



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA**

**Iztapalapa**

*Iztapalapa*

**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

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

VARONA CORDERO FRANCISCO

México D. F., JULIO 2004.

El jurado designado por la  
División de Ciencias Biológicas y de la Salud  
de la Unidad Iztapalapa  
aprobó la tesis que presentó

VARONA CORDERO FRANCISCO

El día 28 de Julio del año 2004

Dr. Francisco J. Gutiérrez Mendieta

Presidente



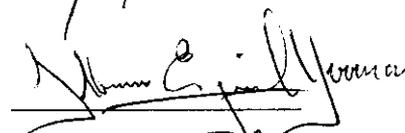
Dra. Ma. Esther Meave del Castillo

Secretario



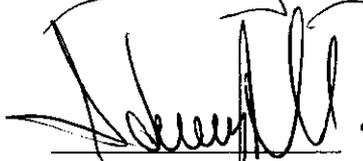
M. en C. Alfonso Esquivel Herrera

Vocal



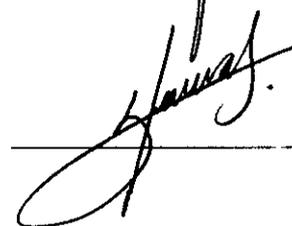
Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte

Vocal



Dr. Jorge A. Herrera-Silveira

Vocal



*Tonatiuh oc´  
Techtlahuilia, yece ye  
Moacahuia in yohualli.  
Axcán oc tlahuia  
Totlahtocayo yuhqui  
Tezcatl.*

*Nuestro sol todavía brilla,  
pero están viniendo  
la noche y la oscuridad.  
Por ahora vislumbro  
nuestro dominio  
como un espejo.*

*Moteczohma Xocoyotzin.*

LA MAESTRIA EN BIOLOGÍA DE LA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
PERTENECE AL PADRÓN DE EXCELENCIA DEL CONACYT

EL PRESENTE TRABAJO CONTÓ CON EL APOYO DE UNA  
BECA DE PARTE DEL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA, CONACYT  
No. de Registro: 164723

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi mamá *Isabel Cordero*, por enseñarme que no hay obstáculo que no se pueda vencer, siempre y cuando se tenga vida y dignidad, y entre otras cosas por ser la mejor Madre del mundo.

A mi Padre *Zacarías Varona<sup>†</sup>*, quien siempre y por siempre está conmigo.

A mis Hermanas *Martha Patricia* y *Guadalupe* por su apoyo incondicional.

A mi novia *Verónica V.*, por compartir esta experiencia de principio a fin.

## AGRADECIMIENTOS

Expresó mi agradecimiento al comité tutorial encabezado por el Dr. Francisco J. Gutiérrez Mendieta, a quien personalmente agradezco por la *novatada* y por ser el principal artífice para la realización de este trabajo.

A la Dra. Ma. Esther A. Meave del Castillo, por incorporar el elemento crítico durante el desarrollo del trabajo.

Al M. en C. Alfonso Esquivel Herrera cuya asesoría fue siempre profesional y objetiva.

Al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte por la revisión del trabajo, específicamente en los análisis estadísticos.

Al Dr. Jorge A. Herrera-Silveira por colaborar como sinodal así como por sus sugerencias.

Al comité de la Maestría en Biología, particularmente a su coordinador Dr. Manuel Castillo Rivera.

Al personal del Laboratorio de Ecosistemas Costeros por las facilidades otorgadas para la elaboración y culminación de la tesis.

A Nadia Elizabeth Rivera Guzmán, por su apoyo en el análisis de las muestras de hidrología.

Sin embargo, a pesar del apoyo y sugerencias de innumerables personas que de alguna forma contribuyeron para la realización del presente, cualquier error de tipo conceptual, metodológico y/o de interpretación es total responsabilidad del autor.

El jurado designado por la  
División de Ciencias Biológicas y de la Salud  
de la Unidad Iztapalapa  
aprobó la tesis que presentó

VARONA CORDERO FRANCISCO

El día 28 de Julio del año 2004

**Dr. Francisco Gutiérrez Mendieta**

**Presidente**

**Dra. Ma. Esther Meave del Castillo**

**Secretario**

**M. en C. Alfonso Esquivel Herrera**

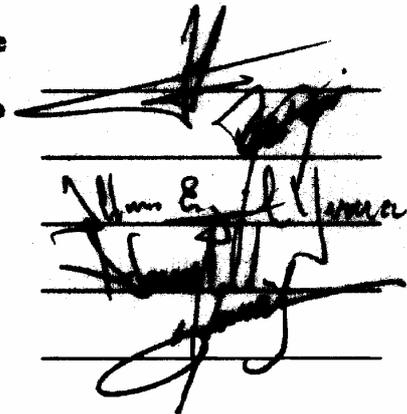
**Vocal**

**Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte**

**Vocal**

**Dr. Jorge A. Herrera-Silveira**

**Vocal**



Handwritten signatures of the jury members over horizontal lines. The signatures are written in black ink and are somewhat stylized and overlapping.

## RESUMEN

Durante un ciclo anual (2002-2003) se determinaron las diferencias y/o semejanzas en las asociaciones fitoplanctónicas, a nivel espacial y temporal, entre las lagunas costeras Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra (Chiapas), así como su relación con las variaciones de los parámetros físicos y químicos que caracterizan a cada uno de los sistemas lagunares. Mediante el uso del Análisis Cluster (AC) se realizó una caracterización ambiental de los sistemas basada en la hidrología, la cual fue validada mediante el Análisis Discriminante (AD). Las asociaciones fitoplanctónicas correspondientes a cada época climática se identificaron mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP) y con el análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) se realizó una ordenación directa que muestra que los patrones de variación de la comunidad son explicados por el ambiente abiótico. Los resultados indican que ambos sistemas presentan características similares, debido a que se encuentran sujetos a la misma presión ambiental (aportes de agua marina y continental, y en general del clima). Destaca principalmente, su variación espacial, la cual origina durante cada época, el desarrollo en ambos sistemas de dos zonas funcionalmente distintas, una zona de influencia mareal (ZIM) y una de mayor influencia dulceacuícola (ZID). La distribución, composición y abundancia del fitoplancton estuvo influenciada directamente por dicha zonación ya que, de acuerdo con los resultados del ACP, durante secas las asociaciones en los sistemas se componen en su mayoría de diatomeas neríticas como *Coscinodiscus* spp. y *Skeletonema costatum* distribuidas principalmente en la zona ZID, mientras que los dinoflagelados del género *Protoperdinium* spp., y las diatomeas salobres como *Cyclotella* sp., *Entomoneis alata* y *Surirella* spp., componen las asociaciones de la zona ZID. Durante esta época la salinidad, la temperatura, el oxígeno disuelto y el amonio fueron identificados, según el ACC, como los factores ambientales más importantes que explican la variación de la distribución de estas asociaciones. Por su parte, durante la época de lluvias las asociaciones estuvieron explicadas principalmente por los silicatos y los ortofosfatos, y la composición estuvo dominada por grupos dulceacuícolas distribuidos principalmente en la zona ZID, mientras que en la zona ZIM, en menor medida dominan las diatomeas céntricas. De esta forma, las asociaciones fitoplanctónicas en las lagunas costeras Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra cambian su composición de especies durante cada época en respuesta a la variación del ambiente, lo que permite el desarrollo de asociaciones fitoplanctónicas específicas adaptadas a las condiciones imperantes en cada una.

Palabras clave: asociaciones fitoplanctónicas, lagunas costeras, Chiapas, Análisis Multivariado.

## ABSTRACT

During an annual cycle (2002-2003) the spatio-temporal differences and/or similarities in the phytoplankton community and its relationship with the physical and chemical characteristics were determined in two coastal lagoons (Chantuto-Panzacola and Carretas-Pereyra, Chiapas). An environmental characterization of the systems was performed based on the hydrological parameters, (Cluster Analysis, CA), and it was validated by means of Discriminant Analysis (DA). The phytoplankton assemblages characteristic of each climatic season were identified using Principal Component Analysis (PCA), and Canonical Correspondence Analysis (CCA), showed that environmental variables explained the patterns of variation of the community. The results show that both systems have similar characteristics because they have the same physical forcing (river discharge, seawater intrusion and in general the weather). Spatial variability is very important, because it favors, during each season, the development of two different functional zones, a zone of marine influence (*MIZ*) and a freshwater influence zone (*FIZ*). The phytoplankton distribution, composition and abundance was influenced by this environmental variation since, in agreement with the PCA results, during the dry season the assemblages in these lagoons are comprised in their majority by neritic diatoms like *Coscinodiscus* spp. and *Skeletonema costatum* distributed in the *MIZ*; whereas the dinoflagellates of the genus *Protoperidinium* spp., and brackish diatoms like *Cyclotella* sp., *Entomoneis alata* y *Surirella* spp., compose the assemblages of *MIZ*. Salinity, temperature, dissolved oxygen and ammonium were identified, according to the CCA, to be the most relevant environmental factors that explain the variation on the distribution of these assemblages. On the other hand, during the rainy season, silicates and orthophosphates explained these assemblages, and the composition was dominated by freshwater groups mainly in the zone *FIZ*, whereas in *MIZ*, to a lesser extent the centric diatoms dominate. Therefore, in Chantuto-Panzacola and Carretas-Pereyra coastal lagoons, the phytoplankton assemblages change their species composition during each season in response to the variation of the environment, which allows the development of associations specifically adapted to the prevailing conditions.

**Keywords:** Phytoplankton assemblages, coastal lagoons, Chiapas, Multivariate Analysis.

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria .....	4
Agradecimientos.....	5
Jurado .....	6
Resumen .....	7
Abstract .....	8
Índice General .....	9
Índice De Figuras .....	12
Índice De Tablas .....	14
Introducción.....	15
OBJETIVO GENERAL .....	19
OBJETIVOS PARTICULARES .....	19
HIPÓTESIS .....	21
HIPÓTESIS PARTICULARES .....	21
Área De Estudio .....	22
Metodología.....	24
CAMPO.....	24
MÉTODO DE COLECTA.....	24
LABORATORIO .....	27
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	27
FITOPLANCTON .....	28
IDENTIFICACIÓN.....	28
CONTEO .....	29
ANÁLISIS .....	31

Análisis Exploratorio De Datos .....	33
VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	33
CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES (ZSI) Y SU VALIDACIÓN.....	34
TIEMPO DE RESIDENCIA.....	36
ASOCIACIÓN DE ESPECIES.....	36
RELACIÓN FITOPLANCTON-AMBIENTE.....	37
Resultados.....	38
Variación Temporal .....	38
FÍSICO-QUÍMICOS.....	39
NUTRIENTES .....	47
PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	50
TIEMPO DE RESIDENCIA.....	52
Variación Espacial .....	54
CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES .....	54
CHANTUTO-PANZACOLA.....	54
TEMPORADA DE SECAS .....	54
TEMPORADA DE LLUVIAS .....	57
CARRETAS-PEREYRA.....	59
TEMPORADA DE SECAS .....	59
TEMPORADA DE LLUVIAS .....	61
Fitoplancton .....	63
COMPOSICIÓN.....	63
DISTRIBUCIÓN.....	68
DIVERSIDAD .....	71
ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES .....	73
RESPUESTA DE LAS ESPECIES A LAS VARIABLES AMBIENTALES .....	78

Discusión.....	82
CARACTERIZACIÓN DE CHANTUTO-PANZACOLA Y CARRETAS-PEREYRA.....	83
DESARROLLO DE LAS ZONAS .....	84
FITOPLANCTON .....	89
PATRÓN GENERAL DE COMPORTAMIENTO.....	96
Conclusiones.....	99
Referencias .....	102
Anexos .....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Precipitación mensual en la zona de estudio.....	25
Fig. 2. Área de estudio y estaciones de muestreo.....	27
Fig. 3. Variación mensual de la temperatura ambiente, amplitud de marea, velocidad y dirección del viento durante el periodo de estudio.....	41
Fig. 4. Variación temporal de la temperatura, salinidad, transparencia y profundidad total a través de los meses de muestreo.....	42
Fig. 5. Gasto mensual del río Cacaluta para el año 1997 y precipitación mensual histórica.....	44
Fig. 6. Variación temporal del amonio, nitratos más nitritos, ortofosfatos y silicatos a través de los meses de muestreo.....	48
Fig. 7. Variación temporal de la clorofila <i>a</i> , el índice trófico y la producción primaria neta a través de los meses de muestreo.....	51
Fig. 8. Dendrograma que muestra la regionalización durante los meses de Abril, y Octubre en Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra y su validación mediante el análisis discriminante .....	56
Fig. 9. Caracterización de ambientes durante secas en Chantuto-Panzacola. ....	57
Fig. 10. Caracterización de ambientes durante lluvias en Chantuto-Panzacola. ....	58
Fig. 11. Caracterización de ambientes durante secas en Carretas-Pereyra. ....	60
Fig. 12. Caracterización de ambientes durante lluvias en Carretas-Pereyra. ....	61
Fig. 13. Composición del fitoplancton por grupos en Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra.....	66

