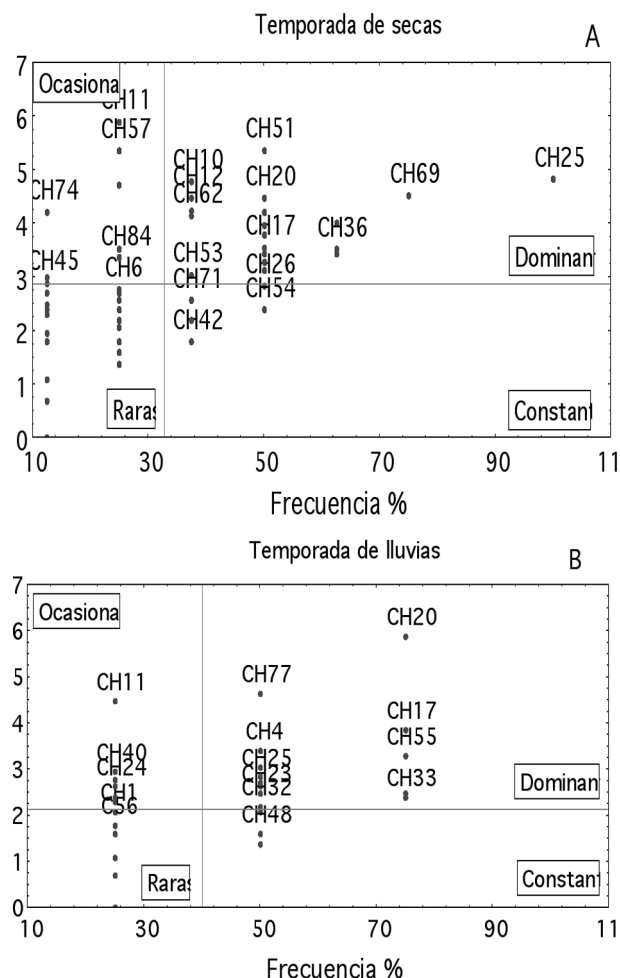


Figura 7. Diagrama de Olmstead y Tukey de las especies fitoplanctónicas en Chantuto-Panzacola durante secas (A) y lluvias (B).

especies que por su alta frecuencia y baja abundancia se reportan como constantes. También se reportan 8 especies ocasionales y 36 raras, en su mayoría diatomeas (Fig. 7).

Durante lluvias se registraron 43 taxa, 34 diatomeas, 2 dinoflagelados, 5 cianofitas y 2 clorofitas, dando como resultado 16 especies dominantes, representadas por 2 cianofitas (*Oscillatoria* sp. y *Spirulina* sp.) y 14 diatomeas, con *Coscinodiscus gigas* como la más abundante y frecuente junto a *Entomoneis alata*, *Cyclotella* sp., *Thalassionema nitzschiodes* var. *nitzschiodes* y *Navicula directa*, quienes tuvieron una frecuencia del 75%. Se registraron también tres especies constantes, una cianofita (*Merismopedia* sp.) y dos diatomeas (*Pleurosigma formosum* y *Rhizosolenia imbricata*). Siete especies fueron ocasionales y 17 raras, la mayoría diatomeas (Fig. 7).

Diversidad. En Carretas-Pereyra, durante la época de secas, se tiene una diversidad promedio ligeramente mayor (2.99

bits/ind) que la promedio en la época de lluvias (2.52 bits/ind). Mientras que en Chantuto-Panzacola la diversidad fue mayor en lluvias (2.8 bits/ind) que en secas en donde se registró un valor promedio de 2.56 bits/ind.

Los valores registrados en secas, en ambos sistemas, mostraron el gradiente establecido por Subba-Rao (1981) el cual comienza en la zona de influencia marina (donde existe la mayor diversidad) y continúa hacia las regiones internas de las lagunas (con menor diversidad). También se observó que en Carretas-Pereyra, se registró una disminución en la diversidad (Tabla 1) con una fuerte dominancia de *Proto-peridinium conicum* y *Chlorococcum* sp., las cuales representaron el 84% de la abundancia durante esa época. En Chantuto-Panzacola la diversidad disminuyó durante lluvias debido a la dominancia de *Entomoneis alata* (62% de la abundancia). Condiciones similares fueron reportadas en la Laguna del Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, en donde las cianofitas del orden Chroococales y los dinoflagelados provocaron una diversidad de 0.12 bits ind⁻¹ (Santoyo & Signoret, 1979). También, en las lagunas de Ceuta, Sinaloa donde la dominancia de *Rhizosolenia setigera*, *Coscinodiscus radiatus* y *Coscinodiscus asteromphalus*, dieron como resultado una diversidad baja (Coss & Chávez, 1976) y en el Estero Urías donde el crecimiento explosivo de *Skeletonema costatum*, provocó, también, el abatimiento de la diversidad (Santoyo, 1994).

Análisis de Componentes Principales (ACP). Para el ACP se incluyeron a los taxa dominantes que resultaron del análisis del diagrama de Olmstead y Tukey. Durante la época de secas en Carretas-Pereyra el ACP dio como resultado que las especies con eigenvalores >0.71 y <0.71 de los dos componentes principales explicarían el 75.6% de la varianza total. El análisis mostró asimismo, que las especies más representativas durante secas fueron *Proto-peridinium crasippes*, *Coscinodiscus gigas*, *Odontella mobiliensis*, *Nitzschia obtusa*, *Cyclotella* sp., *Lyrella irrorata* y *L. lyra*, *Gyrosigma balticum*, *Thalassionema* sp., *Thalassionema nitzschiodes*, *Rhizosolenia setigera* y *Proto-peridinium conicum*. En lluvias los dos primeros componentes explican el 69.5% de la varianza y las especies más representativas fueron *Entomoneis alata*, *Cyclotella* sp., *Lyrella lyra*, *Thalassionema nitzschiodes*, *Navicula* sp., *Coscinodiscus radiatus*, *Fragillaria* sp., *Peridinium formosum* y *Rhizosolenia imbricata*. (Fig. 8).

En Chantuto-Panzacola en la época de secas hubo 22 especies dominantes y el ACP ejecutado mostró que las especies representativas fueron *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros curvisetus*, *Ceratium furca* var. *hircus*, *Stephanopyxis turris*, *Ceratium fusus*, *Dytilum brighwellii*, *Odontella mobiliensis*, *Thalassionema nitzschiodes* var. *nitzschiodes*, *Achnantes* sp., *Melosira* sp. y *Proto-peridinium formosum*, que explicaron el 62% de la varianza (Fig. 9). Durante la época de

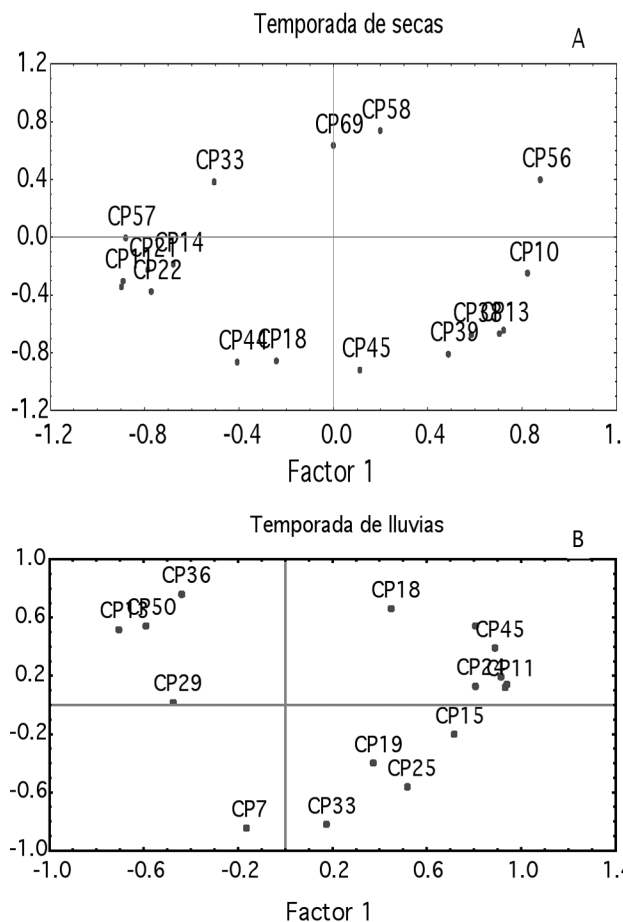


Figura 8. Gráfica del Análisis de Componentes principales en Carretas-Pereyra durante secas (A) y lluvias (B) basado en las especies.

lluvias las especies que explicaron el 77.4% de la varianza fueron *Amphora macilenta*, *Thalassionema nitzschioides* var. *nitzschioides*, *Gyrosigma balticum*, *Melosira* sp. y *Pleurosigma formosum*; así como *Cyclotella* sp., *Lyrella lyra*, *Coscinodiscus gigas*, *Thalassiosira* sp. y *Navicula* sp. (Fig. 9).

En Carretas-Pereyra durante lluvias las especies más representativas fueron aquellas que tienen en su mayoría afinidades dulceacuícolas, mientras que en secas (en ambos sistemas) fueron las especies con afinidades marinas. Cabe destacar que en la época de lluvias en el sistema de Chantuto-Panzacola las especies más representativas fueron tanto aquellas con afinidades dulceacuícolas como las de estirpe marina, lo cual coincide con la presencia de los dos habitats registrados en esta laguna.