Fig. 14. Diagrama de Olmstead-Tukey (O-T) durante cada época en Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra .....	67
Fig. 15. Distribución de grupos fitoplanctónicos por zona durante cada época en los sistemas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra .....	69
Fig. 16. Distribución de la diversidad por zona durante cada época en los sistemas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra.....	71
Fig. 17. Estructura de las asociaciones fitoplanctónicas de las especies dominantes en Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra basada en un ACP.....	75
Fig. 18. Diagrama de ordenación ACC de las especies y las variables ambientales, en los dos primeros ejes. ....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en las lagunas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra.....	26
Tabla 2. Resumen estadístico para las variables físico-químicas durante un ciclo anual (2002-2003) en dos lagunas costeras tropicales. ....	39
Tabla 3. Comparación de las variables físico-químicas entre las lagunas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra .....	40
Tabla 4. Tiempo de residencia (días) y descarga fluvial ( $m^3 s^{-1}$ ) en Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP). ....	53
Tabla 5. Listado de especies .....	64
Tabla 6. Eigenvalores y Porcentaje de variación explicada por los primeros 4 componentes en el ACP temporal de CHP y CP.....	74
Tabla 7. Eigenvalores y Porcentaje de variación explicada en el ACC temporal de CHP y CP.....	79
Tabla 8. Resumen de las mayores características durante cada época en los sistemas costeros de Chiapas.....	98

## INTRODUCCIÓN

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

Describir las características hidrológicas de estos ambientes no es fácil ya que, a pesar de que la mayoría de las lagunas costeras están regidas por algunos patrones comunes a todas ellas (Contreras, 1986), su geomorfología así como su ubicación geográfica determinan que tales características estén dominadas por uno o varios parámetros (Cloern, 2001; Eyre, 1998, Eyre y Balls, 1999). Estos causan cambios en escalas cortas de tiempo y espacio, lo que se traduce en una marcada individualidad debida a su heterogeneidad regional (Herrera-Silveira, 1994; Herrera-Silveira y Comín, 1995).

Lo anterior provoca que se establezcan zonas con características físico-químicas disímiles dentro de los mismos, llamadas zonas de similar influencia (ZSI) (Boyer *et al.*, 1997), representando con ello ambientes particulares, lo que permite la diferenciación de comunidades planctónicas “exclusivas” (Barreiro-Güemes y Aguirre-León, 1999; Souissi *et al.*, 2000).

Entre los componentes estructurales de estos ecosistemas, el fitoplancton juega un papel importante en los procesos biogeoquímicos, debido a que transforma e incorpora elementos inorgánicos dentro de formas orgánicas, en ocasiones este proceso puede ser rápido. Esto conduce a cambios biogeoquímicos importantes durante determinada época, como el agotamiento de los nutrientes inorgánicos (N, P, Si), la supersaturación de oxígeno así como el consumo de dióxido de carbono (Fogg, 1991; Cloern, 1996).

Se ha sugerido que la composición de especies fitoplanctónicas está íntimamente relacionada a los ciclos biogeoquímicos regionales (Falkowski, 1994). Por ejemplo, las diferencias en las relaciones estequiométricas en una región particular pueden afectar la composición taxonómica fitoplanctónica, (Alonso-Rodríguez *et al.*, 2000; Olivos-Ortíz *et al.*, 2002). Por lo tanto, las diferencias en la composición taxonómica pueden traducirse como la respuesta de un ambiente a los cambios estacionales en el régimen climático regional (Karl, 1999) y pueden conducir a cambios en la estructura de la red trófica (Prézelin, 1992; Legendre y Rassoulzadegan, 1995). De la misma forma, caracterizar los patrones de variación de la producción primaria y la biomasa fitoplanctónica es determinante para entender varios de los procesos biogeoquímicos globales.

Entre los parámetros más importantes que determinan la distribución espacial y temporal del fitoplancton, se encuentran las diferencias latitudinales en la calidad y cantidad de luz, temperatura, salinidad, disponibilidad de nutrientes y el pastoreo así como de algunas variables inherentes al ambiente del que se trate (Naselli-Flores, 2000). En conjunto, estos factores influyen sobre el potencial de establecimiento de ciertas especies, de acuerdo a sus grados de tolerancia a lo largo del espacio y tiempo en un nivel local (DiTullio *et al.*, 2003).

De esta manera, establecer la relación entre las variables físico-químicas y la composición de especies fitoplanctónicas, involucra un estudio en el cual se seleccionen los sitios de muestreo que representen mejor la variabilidad del sistema y que permitan identificar (dentro de una red de estaciones) cada una de las zonas de similar influencia (ZSI), las cuales deberán reflejar adecuadamente los patrones espaciales y temporales (Boyer, *et al.*, 1997) característicos de una región o ambiente.

Además, el estudio de los grupos de especies fitoplanctónicas, grupos funcionales o asociaciones deberían, en principio, ser más útiles para detectar los patrones de variabilidad que el análisis de la presencia de una especie “indicativa” (Rojo y Alvarez-Cobelas, 2000; Rojo *et al.*, 2000); éstos se definen simplemente como un grupo de especies (u otros taxa), que se reconocen de acuerdo a un conjunto ó una serie de características (Legendre y Legendre, 1978).

La caracterización funcional de los ambientes estuarinos lagunares de nuestro país requiere del análisis conjunto de los datos bióticos, abióticos y una comparación específica de sus comunidades biológicas, incluyendo las fitoplanctónicas, debido a que la mayoría de los estudios en donde se establecen las generalizaciones de los procesos estuarino lagunares están basados en investigaciones hechas en sistemas costeros templados (Medeiros y Kjerfve, 1993), en donde los procesos físicos, químicos y biológicos suceden de forma diferente que en sus contrapartes tropicales (Eyre y Balls, 1999; Knoppers y Kjerfve. 1999), o bien aquellos en donde tal patrón fue establecido sin considerar la ubicación latitudinal de los sistemas, ni el tipo geomorfológico de éstos (Nixon, 1982).

De esta manera, el presente trabajo tiene como objetivos:

## OBJETIVO GENERAL

Determinar las diferencias y/o semejanzas en las asociaciones fitoplanctónicas, a nivel espacial y temporal, entre las lagunas costeras Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra (Chiapas), y su relación con las variaciones a nivel espacial y temporal de los parámetros físicos y químicos que caracterizan a cada uno de los sistemas lagunares.

## OBJETIVOS PARTICULARES

Cuantificar la variación de los parámetros físicos y químicos a nivel espacial y temporal en los dos sistemas lagunares.

Identificar las zonas de similar influencia (ZSI), que reflejen adecuadamente los patrones espaciales y temporales característicos de los dos sistemas lagunares, así como los parámetros físicos y químicos que las determinen.

Establecer el o los meses que permitan caracterizar las principales épocas climáticas, esto es, secas y lluvias.

Cuantificar y determinar la variación espacial y temporal de la producción primaria y la biomasa fitoplanctónica.

Determinar la composición, distribución, diversidad y abundancia del fitoplancton de los sistemas lagunares durante las principales épocas climáticas.

Establecer las asociaciones fitoplanctónicas de cada sistema lagunar, considerando la zonación ambiental de cada época.

Comparar las asociaciones fitoplanctónicas entre cada uno de los sistemas lagunares y establecer sus diferencias y/o semejanzas.

## HIPÓTESIS

Si la estructura de la comunidad fitoplanctónica obedece en gran medida a las condiciones físicas y químicas del ambiente, entonces los cambios que se presenten a nivel espacial y temporal en la temperatura, la salinidad y los nutrientes, inducirán variaciones en la composición, distribución y abundancia de las poblaciones fitoplanctónicas en cada uno de los sistemas lagunares.

## HIPÓTESIS PARTICULARES

Si la marcada regionalización que se presenta en estos sistemas durante cada época climática, permite la delimitación de ambientes, entonces, tales ambientes representarán zonas funcionalmente distintas en donde se podrán diferenciar asociaciones fitoplanctónicas características a cada uno.

Si la magnitud de la producción primaria y la biomasa fitoplanctónica están determinadas por factores como la disponibilidad de nutrimentos, entonces es de esperarse que durante la época de lluvias dicha magnitud sea mayor.

Si la regionalización ambiental es similar entre ambas lagunas durante cada época climática, entonces las asociaciones fitoplanctónicas presentes en cada laguna deberán ser similares.

## ÁREA DE ESTUDIO

El sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra está situado en los 93° 06' y 93° 15' de latitud norte y entre los 15° 23' y 15° 32' de longitud oeste y posee una extensión total de 3, 696 ha, en este complejo lagunar desembocan de norte a sur cinco ríos principales: Pijijapan, Echegaray, Margaritas, Bobo y Progreso (Fig. 2).

El sistema Chantuto-Panzacola se localiza en los 92° 45' y 92° 55' de latitud norte y entre los 15° 09' y 15° 17' de longitud oeste; a 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. 2).

En la región Mareográfica del Pacífico, donde se localizan ambos sistemas, el régimen 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 (INE-SEMARNAP, 1999); la temperatura ambiente presenta generalmente dos máximos durante el año que corresponden al doble paso del sol por el cenit del lugar; el primero se presenta durante 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 comprende la época del verano y principios de otoño (Fig. 1), siendo la causa principal de la lluvia los vientos alisios del noreste que se cargan de humedad al pasar por el Golfo de México; de ésta, el 90% la recibe la mitad sur del estado incluyendo la llanura costera del Océano Pacífico (Cardoso, 1979).

En la zona de estudio, durante todo el año, soplan vientos del noreste; en las laderas de la Sierra Madre de Chipas, hacia el Pacífico, se presenta la siguiente situación: en Tonalá predominan las calmas, en el centro los vientos del norte y en Medio Monte, los del oeste (Cardoso, 1979).

## METODOLOGÍA

### CAMPO

#### Método de colecta

Se llevaron a cabo seis campañas de muestreo con una frecuencia bimestral con la finalidad de completar un ciclo anual. Durante éstas se realizó el muestreo en 10 puntos en cada sistema lagunar (Figura 2; Tabla 1).

Para la cuantificación de los nutrientes se obtuvieron muestras de 250 ml con una botella van Dorn a nivel medio de la columna de agua, las cuales fueron filtradas a través de filtros Whatman con una retención media de 0.8  $\mu\text{m}$ , manteniéndolas a baja temperatura hasta su posterior procesamiento en el laboratorio.

La temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales y la turbidez se determinaron con una sonda marca Horiba modelo U-22; el espesor de la capa eufótica ( $Z_{eu}$ ) se obtuvo con base en la profundidad del disco de Secchi ( $Z_{sd}$ ) mediante la fórmula:

$$Z_{eu} = -Z_{sd} \ln(0.01) / 1.44 \quad (\text{Kirk, 1994}).$$

Para la evaluación de la productividad primaria se utilizó el método de la botella clara y oscura (Gaarder y Gran, 1927), siguiendo las sugerencias propuestas por Brower y Zar (1981), manteniendo las botellas en incubación durante tres horas.

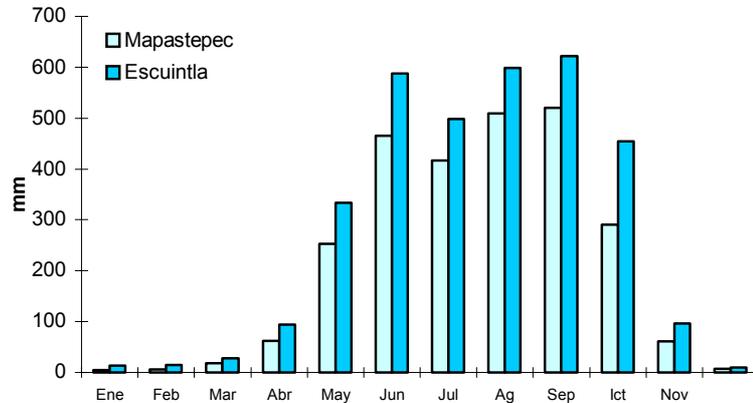


Fig. 1. Precipitación mensual en la zona de estudio (Flores y Thagler, 2001).

Para la cuantificación de la clorofila *a*, así como sus productos de degradación (feopigmentos), se realizó la técnica propuesta por SCOR-UNESCO (1980), utilizando las fórmulas tricromáticas. Se filtraron dos muestras paralelamente, una se empleó para determinar la clorofila total y otra, previamente tamizada con una malla de 22  $\mu\text{m}$  de poro, para la fracción nanoplanctónica; el volumen filtrado fue de 250 y 150 ml respectivamente, por medio de un equipo Millipore usando filtros GF/F de 0.80  $\mu\text{m}$  de poro. Los filtros se colocaron en silica-gel, manteniéndolos en la oscuridad y baja temperatura hasta su posterior procesamiento.