La distribución de las estaciones de muestreo de Carretas-Pereyra, definidas por los dos primeros componentes principales, que explican el 64.12% de la variación, demuestra una agrupación clara de las estaciones durante la época

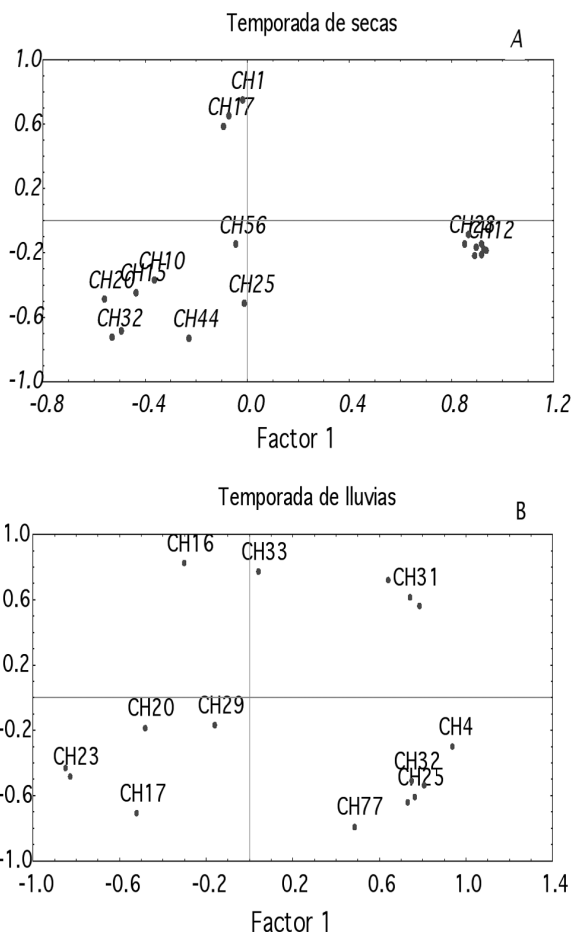


Figura 9. Gráfico del Análisis de Componentes Principales en Chantuto-Panzacola durante secas (A) y lluvias (B) basado en las especies.

de secas, a excepción de la estación 7. Las muestras de la época de lluvias no presentaron un agrupamiento tan claro. En Chantuto-Panzacola el agrupamiento de las estaciones demuestra que sólo las estaciones en lluvias forman un grupo, a excepción de la estación 10, mientras que las estaciones de los periodos de secas y el otro de lluvias se mezclaron, lo que sugiere una similitud en cuanto a las abundancias de las especies que componen esas muestras (Fig. 10). Al respecto, Gayoso, (1999) en su estudio de Bahía Blanca encontró agrupamientos de las estaciones de acuerdo con la dominancia de las especies dada por los florecimientos; es decir, encontró que las estaciones correspondientes al mes de julio estuvieron caracterizadas por la escasa dominancia de especies debido a las bajas abundancias y no tuvieron una agrupación con las estaciones donde hubo florecimientos. En este estudio la única estación que presentó una dominancia fue la 7 de Pereyra durante secas donde *Chlorococcum* sp. y *Protoperdinum conicum* fueron dominantes en un 84% y quizá esa sea la causa por la que no se agrupó con las estaciones co-

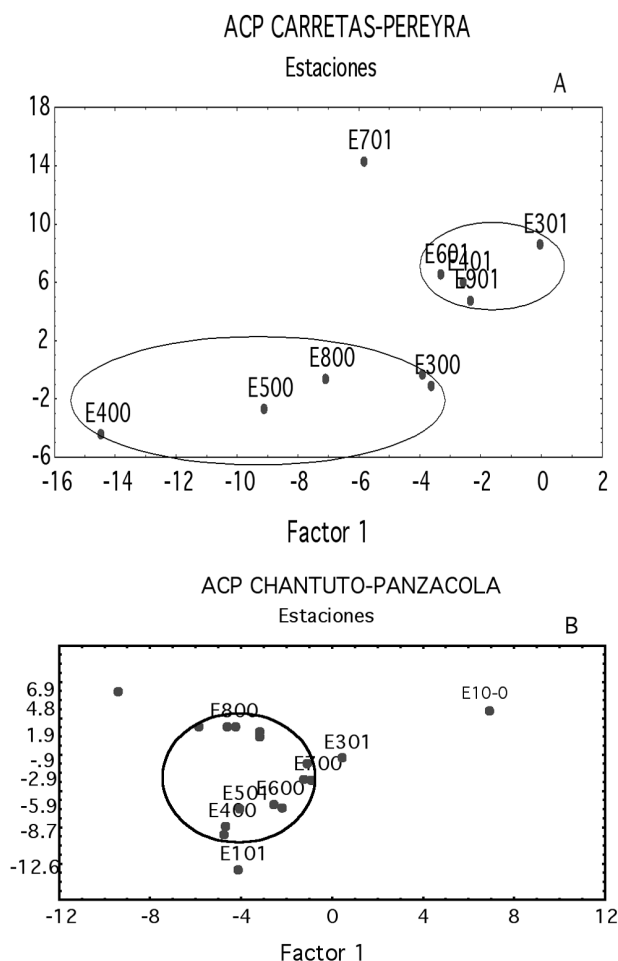


Figura 10. Gráfico del análisis de Componentes Principales de la agrupación de las estaciones en Carretas-Pereyra (A) y Chantuto-Panzacola (B).

respondientes a su época. Por lo tanto, el que no haya una mezcla entre estaciones en este sistema se debe, probablemente, a que la composición de las especies estuvo en función de las condiciones medio ambientales que se presentaron en cada época.