La extracción del pigmento, se realizó con acetona al 90% después de haber permanecido en la oscuridad durante 24 horas. La cuantificación se hizo con un espectrofotómetro marca Beckman® Du -65.

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en las lagunas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra

Estación	Chantuto-Panzacola		Carretas-Pereyra	
	Latitud N	Longitud W	Latitud N	Longitud W
1	15°09'31	92°51'06''	-	-
2	15°11'25''	92°50'49''	15°26'19.3''	93°07'05.2''
3	15°11'51''	9°51'19''	15°29'26.4''	93°8'40.5''
4	15°14'1.5''	92°53'25.3''	15°29'34.3''	93°9'30.3''
5	15°06'39''	92°45'07''	15°30'33.7''	93°09'53.1''
6	15°06'22''	92°44'40''	15°30'22.9''	93°13'30.5''
7	15°9'17''	92°46'16''	15°31'10.9''	93°12'49.5''
8	15°9'46''	92°45'40''	15°30'27.9''	93°12'0.04''
9	15°09'41''	92°47'40''	15°29'2.5	93°12'7.8''
10	15°10'49.3''	92°50'05.6''	-	-

Para el análisis cualitativo del fitoplancton se obtuvieron muestras mediante arrastres horizontales superficiales durante tres minutos utilizando una red de 60µm de apertura de malla y 30 cm de diámetro en la boca, provista de un flujómetro General Oceanics Inc. con la finalidad de determinar el volumen filtrado; para su preservación se utilizó formalina para una concentración final del 4%, neutralizada con 2% de una solución saturada de borato de sodio; para el análisis cuantitativo se obtuvieron muestras de botella (1L) las cuales se fijaron con una solución de lugol-acetato (Wetzel y Likens, 1991).

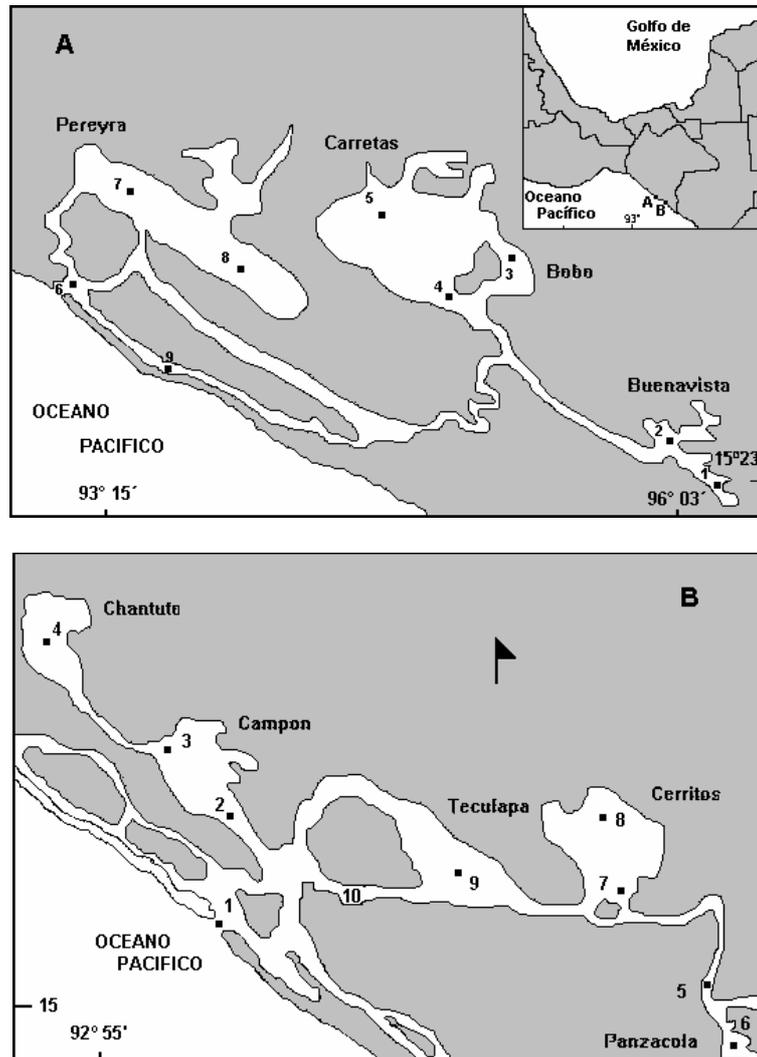


Fig. 2. Área de estudio y estaciones de muestreo (Castañeda y Contreras, 2001).

## LABORATORIO

### Análisis físico-químico

Para la determinación de nutrientes las técnicas empleadas fueron: para los nitritos el método de Bendschneider y Robinson (1952), los nitratos más nitritos por el método de reducción por columnas Cd-Cu descrito por Strickland y Parsons (1972), amonio, Solórzano (1969), ortofosfatos, Murphy y Riley (1962), fósforo total, Inland Water

Directorate (1974) según Menzel y Corwin (1965), los silicatos se determinaron de acuerdo con Schwartz (1942).

Para calcular un ambiente con limitación de nutrientes, basado en la asimilación cinética de éstos, se aplicaron los criterios utilizados por Olivos-Ortiz *et al.*, (2002):

- 1) P es limitante si  $\text{SiO}_2:\text{PO}_4 > 22$  y  $\text{DIN}:\text{PO}_4 > 22$ ;
- 2) N es limitante si  $\text{SiO}_2:\text{DIN} > 1$  y  $\text{DIN}:\text{PO}_4 < 10$ ; y
- 3) Si es limitante si  $\text{SiO}_2:\text{PO}_4 < 10$  y  $\text{SiO}_2:\text{DIN} < 1$

El índice N:P (inorgánico,  $\text{DIN}:\text{PO}_4$ ) se calculó dividiendo las formas de nitrógeno inorgánicas ( $\text{DIN} = \text{NH}_4^+, \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ) entre los ortofosfatos (Redfield, 1958; Redfield *et al.*, 1963), mientras que el índice Si:P ( $\text{SiO}_2:\text{PO}_4$ ) se calculó dividiendo los silicatos entre los ortofosfatos.

## FITOPLANCTON

### Identificación

El procesamiento de las muestras consistió en una observación preliminar del material obtenido en los arrastres para la observación de los ejemplares débilmente silificados así como del reconocimiento de caracteres que únicamente se observan en el material “*fresco*”; posteriormente se realizaron 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 provisto de una cámara de video Sony CCD-IRIS/RGB.

### Conteo

El método para determinar la abundancia de los taxa del fitoplancton fue el siguiente:

- Las muestras de botella, se agitaron suavemente para homogeneizar la muestra.
- Las muestras se sedimentaron en una cámara de 10 ml, después de llevar a cabo una centrifugación (a 1500 rpm durante 5 min.) a fin de concentrar la muestra. Cabe destacar que el volumen fue variable, ajustándolo dependiendo del número de organismos observados así como de la presencia de detritus.
- Se identificaron únicamente las especies que se encontraron completas y en las cuales se reconoció la presencia de los cloroplastos, con excepción de las especies heterótrofas como *Proto-peridinium* spp.
- El conteo e identificación se realizó en un microscopio invertido Zeiss Axiovert-25 provisto de contraste de fases. Se llevó a cabo una observación preliminar de toda la cámara (40x), la que se consideró como un censo; además, se realizaron observaciones en forma de transectos paralelos a lo largo del área de la cámara de sedimentación (Hasle, 1978).
- El número de células final de cada especie en cada muestra, se calculó de la siguiente forma:

▪

▪ Número de células =  $CA_1/LWSV$

donde:

C = número de organismos contados

$A_1$  = área total de la base de la cámara en  $mm^2$

L = longitud del transecto en mm

W = ancho del transecto en mm

S = número de transectos contados

V = volumen de la muestra sedimentada.

La identificación se llevó a cabo utilizando bibliografía especializada en función de los grupos dominantes de cada época como por ejemplo: 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

Para jerarquizar la dominancia de las especies fitoplanctónicas se construyó el diagrama de Olmstead y Tukey (Sokal y 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 presentaron la densidad y la frecuencia mayor a ambas medias. Las constantes son aquellas cuyas densidades son menores a la media y la frecuencia mayor. Las ocasionales son la que presentaron densidad mayor a la media y frecuencia menor a la media. Las raras presentaron densidades y frecuencias menores a ambas medias.

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

$$H' = -\sum_{i=1}^{i=N} \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N}$$

donde:  $n_i$  = número de individuos de una sola especie y  $N$  = número total de individuos de la muestra (Brower y Zar, 1981).

La clorofila *a* es considerada como un indicador de la biomasa de los productores primarios presente en los sistemas (standing-crop) y fue utilizada como base para calcular el índice trófico (IT) sugerido por Carlson (1977). Este índice se determina mediante una regresión no lineal entre la transparencia del agua y la cantidad de clorofila obtenida y dada por:

$$IT(clor) = 10\left(6 - \left(\frac{2.04 - (0.68 \ln clor)}{\ln 2}\right)\right)$$

Donde  $IT(clor)$  es el índice del estado trófico basado en la clorofila.

## ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

### Variación espacial y temporal

Se analizó la variabilidad espacial y temporal de los factores físico-químicos entre los meses de muestreo para identificar los meses característicos de cada época climática, mediante métodos gráficos como los diagramas de caja y bigote, así como por comparaciones de valores centrales (media, mediana) para determinar las diferencias significativas,

Los diagramas de caja y bigote son una herramienta estadística que muestra la localización (mediana) y dispersión (de los datos); mediante la posición relativa de la mediana respecto a los cuartos inferior y superior así como la longitud de los bigotes, es posible observar la simetría o sesgo de la distribución. Los bigotes que se extienden desde la caja hasta antes de los casos extraordinarios revelan además la longitud de las colas de distribución (Salgado-Ugarte, 1992). En este estudio se utilizaron diagramas de caja y bigote con muesca, esta representa el intervalo de confianza del 95% alrededor de la mediana, por lo que puede verificarse si los valores centrales de una variable son iguales o diferentes entre varios casos, según se traslapen o no los intervalos de las muescas.

Para verificar la significancia de tales diferencias, se ejecutaron comparaciones de valores centrales (media, mediana) dependiendo si hubo o no *homoscedasticidad*, en el caso de varianzas desiguales se aplicó el método no paramétrico de Kruskal-Wallis, si las varianzas fueron semejantes se utilizó un análisis de varianza

(ANDEVA) de una vía, utilizando como factor el tiempo (mes de muestreo), a un nivel de significancia de  $P \leq 0.10$ . De la misma forma se realizaron comparaciones múltiples (Tukey-Kramer y Kruskal-Wallis *prueba Z*) para reconocer diferencias específicas entre los meses de muestreo (Zar, 1997), y determinar con ello el o los meses característicos de cada época.

Asimismo, se aplicó dicho análisis para reconocer diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las lagunas, y determinar con ello si el patrón de comportamiento de los factores físico-químicos es similar entre si.

Adicionalmente, para relacionar los factores físicos y químicos se ejecuto un análisis de correlación simple de Pearson a un nivel de significancia de  $P \leq 0.10$ .

#### Caracterización de ambientes (ZSI) y su validación

Para la identificación de las zonas de similar influencia (ZSI) entre las estaciones, se realizó un análisis de cluster usando el coeficiente de distancia euclidiana y la técnica de la varianza mínima o método de Ward, debido a que se trata de una técnica que *expande el espacio*, es decir, incrementa la distancia entre grupos u objetos resaltando las diferencias entre los grupos.

El algoritmo de unión consiste en, dado un grupo inicial, calcular la varianza del grupo al añadirle cada uno de los casos posibles; el nuevo miembro del grupo o cluster será aquél que origine el valor mínimo de varianza (Pielou, 1984).

Dicho análisis, estuvo basado en una matriz elaborada con los valores estandarizados de cada variable, de manera que ninguno de ellos por presentar un ámbito mayor influyera en la formación de los grupos (Mc Garigal *et al.*, 2000). Una ventaja adicional de esta transformación al estadístico z consiste en que la nueva matriz es adimensional, lo cual posibilita la comparación de datos que originalmente tuvieran diferentes unidades (Legendre y Legendre, 1984).

El criterio usado para definir el nivel de corte en el dendrograma y con ello el número de clusters, fue a partir del valor en el coeficiente de distancia, es decir, en el nivel más bajo el coeficiente de distancia euclidiana es 0, y la comunidad es idéntica (Krebs, 1999, Souissi, *et al.*, 2000), por lo tanto para cada dendrograma se identifico el nivel en el cual el coeficiente representara > 80% de similitud.

A partir de los resultados del análisis anterior se ejecutó un análisis discriminante para validar la formación de grupos, además de que éste permite la reducción de la dimensionalidad de un conjunto de datos con una mínima pérdida de información, al resumir la redundancia en los datos colocando "cerca" a entidades en grupos que son mutuamente excluyentes, es decir una de las entidades que pertenece a un grupo no puede pertenecer a otro (Kent y Coker, 1992).