Caracterización ecológica de la comunidad. En general, se observó que las diferencias en los grupos dominantes del fitoplancton en los sistemas lagunares Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola estuvieron relacionadas al gradiente ambiental imperante en cada época, siendo la variación espacio-temporal de la salinidad el factor determinante en la presencia y distribución de los grupos.

La similitud geomorfológica de las dos lagunas, así como la cercanía (± 40 km) entre ellas ocasionaron que las fluctuaciones de los diferentes factores físicos y químicos fueran similares (ya que los eventos climáticos los afectaron por igual). Esto permite establecer un patrón general para ambos

sistemas para cada época del año: a) durante la época de secas existe una influencia marina debido al efecto de la marea, lo que ocasiona una mezcla en la columna de agua evitando el sobrecalentamiento y un aumento en la salinidad reflejada, principalmente, en las zonas más cercanas a las Bocas de comunicación. La mezcla de la columna de agua también resulta en una resuspensión de sedimentos que reduce la transparencia del agua (principalmente en Carretas-Pereyra). Bajo estas circunstancias existen altas concentraciones de nutrientes. Dichas condiciones, aunadas a los altos tiempos de residencia del agua (Eyre, 1998), le confieren al sistema una estabilidad medioambiental que se refleja en una biomasa y producción primaria fitoplanctónica más alta que en la época de lluvias; b) Durante la época de lluvias hay una influencia fuerte de la precipitación pluvial, lo que disminuye la salinidad principalmente en las zonas en donde existen descargas de ríos. La concentración de nutrientes se incrementa, provocado en su mayor parte por los escurrimientos (García & Castañeda-López, 1994). Durante esta época se alcanzan altas productividades como efecto directo del aumento en los nutrientes, pero estas son efímeras (Contreras, 2001) debido a los bajos tiempos de residencia del agua dentro de la laguna (Eyre, 1998) y su rápida exportación hacia el mar.

De acuerdo al comportamiento estacional de los factores físicos y químicos y al análisis cluster realizado con ellos, se pudo establecer una regionalización del sistema, de tal manera que en Carretas-Pereyra durante la época de secas se definen dos habitats, uno euhalino y otro polihalino; durante lluvias el euhalino pasa a polihalino y el polihalino a mesohalino. En el caso de Chantuto-Panzacola, en secas se establecen tres grupos, uno mesohalino, un polihalino y uno euhalino; en lluvias el euhalino pasa a ser polihalino y los otros dos se establecen como mesohalinos. Al respecto, Herrera-Silveira (1994), De la Lanza (1998) y Aguirre-Leon *et al.*, (1998) determinaron condiciones espacio-temporales semejantes a las registradas en los sistemas Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola, en las lagunas de Celestún, Tampamachoco y el sistema Pom-Atasta respectivamente, en donde la salinidad y los nutrientes fueron los principales factores que caracterizaron dichos sistemas.

Las características cualitativas del fitoplancton presentan ciertos patrones de distribución de acuerdo a las características ambientales de las diferentes regiones de una laguna (Santoyo, 1994), y la salinidad es factor determinante en la distribución de los grupos fitoplanctónicos de acuerdo con la halotolerancia específica de cada especie de acuerdo a como se describe a continuación.

A. Secas. Durante esta época, en el ambiente euhalino de Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola, se registró la presencia de diatomeas con afinidad marina tales como *Coscinodiscus*

gigas, *Chaetoceros* sp., *Gyrosigma* sp., *Odontella* sp., *Ditylum brightwellii*, *Skeletonema costatum*, *Lyrella lyra* y *Thalassionema* sp., las cuales se registran frecuentemente en las lagunas costeras de México (Santoyo 1994). Cabe resaltar que *Coscinodiscus gigas* es una especie muy común y ampliamente distribuida en todo el Pacífico mexicano, desde Baja California hasta el Golfo de Tehuantepec (Hernández-Becerril, 2000), al igual que *Rhizosolenia* spp., aparentemente común en el Pacífico de acuerdo con D' Croz *et al.*, (1991) con especies dominantes en ambos sistemas.

En ambos sistemas lagunares, se registraron dinoflagelados de estirpe marina como *Ceratium fusus*, especie que según Santoyo (1994), se presenta con mayor frecuencia en las lagunas costeras de México y que fue muy abundante durante la época. También se registró a *Ceratium furca* var. *hircus* abundante sólo en Chantuto-Panzacola, especie típicamente marina registrada en ambientes salobres como la laguna de Sontecomapan, en donde Guerra-Martínez y Lara-Villa (1996), registraron variaciones morfométricas en los especímenes atribuidas al ambiente; así como *Protoperidinium cerasus*, *P. crassipes* y *P. conicum*, especies que se presentan comúnmente en aguas costeras tropicales (Hernández-Becerril & Navarro, 1996).