### Tiempo de residencia

El tiempo de residencia fue calculado mediante el método de la fracción de agua dulce ( $f$ ) usando la descarga de los ríos durante los meses de muestreo (Solis y Powell, 1999), y ésta dado por:

$$f = \frac{\sigma - s}{\sigma}$$

donde  $s$  representa el porcentaje de salinidad en el sistema y  $\sigma$  representa la salinidad de la descarga, que puede ser asumida como la misma que el agua de mar.

Dicha fracción puede ser usada para calcular el tiempo de residencia ( $t$ ), como sigue:

$$t = \frac{f \cdot V}{Q} = \frac{Vf}{Q}$$

donde  $V$  es el volumen del sistema,  $Q$  la tasa de descarga de agua dulce, y  $Vf$  es el volumen de agua dulce en el sistema.

### Asociación de especies

Con el fin de definir las *asociaciones* de especies e investigar el efecto de las especies individuales en los patrones de agrupamiento estacional de la estructura fitoplanctónica, se ejecutó un Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre los datos de abundancia transformados ( $\log x$ ) utilizando los taxa dominantes de cada época derivados del diagrama de Olmstead y Tukey para cada sistema. Para identificar la co-ocurrencia de especies, se invirtió la matriz de datos dando por resultado que las muestras individuales fueron las variables y las especies las

observaciones, y se ejecutó el 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).

#### Relación fitoplancton-ambiente

Los datos se condensaron en una matriz de abundancia de especies por sitio y en otra los factores ambientales. Se aplicó el análisis de correspondencias canónicas (ACC); éste es un método de ordenación directa que requiere de dos tipos de observaciones, los datos de densidad poblacional por sitio y datos de factores ambientales por sitio (Pielou, 1984).

Este enfoque de usar datos de especies y variables ambientales en el proceso de ordenación es conocido como una forma de análisis canónico, de tal manera que el diagrama de ordenación resultante expresa no solo patrones de variación en composición de especies, sino también muestra las relaciones principales entre las especies y cada una de las variables ambientales (Ter Braak, 1986)

El análisis estadístico anterior se procesó en los paquetes STATISTICA '99, NCSS '97 y MVSP 2000\* para Windows.

---

\* Proporcionado por el Dr. Alejandro Zavala Hurtado. Depto. de Biología. UAM-I

## RESULTADOS

### VARIACIÓN TEMPORAL

En Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP), la mayor parte de los parámetros físico-químicos (84% y 63% respectivamente) muestran una variabilidad significativa entre los meses de muestreo (ANEXO 1), lo que revela una marcada variabilidad temporal; por el contrario parámetros biológicos como la clorofila *a* en agua, el índice trófico y la producción primaria no muestran tal tendencia; sin embargo, los valores en el coeficiente de variación (Tabla 2-CV %) así como la presencia de numerosos casos extraordinarios durante los meses de muestreo (Fig. 4-7), sugieren que tal variabilidad obedece más a una variación espacial tomando en consideración la heterogeneidad de ambos sistemas.

Por su parte, la variabilidad temporal entre CHP y CP fue muy similar, ya que del total de parámetros analizados más del 60% no mostraron diferencias significativas entre sistemas a lo largo del periodo de muestreo (Tabla 3), sin embargo, parámetros como el oxígeno disuelto, turbidez, pH, silicatos y clorofila *a* en agua si muestran diferencias entre sistemas, indicando la particularidad de los mismos.

Tabla 2. Resumen estadístico para las variables físico-químicas durante un ciclo anual (2002-2003) en dos lagunas costeras tropicales.

PARÁMETRO	CHANTUTO-PANZACOLA					CARRETAS-PEREYRA				
	N	C. I.	Med	C. S.	CV%	N	C. I.	Med	C. S.	CV%
Prof. Total (m)	59	0.60	0.85	1.10	40.11	40	0.53	0.70	0.80	51.79
Temperatura (° C)	59	29.30	30.30	32.30	7.42	41	29.70	31.10	31.70	5.37
Salinidad (ups)	59	2.90	11.10	30.30	86.94	41	5.60	19.50	33.00	70.41
O <sub>2</sub> ml <sup>-1</sup>	59	2.12	2.52	2.98	50.74	41	2.52	3.12	4.31	43.37
% Saturación	59	39.42	51.64	68.27	51.65	40	52.71	72.28	92.60	43.85
Secchi (Z <sub>sd</sub> )	59	0.30	0.50	0.60	39.35	41	0.30	0.50**	0.60	43.98
% Secchi (% Z <sub>sd</sub> )	59	41.67	57.14	81.82	40.04	41	50.00	66.67	87.50	34.25
PH	59	7.00	7.34	7.65	7.36	40	7.25	7.57**	7.80	6.12
Turbidez (NTU)	53	91.8	119	215	84.97	30	10	41.5	124	98.90
Sólidos Disueltos Totales (g/L)	58	2.95	12.2	28.3	81.99	40	6.55	19.2	29.7	63.42
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μM)	48	1.73	3.24	5.97	98.77	28	1.81	2.95**	5.10	87.30
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (μM)	58	2.22	6.06	33.67	117.82	38	3.65	5.37	14.32	111.57
DIN (μM)	58	3.12	8.66	42.67	103.85	41	5.34	7.56	17.08	92.52
PO <sub>4</sub> (μM)	57	2.56	5.57	9.92	73.20	41	2.79	6.69	10.16	78.37
SiO <sub>2</sub> (μM)	59	7.54	14.04	21.74	125.30	41	3.32	6.60	10.89	86.97
N:P	55	0.82	3.41	7.48	66.42	38	3.32	6.10**	10.89	90.53
Si:P	59	1.30	3.48	6.10	197.09	41	0.44	1.06	3.40	94.07
Si:N	58	0.38	0.71	2.71	268.03	39	0.31	0.66	1.48	135.32
Cl a agua (mg m <sup>-3</sup> )	46	4.34	10.97**	20.83	136.98	33	12.20	21.89**	37.71	98.39
Cl a nano (mg m <sup>-3</sup> )	36	2.60	6.27	18.16	225.79	21	11.79	34.35	90.68	143.47
PPN (mg C m <sup>-3</sup> hr <sup>-1</sup> )	22	25.60	111.33**	199.17	91.18	18	51.77	138.72**	162.06	83.13
Índice Trófico (IT)	44	44.89	52.86**	59.95	21.75	33	55.11	60.85**	66.18	16.47

N= Número de observaciones; C. I.= Cuarto inferior; Med= Mediana; C. S.= Cuarto Superior; CV%= Coeficiente de Variación; \*\*sin diferencias significativas a nivel temporal (p>0.05).

## HIDROLOGÍA

### Físico-químicos

Durante el periodo de estudio, la temperatura superficial estuvo correlacionada positivamente con la temperatura ambiental ( $r= 0.32$ ,  $p<0.05$ ; ANEXO 2) y se puede dividir claramente en dos periodos (Fig. 3A-4A, E).

Tabla 3. Comparación de las variables físico-químicas entre las lagunas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra, los valores en negritas representan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

	SS	df	MS	SS	df	MS		
	Effect	Effect	Effect	Error	Error	Error	F	p
Prof. Total (m)	0.35	1	0.35	13.30	97	0.14	2.56	0.1126
Temperatura (° C)	0.50	1	0.50	413.82	97	4.27	0.12	0.7336
Salinidad (ups)	530.01	1	530.01	16652.00	97	171.67	3.09	0.0821
O <sub>2</sub> ml <sup>-1</sup>	17.65	1	17.65	210.11	98	2.14	8.23	<b>0.0050</b>
% Saturación	9195.01	1	9195.01	95858.88	97	988.24	9.30	<b>0.0029</b>
Secchi (Z <sub>sd</sub> )	0.01	1	0.01	3.98	97	0.04	0.15	0.6966
% Secchi (% Z <sub>sd</sub> )	365.47	1	365.47	43931.80	88	499.23	0.73	0.3945
PH	1.19	1	1.19	24.85	96	0.26	4.59	<b>0.0348</b>
Turbidez (NTU)	190143.40	1	190143.40	1258032.60	81	15531.27	12.24	<b>0.0008</b>
Solidos Disueltos Totales (g/l)	504.83	1	504.83	13182.31	96	137.32	3.68	0.0582
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μM)	3.04	1	3.04	1276.54	74	17.25	0.18	0.6758
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (μM)	831.85	1	831.85	28508.29	96	296.96	2.80	0.0974
DIN (μM)	1505.11	1	1505.11	33929.66	97	349.79	4.30	0.0407
PO <sub>4</sub> (μM)	50.27	1	50.27	2738.14	98	27.94	1.80	0.1829
SiO <sub>2</sub> (μM)	948.35	1	948.35	7481.91	95	78.76	12.04	<b>0.0008</b>
N:P	319.05	1	319.05	3042.62	95	32.03	9.96	<b>0.0021</b>
Si:P	1370.86	1	1370.86	82662.20	105	787.26	1.74	0.1898
Si:N	238.83	1	238.83	8026.78	94	85.39	2.80	0.0978
Cl a agua (mg m <sup>-3</sup> )	2537.60	1	2537.60	57917.11	75	772.23	3.29	0.0739
Cl a nano (mg m <sup>-3</sup> )	13268.22	1	13268.22	131851.12	59	2234.76	5.94	<b>0.0179</b>
PPN (mg C m <sup>-3</sup> hr <sup>-1</sup> )	3357.63	1	3357.63	634937.53	43	14765.99	0.23	0.6359
Índice Trófico (IT)	979.58	1	979.58	8921.39	75	118.95	8.24	<b>0.0053</b>

El primero, corresponde con los meses de la época de secas (noviembre-abril) en los cuales se observa el incremento paulatino de la temperatura a partir del mes de noviembre (mediana 29° C), alcanzando su máximo en abril (33.3 en CHP y 33.6° C en CP) como consecuencia del incremento gradual de la temperatura ambiental (Fig. 3A).

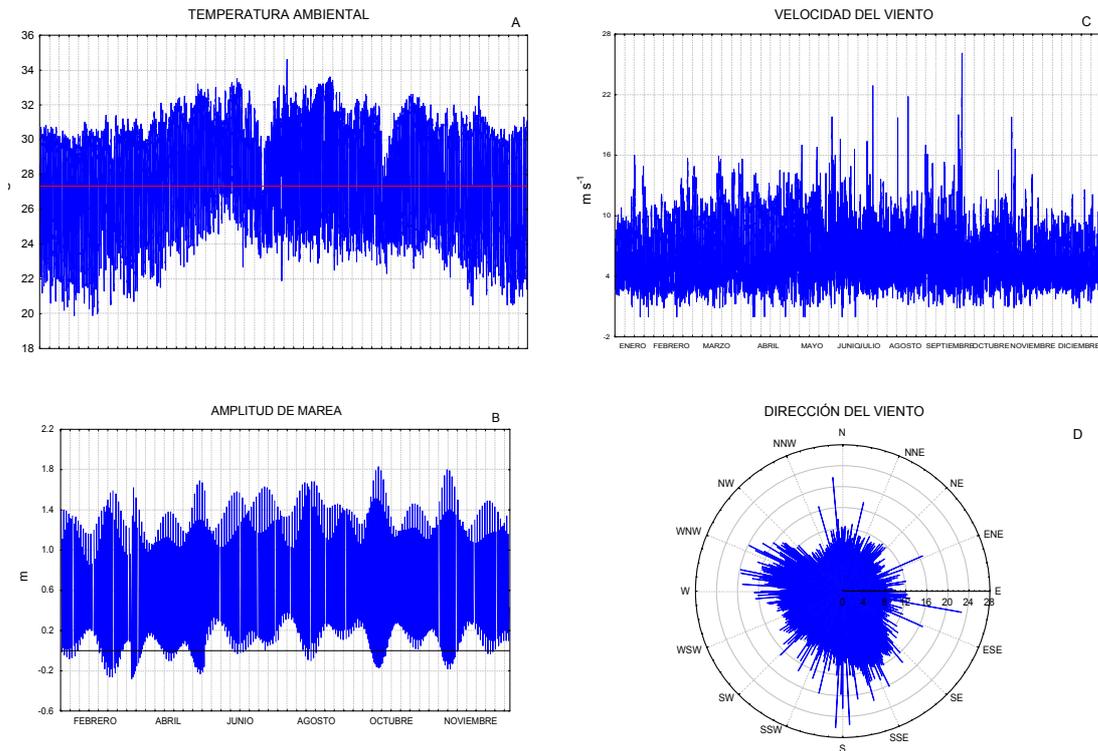


Fig. 3. Variación mensual de la A) temperatura ambiente ( $^{\circ}$  C), B) amplitud de marea (m), C) velocidad ( $\text{m s}^{-1}$ ) y D) dirección del viento durante el periodo de estudio (Secretaría de Marina, 2004).