En esta zona también se registró la presencia de la clorofita *Chlorococcum* sp., especie que por su alta frecuencia y abundancia fue considerada como dominante. Al respecto, Santoyo (1994) y Riley y Chester (1989), mencionan que las clorofitas del orden Chlorococcales se presentan frecuentemente en aguas costeras.

En la zona polihalina de ambos sistemas se registraron poblaciones pertenecientes a los géneros *Navicula* spp., *Cyclotella* sp., *Nitzschia* spp. y *Amphora macilenta*, esta última con afinidad dulceacuícola (Belcher & Swale, 1978; Barber & Haworth, 1994). En esta zona también se registraron cianofitas y clorofitas las cuales no tuvieron una presencia significativa en esta época.

En el ambiente mesohalino de Chantuto-Panzacola se registró la presencia de diatomeas, las cuales según Santoyo, (1994), tienen una abundancia media en este tipo de ambientes a excepción de *Entomoneis alata* la cual fue dominante y suele ser una especie característica de cuerpos de agua salobre (Spiniello, 1996). También se registró la presencia de la cianofita *Anabaena* sp. que apareció aquí como una especie ocasional pero en esta zona fue abundante.

B. Lluvias. En ambos sistemas, durante la época de lluvias en el ambiente mesohalino se registró que las especies dominantes fueron diatomeas con afinidades dulceacuícolas como *Navicula* spp., que se considera el más diverso en cuerpos de agua dulce y cuyas formas son generalmente bentónicas (Barber & Haworth,

1994; Belcher & Swale, 1978; Siqueiros-Beltrones, 1985, 1990), y *Melosira* sp. Esto sugiere que existe una alta turbulencia provocada probablemente por los escurrimientos lo cual se acentúa todavía más debido a lo somero de la laguna. También se registró la presencia de *Cyclotella* sp., *Tabellaria* sp. y *Amphora macilenta*. En este ambiente se registraron también cianofitas como *Spirulina* sp., *Microcystis* sp. menos tolerante a la salinidad, *Merismopedia* sp., *Oscillatoria* sp. y *Anabaena* sp., que fueron especies dominantes únicamente en Chantuto-Panzacola. Cabe mencionar que durante la época, ésta última especie se registró como la especie más frecuente en Carretas-Pereyra. Al respecto Martínez y Garate (1997) mencionan que la presencia de estas especies en una laguna pueden indicar una alta salida de estas poblaciones al mar adyacente como producto de la circulación provocada por los escurrimientos.

En el ambiente polihalino se registraron como especies dominantes *Entomoneis alata*, característica de cuerpos de agua salobre (Spiniello, 1996), *Gyrosigma balticum*, *Odontella* sp. y *Coscinodiscus radiatus* y ocho dinoflagelados de los cuales *Ceratium fusus* y *C. falcatum* fueron dominantes debido a su alta frecuencia y abundancia. La presencia de estas especies reflejan una entrada importante de agua del océano. De manera similar a lo registrado en este estudio, Santoyo (1974) y Gómez (1974) también registraron una distribución del fitoplancton por zonas (euhalina, polihalina y mesohalina) en la laguna de Yavaros, Sinaloa y en el sistema Huizache-Caimanero, Sinaloa, respectivamente.

En los sistema lagunares Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola se presenta una sucesión en las especies que componen la comunidad del fitoplancton debido a las condiciones hidrológicas que se dan durante cada época (lluvias y secas). Esta sucesión está caracterizada por la dominancia de grupos fitoplanctónicos de estirpe marina (diatomeas y dinoflagelados principalmente) durante la época de secas, los cuales se distribuyen principalmente en el habitat euhalino. Cabe mencionar que Pérez *et al.* (1998) realizaron un estudio sobre la composición del fitoplancton en estos mismos sistemas durante 1998, registrando al grupo de las clorofitas como dominantes en el mes de febrero (época de secas). Por el contrario, en este estudio, la presencia de este grupo fue mínima debido quizá a que por su reducido tamaño (2-20 µm) son difíciles de coleccionar y por lo tanto de cuantificar mediante el empleo de redes (Reid, 1983). Finalmente, debido a que la composición y abundancia del fitoplancton estuvo supeditada a los cambios en la salinidad, puede establecerse que la sucesión en los sistemas Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola sigue el siguiente orden: Dominancia de diatomeas (secas) -dinoflagelados (secas-lluvias) -cianofitas (lluvias).