Durante el segundo periodo, que abarca los meses de la época lluviosa (mayo-octubre), se alcanzan valores máximos en la temperatura durante agosto en ambos sistemas ( $35.8^{\circ}$  C en CHP y  $32.2^{\circ}$  C en CP) correspondientes al segundo máximo térmico (Fig. 3A); sin embargo, el efecto de este último se atenúa significativamente e incluso tiende a desaparecer por la influencia de la precipitación (Cardoso, 1979), originando la disminución gradual de este parámetro en los meses siguientes (Fig. 4A, E).

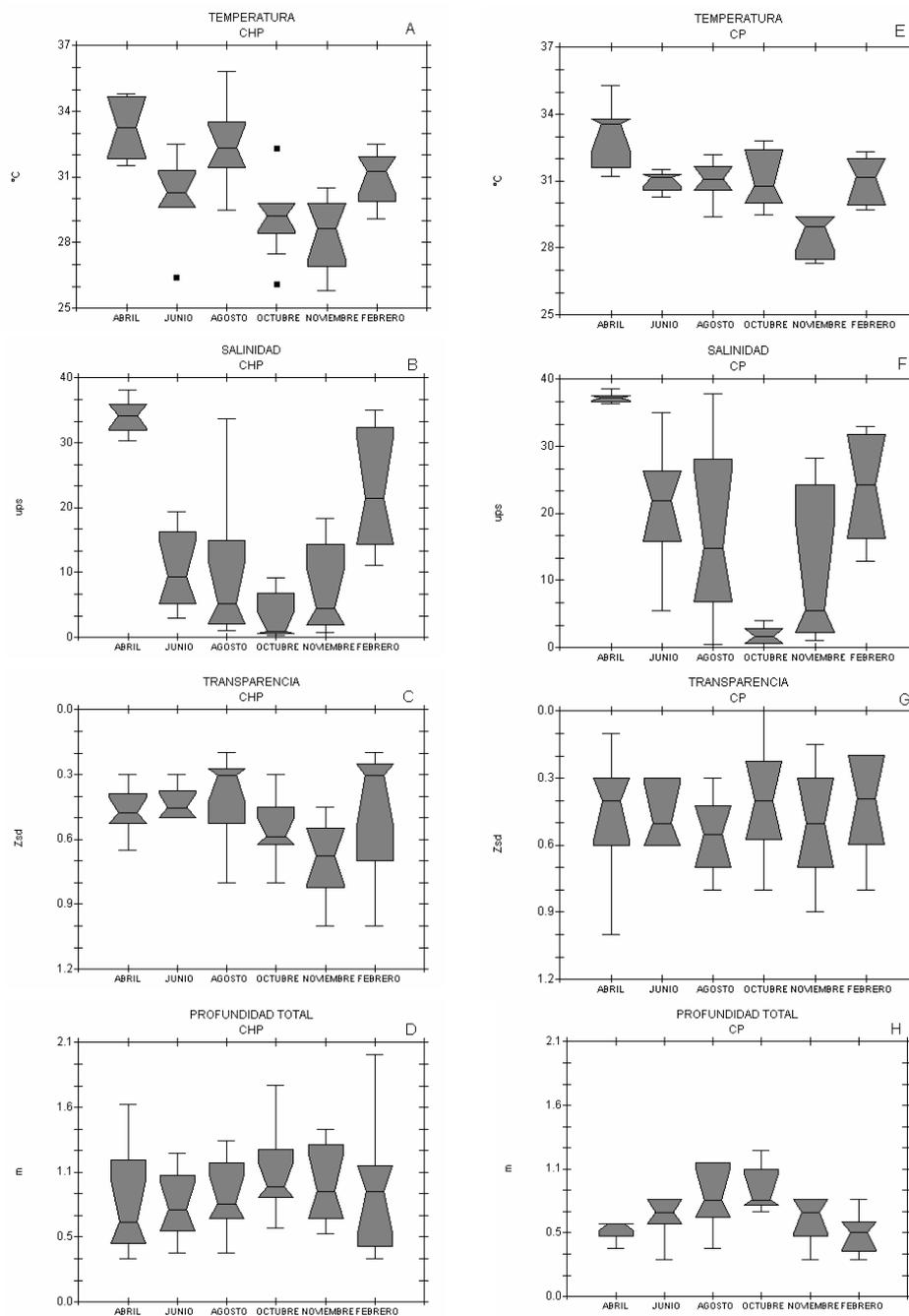


Fig. 4. Variación temporal de la A, E) temperatura (T°C); B, F) salinidad (ups); C, G) transparencia (Z<sub>sd</sub>) y D, H) profundidad total (m) en Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP) a través de los meses de muestreo.

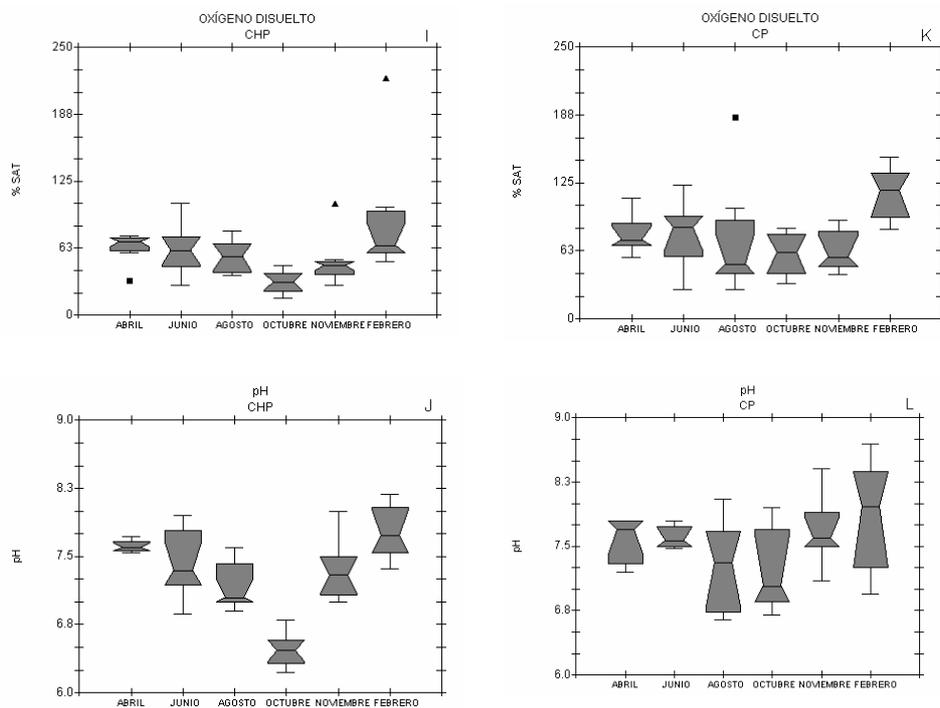


Fig. 4. Continuación, variación temporal del I, K) Oxígeno Disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y J, L) el pH en Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP) a través de los meses de muestreo.

Durante el periodo de estudio el intervalo de variación de la temperatura superficial en CHP y CP fue muy similar ( $10^\circ$ , CV% 7.42 y  $8^\circ$ , CV% 5.37 respectivamente) por lo que no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas (Tabla 3); lo anterior es consistente con el patrón típico de regiones tropicales (Vernberg, 1981; de la Lanza y Lozano-Montes, 1999).

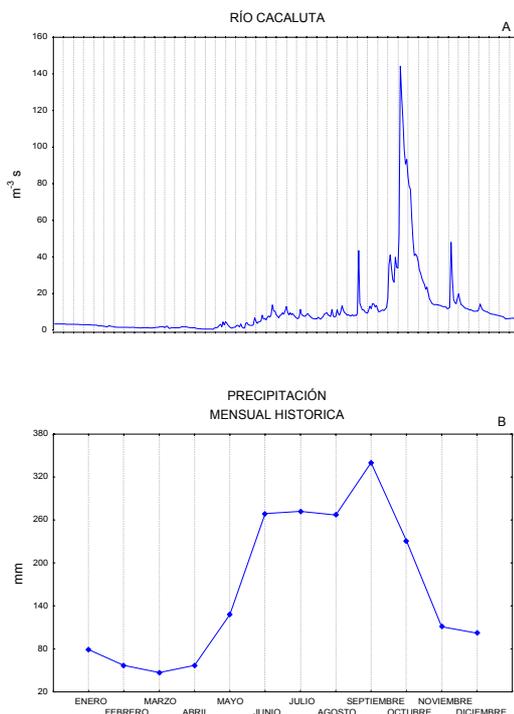


Fig. 5. Gasto mensual del río Cacaluta para el año 1997 (A; CNA; 2004) y Precipitación mensual Histórica (B; CNA; 2000)

En lo que respecta a la salinidad, existieron diferencias entre las épocas de secas y lluvias, ya que durante secas se registraron los máximos valores durante el mes de abril (34.27 y 37.30 ups en CHP y CP respectivamente, Fig. 4B, F), los cuales son resultado de la alta evaporación que se alcanza durante la época, así como por la mayor influencia marina al interior de los sistemas por efecto de la marea; en el periodo de estudio, durante secas, la amplitud de marea osciló entre -0.28 a 1.80 m y durante lluvias entre -0.17 y 1.83 m (Fig. 3B).

Durante la época de lluvias, la salinidad disminuyó gradualmente a partir de junio (Fig. 4B, F) hasta alcanzar su mínimo registro en octubre (mediana 0.95 en CHP y 1.70 ups en CP), la causa de la disminución es el efecto combinado de la precipitación y el aumento de las descargas de ríos a los sistemas.

La mayor parte de las lluvias (70%) en la zona se presentan en el final del verano y principios de otoño (Fig. 5B), causando intensos pulsos en el flujo de los ríos. El gasto mensual del río Cacaluta sufre un incremento significativo a partir del mes de junio (CNA, 2000) alcanzando un máximo de  $48.63 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  durante el mes de octubre (Fig. 5A), coincidiendo con el patrón del régimen pluvial, lo anterior concuerda con la disminución gradual de la salinidad reportada durante el periodo de estudio. De la misma forma que la temperatura, la salinidad no mostró diferencias significativas entre los sistemas (Tabla 3)

La variación temporal del oxígeno disuelto presenta valores mínimos durante el mes de octubre, 0.84 en CHP y 1.67 en CP  $\text{ml l}^{-1}$  (Fig. 4I, K), correspondiente a la etapa final de la época lluviosa y a partir de este mes se incrementa gradualmente su concentración hasta alcanzar su valor máximo en febrero, 3.11 en CHP y 5.48  $\text{ml l}^{-1}$  en CP (70 y 118% de saturación, respectivamente); al parecer, la concentración de este gas está determinada principalmente por la descomposición de la materia orgánica acarreada por los ríos, ya que presentó una gran similitud con el comportamiento del pH (Fig. 4J, L).

La profundidad de los sistemas se incrementó significativamente a partir de mes de junio, alcanzando su máximo en octubre (mediana 0.90 m en CHP y 0.80 m para CP) a diferencia de los meses de secas en donde la profundidad fue de 0.60 m en ambos sistemas (Fig. 4D, H). Este aumento tiene repercusiones sobre la transparencia la cual disminuyó un 45% durante lluvias, periodo en el cual la mediana mínima registrada fue de 0.30 m en CHP y de 0.55 en CP durante agosto.

Al parecer, la mezcla de la columna de agua generada por la marea y viento fueron los principales factores que determinaron la transparencia durante el periodo de estudio, ya que se encontró una correlación significativa entre la salinidad y los sólidos disueltos totales ( $r= 0.99$ ,  $p<0.05$ ) lo que sugiere la resuspensión de sedimentos por efecto de la marea.

Por su parte, la velocidad del viento fue constante a lo largo del año ( $6.22 \text{ m s}^{-1}$  promedio), sin embargo, en lluvias dominan vientos de norte a sur que alcanzan una velocidad máxima de  $26.10 \text{ m s}^{-1}$  (Fig. 3B, D; Secretaria de Marina, 2004) favoreciendo significativamente ( $r= 0.97$ ,  $p<0.05$ ) la incorporación de sedimentos a la columna de agua, aumentando la turbidez.

## Nutrientes

Los nutrientes varían en su concentración significativamente ( $p \leq 0.05$ ) de manera temporal en ambos sistemas (Fig. 6), en el caso del amonio, se presenta un incremento durante los meses de secas llegando a representar el 90% del nitrógeno total en ambos sistemas, mientras que los  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  presentan altas concentraciones durante junio (mediana  $>10 \mu\text{M}$ ), de los cuales los nitratos aportan el 40% del nitrógeno total en CHP; en CP se presentan altas concentraciones ( $>20 \mu\text{M}$ ) durante octubre, representados en un 90% por los nitratos.

En ambos sistemas, los ortofosfatos presentaron su máxima concentración ( $>10 \mu\text{M}$ ) durante los meses de junio a noviembre con una disminución durante febrero y abril (Fig. 6C, G). Los silicatos por su parte, presentaron una mediana máxima durante el mes de octubre ( $26.0 \mu\text{M}$  en CHP y  $20.0 \mu\text{M}$  en CP) y una mínima durante el mes de noviembre en CHP ( $2.12 \mu\text{M}$ ) y agosto en CP ( $1.41 \mu\text{M}$ ), cabe resaltar que, los silicatos presentaron diferencias significativas entre los sistemas (Tabla 3).