Las lagunas Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola responden de forma similar a los cambios climáticos debido a

su similitud geomorfológica y condiciones climáticas, originando que las fluctuaciones estacionales de los factores físicos y químicos sean similares en ambas lagunas. El empleo de métodos multivariados para caracterizar espacial y temporalmente la distribución y composición de la comunidad fitoplanctónica, así como su asociación con las variaciones hidrológicas, permitió por un lado establecer una regionalización en los sistemas dada por las condiciones físicas y químicas imperantes durante cada época mediante un Análisis Cluster, y la aplicación del Análisis de Componentes Principales, mostró que la composición de la comunidad fitoplanctónica en cada uno de los sistemas corresponde a dicha regionalización.

REFERENCIAS

- AGUIRRE-LEÓN, A., S. DÍAZ-RUIZ & A. B. BERNAL. 1998. *Ecología de peces en sistemas fluvio-deltaicos: estudio para el sistema Pom-Atasta en Campeche*. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México. 63 p.
- ALLEN, T. F. H. & J. F. KOONCE. 1973. Multivariate approaches to algal stratagems and tactics in systems analysis of phytoplankton. *Ecology* 54: 1234-1246.
- ALLEN, T. F. H., S. M. BARTELL & J. F. KOONCE. 1977. Multiple stable configurations in ordination of phytoplankton community change rates. *Ecology* 58: 1076-1084.
- BARBER, H. G. & E. Y. HAWORTH. 1994. *A guide to the morphology of the diatom frustule*. Freshwater Biological Association. Scientific publication No. 44.
- BARNES, R. S. K. 1980. *Coastal lagoons*. Cambridge- Studies in modern biology. Cambridge. Univ. Press. 106 p.
- BARREIRO-GÜEMES, M. T. & A. AGUIRRE-LEÓN. 1999. Distribución espacio-temporal de la biomasa fitoplanctónica en el sistema Pom-Atasta, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical* 47 (supl. 1): 27-35.
- BARREIRO-GÜEMES, M. T. & M. SIGNORET-POILLON. 1999. *Productividad primaria en sistemas acuáticos costeros. Métodos de evaluación*. México. UAM-X. 81 p.
- BELCHER, H. & E. SWALE. 1978. *A beginner's guide to Freshwater Algae*. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Cambridge. 47p.
- BROURILLÓN-MORENO, L., A. CANTÚ-DÍAZ., F. ECCARDI-AMBROSI., E. LIRA-FERNÁNDEZ., J. RAMÍREZ-RUIZ., E. VELARDE-GONZÁLES & A. ZAVALLA-GONZÁLES. 1988. *Islas del Golfo de California*. Coedición Secretaría de Gobernación/UNAM, México, DF, pp. 9-75.
- BROWER, J. E. & J. H. ZAR. 1981. *Field and Laboratory methods for general ecology*. W.M.C Brown company publishers. 194 p.
- CALVA, B. L. G. 1999. Carbono orgánico y granulometría. In: CONTRERAS, F., (Ed) *Estudio biogeoquímico de nutrientes, productividad primaria fitoplanctónica y algunos consumidores en dos lagunas costeras tropicales del Estado de Chiapas (Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola)*. Informe del proyecto. Consejo Divisional, CBS. UAMI
- CARLSON, R.E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22: 361-369.
- CASTAÑEDA-LÓPEZ, O. & F. CONTRERAS-ESPINOSA. 1994. *Bibliografía comentada sobre los ecosistemas costeros mexicanos. Vol. II: Litoral del Pacífico*. CONABIO, UAM-I CIDELM. México. 495 p.
- CLARK, K.R. & M. AINSWORTH. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* 92: 205-219.
- COLOMBO, G. 1977. Lagoons. In: BARNES, R.S.K. (Ed). *The Coastline*. 63-81. Wiley Interscience. New York.
- CONTRERAS E. F. 2001. *Caracterización de lagunas costeras mexicanas a través de variables ecológicas seleccionadas*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México. 95 p.
- CONTRERAS E. F. & F. GUTIÉRREZ. 1989. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en lagunas costeras. In: DE LA ROSA, V. J. & F. F. GONZÁLES (Eds). *Temas de oceanografía biológica en México*. UABC. Cap. 3: 57-78 pp.
- CONTRERAS E. F. & O. L. CASTAÑEDA. 1992. Contribución del nanoplancton en la cantidad de clorofila *a* en dos sistemas lagunares del estado de Chiapas, México. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 7(2): 61-73.
- CONTRERAS E. F. & J. KEREKES. 1993. Total phosphorus-chlorophyll relationships in tropical coastal lagoons in México. *Verh. Internat. Verein. Limnol* 25: 448-451.
- CONTRERAS E. F., A. N. GARCÍA & O. L. CASTAÑEDA. 1992. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en el sistema lagunar-estuarino de Carretas-Pereyra, Chiapas, México. *Universidad y Ciencia* 9(17): 43-52.
- CONTRERAS E. F., O. L. CASTAÑEDA, R. TORRES-ALVARADO & F. GUTIÉRREZ. 1996. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Revista de Biología Tropical* 44(2): 417-425.
- DAWES, J. C. 1986. *Botánica Marina*. Limusa, México. 673 p.
- D'CRUZ, L., J. B. DEL ROSARIO & J. A. GÓMEZ. 1991. Upwelling and phytoplankton in the Bay of Panama. *Revista de Biología Tropical* 39(2): 233-241.
- DE LA LANZA E. G., N. SÁNCHEZ-SANTILLAN & A. H. ESQUIVEL. 1998. Análisis temporal y espacial físicoquímico de una laguna tropical a través del análisis multivariado. *Hidrobiológica* 8(2): 89-96.
- EYRE, R. 1998. Transport, retention and transformation of material in Australian Estuaries. *Estuaries* 21(4A): 540-551.

- FROMENTIN, J. M., F. IBÁÑEZ & P. LÉGENDE. 1993. A phytosociological method for interpreting plankton data. *Marine Ecology Progress Series* 93: 285-306.
- GAARDER, T. & H. H. GRAN. 1927. Investigations of the production of plankton in the Oslo Fjord. *Rapp. P. V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* 42(3).
- GARCÍA, A. N. & O. L. CASTAÑEDA. 1992. Estudios básicos ecológicos en dos lagunas costeras del estado de Chiapas, México. En Resúmenes de IX Congreso Nacional de Oceanografía. México. 110 p.
- GAYOSO, A. M., 1999. Seasonal succession patterns of phytoplankton in the Bahía Blanca Estuary. *Botánica Marina* 42: 367-375.
- GOULD, R. W., E. R. BALMORI & G. A. FRIXELL. 1986. Multivariate statistics applied to phytoplankton data from two Gulf Stream warm core rings. *Limnology and Oceanography* 31(5): 951-968.
- HAYNES, R. C. 1988. *An introduction to the Blue-Green Algae (Cyanobacteria) with an emphasis on nuisance species*. North America Lake Management Society, Washington, D. C. 20 p.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. U. 2000. Morfología y taxonomía de algunas especies de diatomeas del género *Coscinodiscus* de las costas del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical* 48(1): 7-18.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. U. & N. R. NAVARRO. 1996. Thecate dinoflagellates (Dinophyceae) from Bahía Fosforescente, Puerto Rico. *Revista de Biología Tropical* 44(2): 465-475.
- HERNÁNDEZ-CACHOU, R. 1988. Distribución espacio-temporal del fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados) en el centro de Golfo de California, México. *Universidad y Ciencia* 5(9): 43-58.
- HERRERA-SILVEIRA, J. A. 1994. Spatial heterogeneity and seasonal patterns in a tropical coastal lagoon. *Journal of Coastal Research* 10(3): 738-746
- HERRERA-SILVEIRA, J. A., M. B. MARTÍN & V. DÍAZ-ARCE. 1999. Variaciones del fitoplancton en cuatro lagunas costeras de Yucatán. *Revista de Biología Tropical* 47 (Supl.1): 47-56.
- HUMM, J. H. & R. S. WICKS. 1980. *Introduction and guide to the marine blue-green algae*. John Wiley & Sons. Canada. 194 p.
- LARA-LARA, J. R. & S. ALVAREZ-BORREGO. 1975. Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, B. C. *Ciencias Marinas* 2(1): 77-96.
- LARA-VILLA, M. A., J. L. MORENO-RUIZ & E. AMARO-MAURICIO. 1996. *Fitoplancton. Conceptos básicos y técnicas de Laboratorio*. México. UAM-I. 227 p.
- 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.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. & C. SALINAS-ZAVALA. 1996. El fitoplancton primaveral de la laguna de las Guásimas, Sonora. *Oceanología* 2 (10): 83-95.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Ed. Omega. 953p.
- MARGALEF, R. 1978. *Limnología*. Ed. Omega. pp. 203-245
- MARTÍNEZ, L. A. & I. L. GÁRATE. 1997. Variación diurna de la materia orgánica particulada en una laguna costera del Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 45(4): 1421-1428.
- MC GARIGAL, S. C. & S. STAFFORD. 2000. *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. Springer-Verlag. New York. 283 p.
- MENZEL, D. W. & N. CORWIN. 1965. The measurement of total phosphorus in seawater based on the liberation of organically bound fractions by persulphate oxidation. *Limnology and Oceanography* 10: 280-282.
- MORENO, J. L, S. LICEA & H. SANTOYO. 1995. *Diatomeas del Golfo de California. México*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 273 p.
- MURPHY, J. & P. RILEY. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analítica et Chemica Acta* 27: 31-36.
- NEWELL, R. C. 1984. The biological role of detritus in the marine environment. In: FASHAM, M. J. R. (Ed). *Flow of Energy and Materials in Marine Ecosystems*. Theory and Practice. Plenum Press. New York, 317-343 pp.
- NIXON, S. W. 1980. Between coastal marshes and coastal waters: A review of twenty years of speculations and research on the role of salt marshes in estuarine productivity and waters diversity. In: HAMILTON, R. y K. B. MACDONALD (Eds). *Estuarine and Wetland Processes*. Plenum Press, New York. 437-525 pp
- ODUM, E. P. 1972. *Ecología. Interamericana*. 3ª. Edición. 639 p.
- PAINCHAUD, J. & J. C. THERRIAULT. 1989. Relationships between bacteria, phytoplankton and particulate organic carbon in the upper St. Lawrence Estuary. *Marine Ecology Progress Series* 56:301-311.
- PÉREZ, G. N., V. VELÁZQUEZ & F. GUTIÉRREZ M. 1998. Caracterización anual fitoplanctónica en el sistema lagunar Carretas-Pereyra, Chiapas, México. Memorias 3er Congreso Mexicano de Ficología 25-29 de Octubre de 1999.
- PERKINS, E. J. 1974. *The biology of estuaries and Coastal Waters*. Academic Press. 678 p.
- REDFIELD, A. C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *American Science* 46: 205-221.
- REID, M. H. F. 1983. Biomass estimation of components of the marine nanoplankton and picoplankton by the Utermöhl setting technique. *Journal of Plankton Research* 5(2): 235-251.
- RICO-GRAY, V. 1981. *Rhizophora harrisoni* (Rhizoporaceae), un nuevo registro para las costas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 41: 163-165.