La correlación significativa de los nitratos ( $r = -0.36$ ,  $p < 0.05$ ), ortofosfatos ( $r = -0.49$ ,  $p < 0.05$ ) y silicatos ( $r = -0.33$ ,  $p < 0.05$ ) con la salinidad, sugiere que la alta variabilidad observada en los nutrientes (Tabla 2), está relacionada con los efectos locales de la descarga de ríos, quienes al parecer, son la principal fuente de nutrientes.

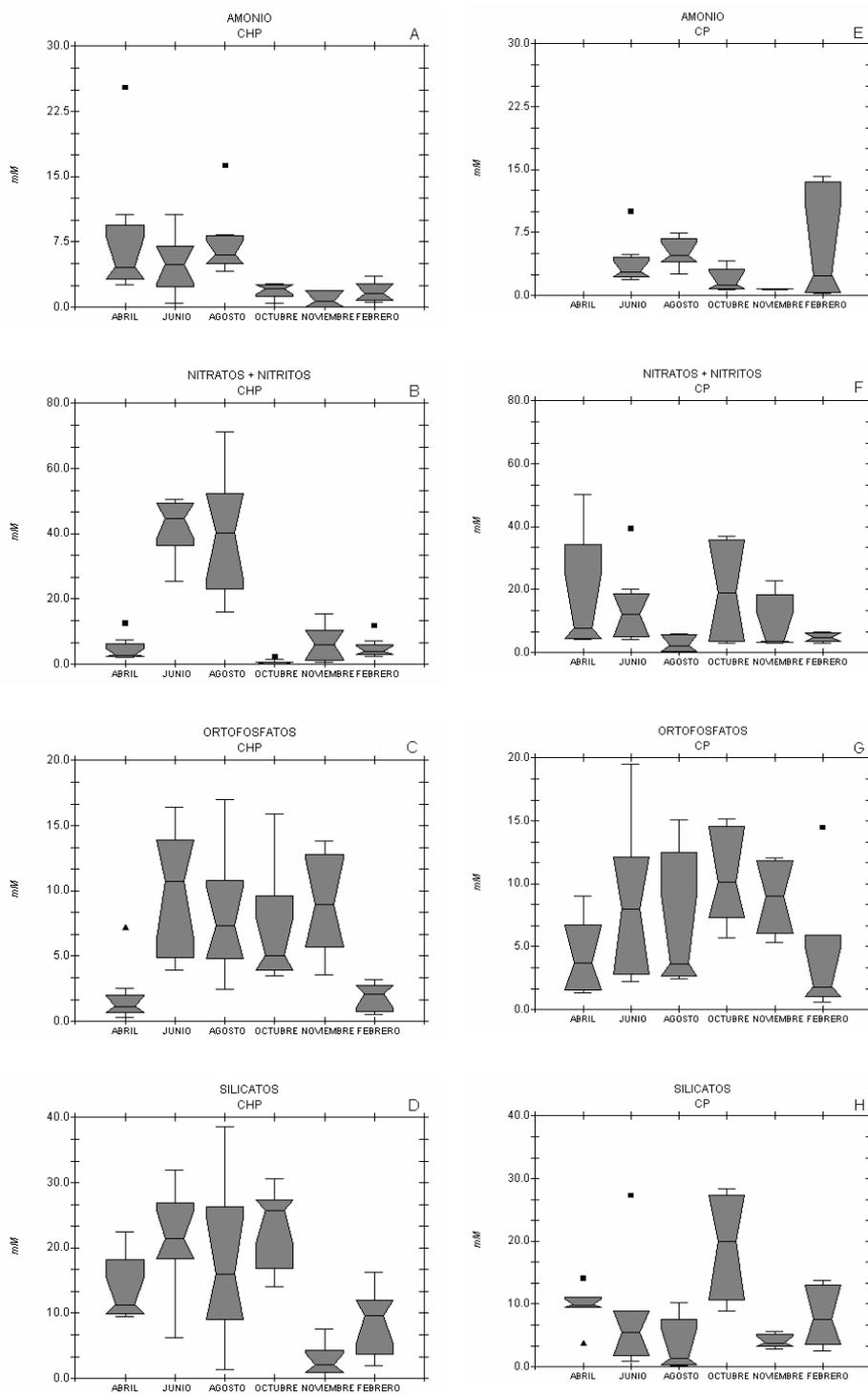


Fig. 6. Variación temporal del A, E) Amonio; B, F) Nitratos más Nitritos; C, G) Ortofosfatos y D, H) Silicatos en Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP) a través de los meses de muestreo.

La relación N:P mostró su valor máximo durante abril en ambos sistemas (12.84 y 3.40 respectivamente) y el mínimo en octubre (0.41) para CHP y febrero en CP (0.26) con una mediana durante el periodo de estudio de 3.41 en CHP y 0.26 en CP; por su parte, la relación Si:P presentó un valor anual de 3.22 con un máximo durante abril en CHP (20.05) al mismo tiempo que en CP el valor anual fue similar (4.97) con un máximo en octubre (10.01), mientras que en noviembre y agosto se registraron los valores mínimos para cada sistema (0.25 y 1.41). Por último, la relación Si:N mostró en CHP un máximo durante noviembre (75.54) y un mínimo en agosto (0.01) con una mediana anual de 0.71 similar a la de CP (0.65), el intervalo fue de 0.03 en agosto a 8.58 en octubre.

Los resultados anteriores, sugieren que durante el periodo de estudio los sistemas CHP y CP estuvieron limitados principalmente por Nitrógeno.

### Parámetros biológicos

La concentración de la clorofila *a* total y nanoplanctónica no mostró diferencias significativas durante el ciclo ( $p>0.05$ ), sin embargo, si se registraron diferencias entre sistemas (Tabla 3). El valor máximo de la clorofila total se registró durante noviembre ( $16.64 \text{ mg m}^{-3}$ ) en CHP y durante junio en CP ( $36.02 \text{ mg m}^{-3}$ , Fig. 7A, D). Este incremento, puede deberse al aumento en la concentración de nutrientes derivado de los escurrimientos durante lluvias, ya que se observó una correlación negativa entre la salinidad y el nitrógeno total ( $r=-0.30$ ,  $p<0.05$ ) lo que sugiere asimilación por parte del fitoplancton.

El índice trófico (IT) en CHP se incrementó paulatinamente pasando de características  $\alpha$ -mesotróficas durante junio a  $\beta$ -mesotróficas en noviembre y en CP disminuyó de  $\alpha$ -eutrófico a  $\beta$ -mesotrófico de junio a octubre respectivamente, sin mostrar diferencias temporales entre ambos sistemas (Fig. 7B, E).

La fracción nanoplanctónica de clorofila *a* en CHP, registró su máxima concentración durante el mes de febrero con una mínima en octubre ( $18.78$  y  $0.91 \text{ mg m}^{-3}$  respectivamente) mientras que en CP el valor mínimo se registró también durante octubre ( $11.56 \text{ mg m}^{-3}$ ) y el máximo en junio ( $75.95 \text{ mg m}^{-3}$ ).

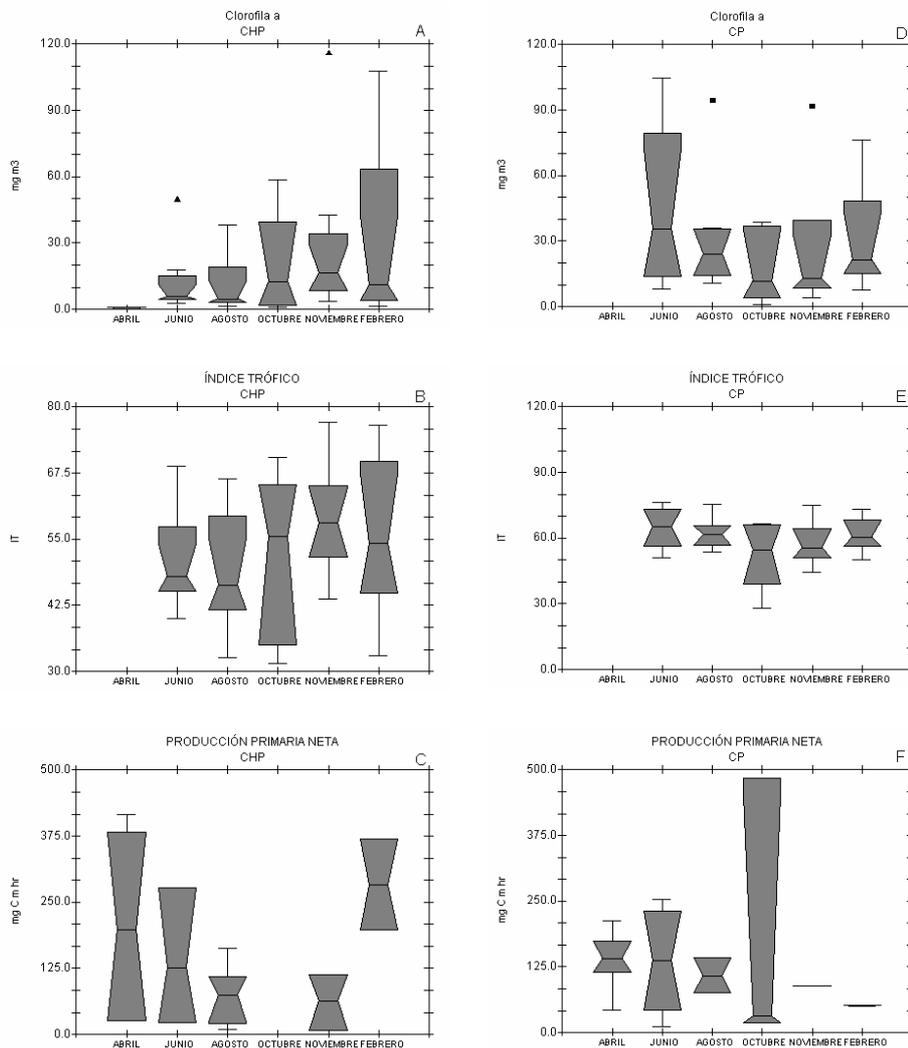


Fig. 7. Variación temporal de la A, D) clorofila a ( $\text{mg m}^{-3}$ ); B, E) índice trófico (IT) y C, F) Producción Primaria Neta ( $\text{mg C m}^{-3} \text{h}^{-1}$ ) en Chantuto-Panzacola (A) y Carretas-Pereyra (B) a través de los meses de muestreo.

La producción primaria neta tampoco mostró diferencias significativas entre los meses de muestreo; en CHP la concentración máxima se presentó durante abril ( $164.4 \text{ mg C m}^{-3} \text{hr}^{-1}$ ) y la mínima durante noviembre ( $65.16 \text{ mg C m}^{-3} \text{hr}^{-1}$ ); en CP el intervalo fue de  $142.00$  y  $32.05 \text{ mg C m}^{-3} \text{hr}^{-1}$  durante abril y octubre respectivamente

(Fig. 7C, F). La producción primaria neta mostró un patrón inverso ( $r = -0.50$   $p < 0.05$ ) con relación a los nitritos, sugiriendo su asimilación por parte del fitoplancton.

#### Tiempo de Residencia

Debido a la falta de información de descarga de ríos para varios meses durante el periodo de estudio en ambos sistemas, resultó difícil calcular el tiempo de residencia (específicamente para la época de secas), sin embargo a partir de la información disponible en la base de datos para los sistemas de Chiapas del Laboratorio de Ecosistemas Costeros (LEC), se calculó el tiempo de residencia para un ciclo anual (1997) y se comparó con los datos parciales de este estudio.

El resultado mostró que el tiempo de residencia durante el ciclo de 1997 para CHP y los resultados durante este estudio para CHP y CP fueron muy similares (Tabla 4) y presentaron una gran variabilidad en su comportamiento.

Durante los meses de la época de secas (marzo-mayo) se registraron los máximos tiempos de residencia, con un promedio para la época de 26.03 días, en contraste, durante la época de lluvias (julio-noviembre) se registraron los mínimos tiempos de residencia (1.26 días) con un valor promedio para la época de 2.31 días.

Tabla 4. Tiempo de residencia (días) y descarga fluvial ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) en Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP).