- RINALDI, A. G., MONTANARI, A. GHETTI, C. R. & A. FERRARI. 1992. Eutrophy and dystrophy in the Goro Lagoon. In: VOLENWEIDER, R. A., R. MARCHETTI y R. VIVIANI. (Eds.) *Marine Coastal Eutrophication*. Elsevier Publ. 457-470.
- SANTAMARÍA-DEL ÁNGEL, E., R. MILLÁN-NUÑEZ & G. DE LA PEÑA-NETTEL. 1996. Efecto de la turbidez en la productividad primaria en dos estaciones del delta del río Colorado. *Ciencias Marinas* 22(4): 483-493.
- SANTOYO H. 1994. Fitoplancton y Productividad. In: DE LA LANZA, G. & J. CÁCERES M. (Eds.). *Lagunas Costeras y el litoral Mexicano*. UABC. 535 p.
- SANTOYO, H. & M. SIGNORET. 1979. Fitoplancton de la laguna del Mar Muerto en el sur del Pacífico del México. *Anales del Centro Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. 6(2): 71-80.
- SCOR-UNESCO. 1980. *Determination of chlorophyll in seawater*. UNESCO Technical papers in marine science. France. 35 p.
- SIQUEIROS-BELTRONES, A. D. 1990. A view of the indices used to assess species diversity in benthic diatom associations. *Ciencias Marinas* 16(1): 91-99.
- SIQUEIROS-BELTRONES, A. D., IBARRA-OBANDO, E. S. & H. D. LOYA-SALINAS. 1985. Una aproximación a la estructura florística de las diatomeas epífitas de *Zostera marina* y sus variaciones temporales, en Bahía Falsa, San Quintín, B. C. *Ciencias Marinas* 11(2): 101-117.
- SOKAL, R. & F. J. ROHLF. 1981. *Biometry*. Freeman. 2nd Ed. San Francisco, California. 259 p.
- SOLÓRZANO, L. 1969. Determination of ammonia in natural water by phenol-hypochlorite method. *Limnology and Oceanography* 14: 799-801.
- SPINIELLO, P. 1996. Las diatomeas Marino-Costeras de Venezuela. *Caribbean Journal of Science*. 32(4): 331-347.
- STRICKLAND, J. & T. R. PARSONS. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada. 310 p.
- SUBBA-RAO, D. V. 1981. *Spatial and temporal variations of phytoplankton production in lagoons*. UNESCO Technical paper. 33: 173-189.
- TABACHNICK, B. G. & L. S. FIDELL. 1989. *Using multivariate statistics*. New York. Harper and Row.
- TOMAS, R. C. 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press. San Diego. USA. 858p.
- TORRES, A. R. & F. M. GUTIÉRREZ. 2000. Calidad del agua y usos potenciales del sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas. Resúmenes de XII Congreso Nacional de Oceanografía.
- TAIT, R. 1987. *Elementos de Ecología Marina*. Acribia. 2da Ed. España.
- TOLEDO, A. 1994. *Riqueza y Pobreza en la costa de Chiapas y Oaxaca*. Centro de Ecología y Desarrollo. México.
- VEGA, V. V. 2000. Estudio anual de la comunidad fitoplanctónica (diatomeas) con relación a los nutrientes y la producción primaria en un período anual (1997) en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. Servicio Social. Dpto. Hidrobiología. DCBS. UAM-Iztapalapa.
- WETZEL, G. R. & E. G. LIKENS. 1991. *Limnological Analyses*. Springer-Verlag. Nueva York, Inc. 391 p.
- YAÑEZ-ARANCIBIA E. 1986. *Ecología de la zona costera. Análisis de siete tópicos*. AGT Editor, S. A. México. 189p.

Recibido: 2 de septiembre de 2002.

Aceptado: 3 de junio de 2003.