	Tiempo de Residencia	Descarga de ríos	Referencia
CHP 1997			LEC*
Mzo-97	26.30	47.21	
Abr-97	37.38	1.29	
May 97	14.42	59.56	
Jul 97	8.82	247.77	
Oct 97	2.31	1507.76	
Nov 97	6.14	442.28	
Época de Secas	<b>26.03</b>	<b>108.05</b>	
Época de Lluvias	<b>5.75</b>	<b>2197.81</b>	
CHP 2002			Este estudio
Ago-02	3.05	414.30	
Sep-02	1.26	1364.63	
Oct-02	3.42	580.67	
CP 2002			Este estudio
Ago-02	1.97	109.00	
Sep-02	1.86	183.11	
Época de Lluvias	<b>2.31</b>	<b>2651.71</b>	

\*Laboratorio de Ecosistemas Costeros, datos no publicados

## VARIACIÓN ESPACIAL

El valor en el coeficiente de variación (CV%) en gran parte de los parámetros físico-químicos (Tabla 2), así como la presencia de numerosos casos extraordinarios durante los meses de muestreo, sugiere una alta heterogeneidad entre estaciones. Por lo anterior, se llevó a cabo un análisis cluster por mes de muestreo para ambos sistemas, con la finalidad de reconocer zonas de similar influencia las cuales sirvieron para delimitar ambientes.

## CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES

De acuerdo al análisis cluster ejecutado en cada mes de muestreo, se identificaron de manera general dos zonas características en cada sistema, las cuales fueron validadas mediante el análisis discriminante. Dichas zonas se modifican en extensión o magnitud a lo largo del año, lo que pone de manifiesto la marcada heterogeneidad espacial de las lagunas, así como el efecto de factores externos tales como el aporte marino, continental, y en general del clima.

### Chantuto-Panzacola

#### Temporada de Secas

Durante el mes de abril se *discriminaron* dos zonas características (Fig. 8A); la zona 1 incluyó cuatro estaciones de la zona sureste del sistema (estaciones 5-8) las cuales corresponden a los cuerpos lagunares de Panzacola y Cerritos, la zona 2 estuvo integrada por las estaciones 1-4 y 9-10, que corresponden a las lagunas Campon, Chantuto, Teculapa y la boca del sistema (Fig. 2B); dicha diferenciación

estuvo determinada principalmente por el porcentaje de profundidad del disco de Secchi ( $\%Z_{sd}$ ), la salinidad y el oxígeno disuelto, quienes estuvieron fuertemente correlacionados con la primer función discriminante (eje 1) que explicó el 100% de la variación total.

La salinidad, el porcentaje de profundidad del disco de Secchi ( $\%Z_{sd}$ ) y el oxígeno disuelto en la zona 1 fueron significativamente menores que los de la zona 2 (Fig. 9) al presentar una mediana de 31.9 ups, 41.4% de  $Z_{sd}$  y 2.50 ml l<sup>-1</sup> (59% saturación) respectivamente, mientras que la temperatura no mostró diferencias significativas entre ambas zonas (mediana de 33.3° C en c/u).

Las concentraciones de nutrientes no presentaron diferencias significativas entre las zonas a excepción de los  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$  (Fig. 9), sin embargo, la zona 1 fue la que manifestó una mayor variabilidad en las concentraciones de amonio (representando más del 60% del N total), nitritos y ortofosfatos, y en la zona 2 los nitratos y silicatos mostraron la mayor variabilidad.

La mediana de N:P en la zona 1 (Fig. 9) fue significativamente mayor que en la zona 2 (24.9 y 7.12 respectivamente) así como la relación Si:P (14.08 y 8.21), mientras que la relación Si:N fue ligeramente más alta en la zona 2 que en la 1 (1.25, 0.48 respectivamente), esto sugiere que esta última zona, al parecer, está más limitada por P (fósforo) que la otra, la cual se encuentra limitada por nitrógeno.

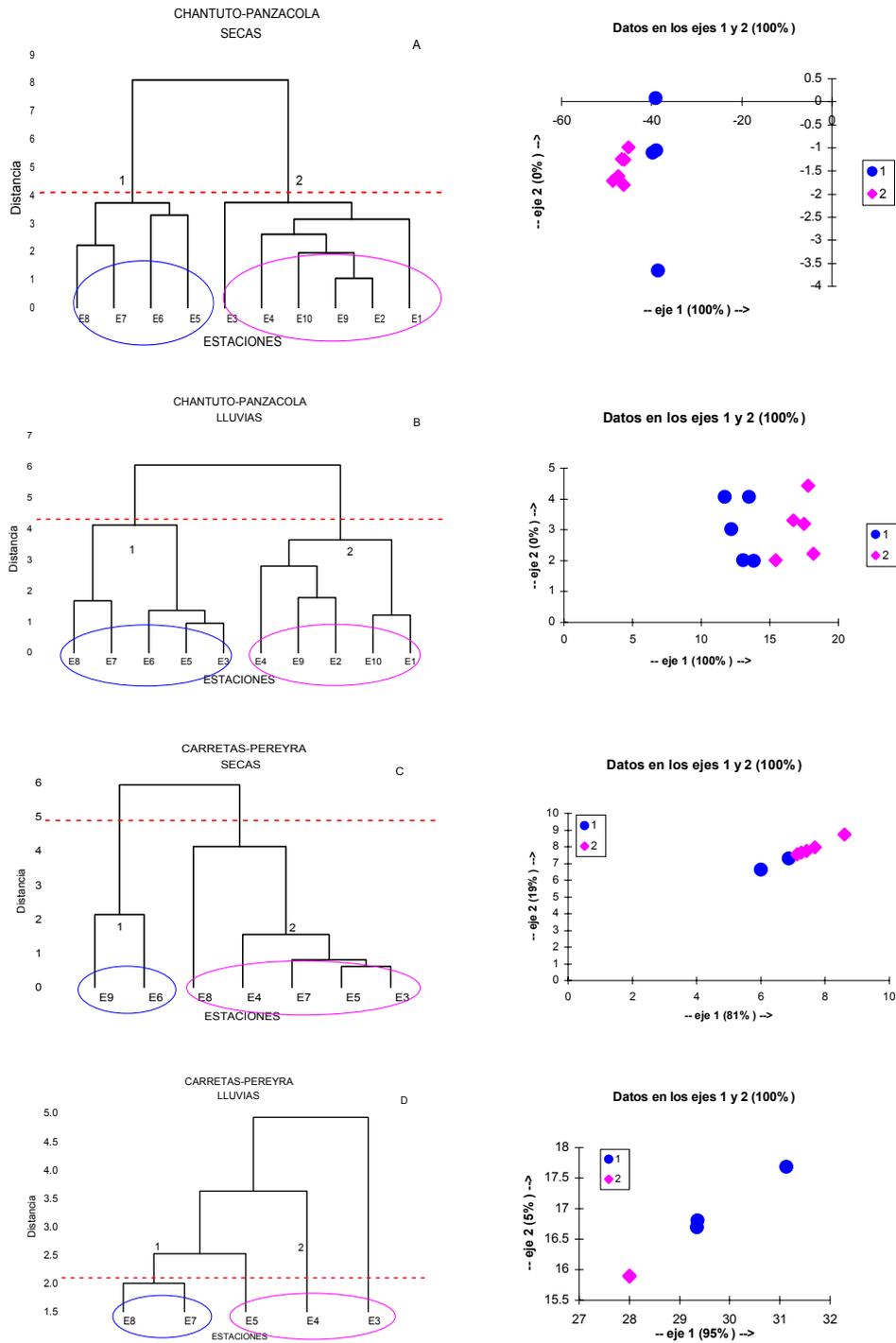


Fig. 8. Dendrograma que muestra la regionalización durante los meses de Abril, y Octubre en Chantuto-Panzacola (A; B) y Carretas-Pereyra (C; D) y su validación mediante el análisis discriminante ( $\lambda$ Wlks 0.05,  $p < 0.05$ )

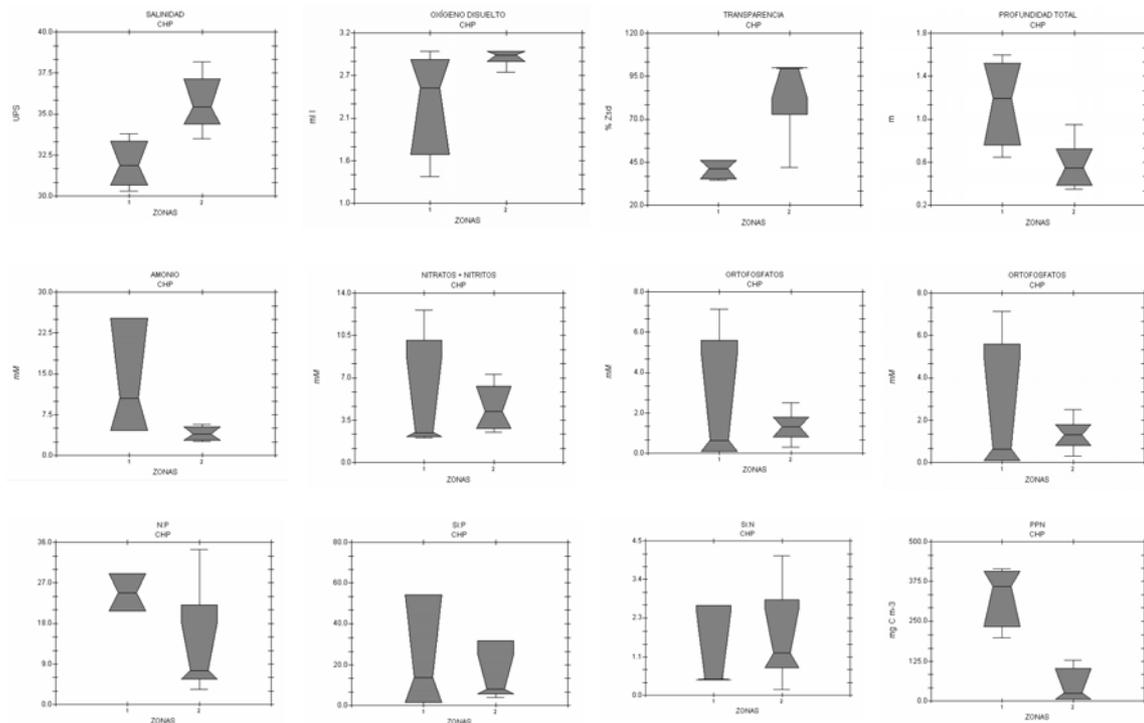


Fig. 9. Caracterización de ambientes durante secas en Chantuto-Panzacola.

### Temporada de llluvias

Durante octubre el 100% de la variación total fue explicada por el porcentaje de profundidad del disco de Secchi ( $\%Z_{sd}$ ) y la salinidad quienes determinaron (Fig. 8B) la formación de dos zonas, la primera (zona 1) se conformó por las estaciones 3, 5-8 de las lagunas Campon, Panzacola y Cerritos mientras que la segunda la conformaron las estaciones de las lagunas Teculapa, Campón, Chantuto y la boca del sistema (estaciones 1-2, 9-10); el porcentaje de profundidad del disco de Secchi ( $\%Z_{sd}$ ), la salinidad y la profundidad total fueron significativamente menores en

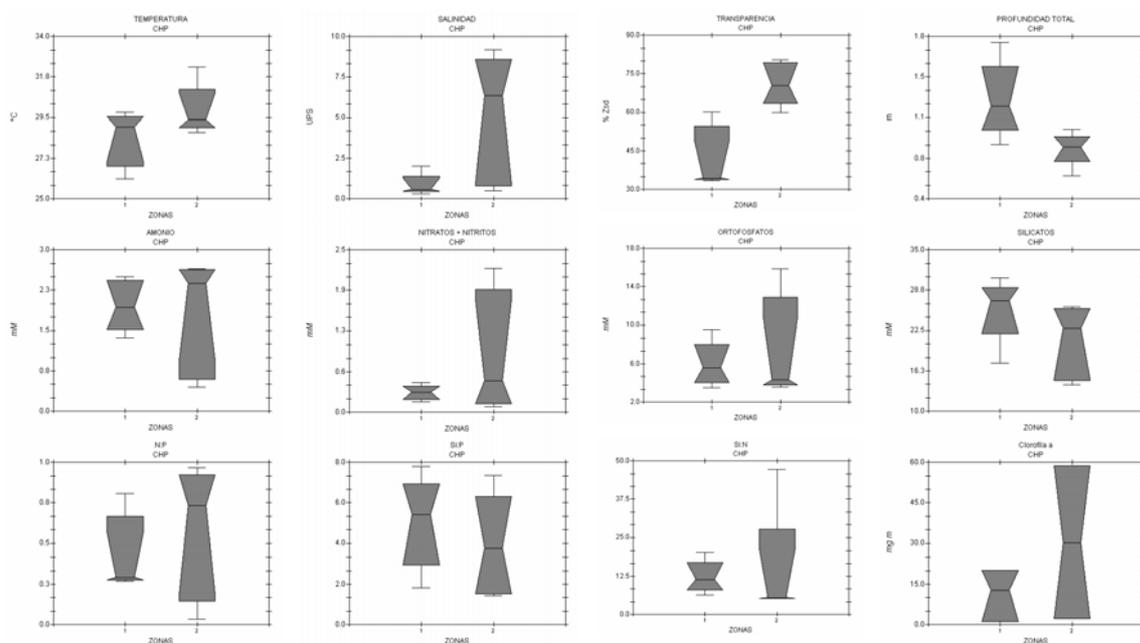


Fig. 10. Caracterización de ambientes durante lluvias en Chantuto-Panzacola.

la zona 1 (Fig. 10) la cual se puede definir como un ambiente dulceacuícola de características  $\lambda$ -oligotróficas, en donde el oxígeno disuelto fue bajo (mediana 1.23  $\text{ml l}^{-1}$ , 22% de saturación).

El nutriente más representativo fue el amonio el cual constituyó casi el 90% del N total, sin mostrar diferencias entre las zonas. En contraste, los nitratos más nitritos y los ortofosfatos presentaron mayor variabilidad en la zona 2 (Fig. 10) alcanzando sus valores máximos en esta zona, mientras que los silicatos presentaron las concentraciones más altas en la zona 1 (mediana 26.49  $\mu\text{M}$ ).

Las relaciones estequiométricas Si:P y Si:N presentaron una mediana mayor en la zona 1 (5.44 y 11.54 respectivamente), mientras que la relación N:P fue mayor en la zona 2 (0.73), indicando que en ambas zonas existe una posible limitación por nitrógeno.

La clorofila *a* mostró una variabilidad mayor en la zona 2 (Fig. 10) presentando una mediana en su concentración de 30.41 mg m<sup>-3</sup> por solo 12.80 mg m<sup>-3</sup> en la zona 1. Por su parte, el índice trófico mostró condiciones β-mesotróficas en ambas zonas.

#### Carretas-Pereyra

##### Temporada de secas

Durante cada época en Carretas-Pereyra se identificaron dos zonas características bien delimitadas (Fig. 8 C-D); en abril (secas) la agrupación estuvo determinada principalmente por la temperatura, la salinidad y el porcentaje de profundidad del disco de Secchi (%Z<sub>sd</sub>) en un 81%, los cuales estuvieron correlacionados con la primera función discriminante.

La primera zona agrupó solo a las estaciones 9 y 6 las cuales son las estaciones de la boca del sistema y un canal adyacente a ésta (Fig. 2A), la segunda zona agrupó a las estaciones 3-5 (Bobo-Carretas) y 7-8 (Pereyra); ambas zonas se caracterizaron

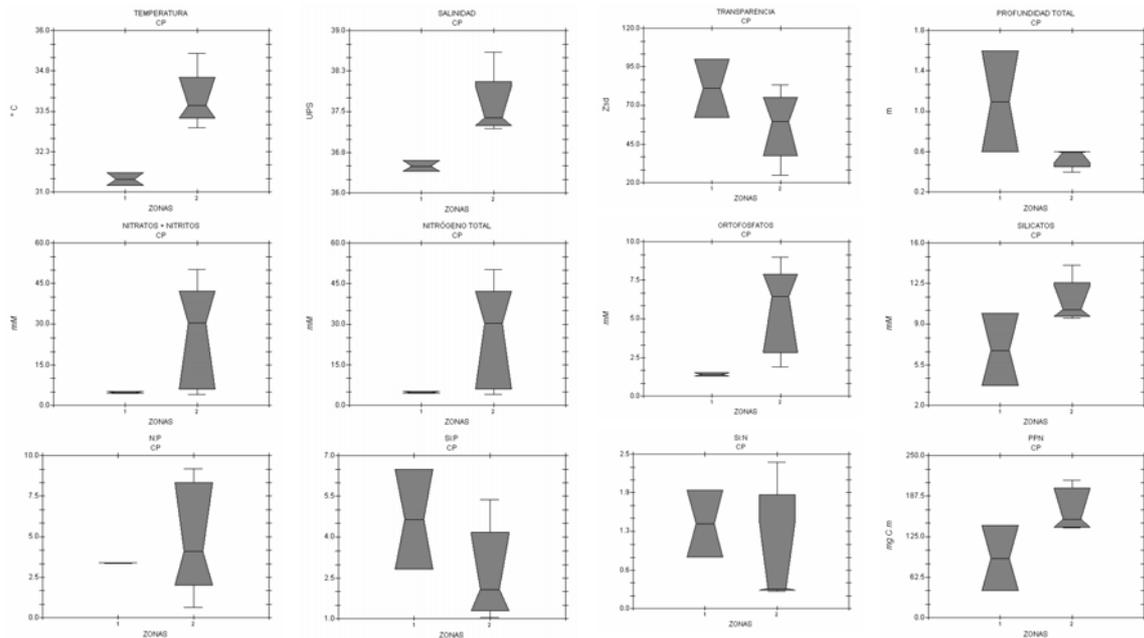


Fig. 11. Caracterización de ambientes durante secas en Carretas-Pereyra.

como ambientes euhalinos (mediana > 35 ups) con altas temperaturas (>31° C), en donde el porcentaje de profundidad del disco de Secchi (%Z<sub>sd</sub>) y la profundidad (Fig. 11) fueron significativamente mayores en la zona 1 (81.25% y 1.10 m respectivamente)

Los nutrientes presentaron sus máximas concentraciones en la zona 2 (Fig. 11) (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub> mediana 30.4 µM de los cuales los nitratos aportan el 96% del N total; PO<sub>4</sub> 6.46 µM y SiO<sub>2</sub> 10.27 µM)

La relación N:P fue similar entre las zonas (3.39 zona 1 y 4.11 zona 2) al igual que la relación Si:N (0.32 y 1.38), mientras que la relación Si:P fue ligeramente mayor en la zona 1 que en la 2 (4.67 y 2.09 respectivamente).

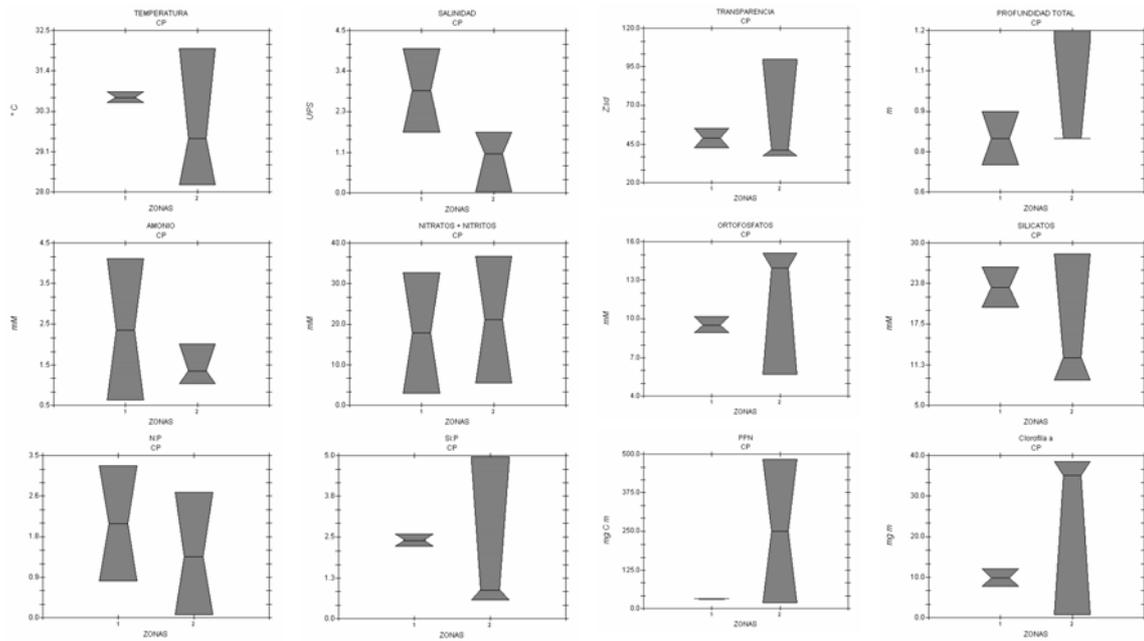


Fig. 12. Caracterización de ambientes durante lluvias en Carretas-Pereyra.

Estos resultados sugieren que en la zona 1, la de mayor influencia marina, existe una limitación de N mientras que la zona 2 se encuentra limitada por los silicatos.

#### Temporada de lluvias

En Octubre, se discriminaron 2 zonas (Fig. 8D) explicadas en un 95% por la profundidad del disco de Secchi ( $Z_{sd}$ ) y la temperatura, quienes se correlacionaron positivamente con la primer función discriminante.

La zona 1 correspondió a la laguna de Pereyra (estaciones 7-8) mientras que la segunda zona correspondió a las lagunas de Pereyra y Bobo (estaciones 3-5); durante este mes ningún parámetro mostró diferencias significativas entre las zonas, sin embargo la temperatura, el porcentaje de profundidad del disco de Secchi ( $\%Z_{sd}$ ) y la profundidad total, mostraron mayor variabilidad en la zona 2 (Fig. 12), mientras que la salinidad fue mayor en la zona 1 (mediana de 2.85 ups).

Los nutrientes se comportaron de forma similar, los nitratos (mediana de 21.08  $\mu\text{M}$ ), ortofosfatos (14  $\mu\text{M}$ ) y silicatos (12.44  $\mu\text{M}$ ) mostraron mayor variabilidad en la zona 2 mientras que el amonio en la zona 1 (2.37  $\mu\text{M}$ ); el índice N:P fue ligeramente mayor en la zona 1 al igual que la relación Si:P (2.41) mientras que la relación Si:N mostró un valor mayor en la zona 2 (Fig. 12), estos resultados sugieren que en ambas zonas existe una limitación de nitrógeno.

Los parámetros biológicos como la clorofila *a* y la producción primaria neta, también fueron mucho más variables en la zona 2 (medianas de 35.18  $\text{mg m}^{-3}$  y 251.26  $\text{mg C m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$  respectivamente) mientras que el índice trófico mostró condiciones  $\beta$ -mesotróficas en la zona 1 y  $\alpha$ -eutróficas en la zona 2

## FITOPLANCTON

### Composición

El estudio de los taxa presentes muestra una composición para las dos épocas, de 72 taxa en el sistema CHP y 71 en CP (Tabla 5) de los cuales más del 60% estuvo representado por las diatomeas en ambos sistemas, es decir, 36 y 39 géneros respectivamente; 10% correspondió a los dinoflagelados repartidos en 5 géneros; 3% a las euglenofitas, 3% a las cianofitas representadas por 4 y 3 géneros respectivamente, 16 y 12% a las clorofitas quienes presentaron la presencia de 10 géneros y por último los silicoflagelados, representados únicamente por un género el cual comprendió el 1% del total (Fig. 13).

Durante la época de secas en CHP de los 47 taxa registrados, de acuerdo con el resultado del diagrama de Olmstead y Tukey (O-T) 25 se presentaron como dominantes, al mostrar densidades mayores a  $4.6 \times 10^3$  cel/l<sup>-1</sup> y una frecuencia de aparición de más del 40% (Fig. 14A), siendo la mayoría diatomeas y un dinoflagelado y un silicoflagelado. Los taxa más abundantes (con densidades  $>1.2 \times 10^4$  cel/l<sup>-1</sup>) fueron *Entomoneis alata*, *Protoperidinium conicum* y *Surirella fastuosa*, mientras que *Gyrosigma* sp., *Nitzschia* sp. 2 y *Pinnularia* sp. fueron los más frecuentes (>80%).

Tabla 5. Listado de especies

CHANTUTO-PANZACOLA	SECAS			LLUVIAS						
	Especies	CLAVE	OT	Cel l <sup>-1</sup>	ZIM	ZID	OT	Cel l <sup>-1</sup>	ZIM	ZID
<i>Achnantes</i> sp.	<i>Ach</i> sp.	D	4.68E+03				-	-		
<i>Actinoptychus aster</i> Brun in Schmidt	<i>Acti ast</i>	C	2.17E+03				-	-		
<i>Actinocyclus</i> sp. 1	<i>Act</i> sp. 1	C	1.00E+03				-	-		
<i>Actinocyclus</i> sp. 2	<i>Act</i> sp. 2	R	1.67E+02				-	-		
<i>Amphora macilenta</i> Gregory	<i>Amp mac</i>	D	7.35E+03				-	-		
<i>Amphora</i> sp. 1	<i>Amp</i> sp.1	O	1.00E+04				-	-		
<i>Amphiprora</i> sp.	<i>Amph</i> sp.1	D	3.84E+03				-	-		
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	<i>Aul gran</i>	C	2.51E+03				-	-		
<i>Caloneis permagma</i> (Bailey) Cleve	<i>Cal per</i>	D	7.19E+03				-	-		
<i>Calyptrella robusta</i> Hernández-Becerril y Meave del Castillo	<i>Cal rob</i>	R	1.00E+03				-	-		
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby	<i>Cer pel</i>	D	3.34E+03				O	7.60E+02		
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	<i>Chae</i> sp. 1	-	-				O	7.60E+02		
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	<i>Chae</i> sp. 2	-	-				R	5.70E+02		
<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Coc</i> sp.	R	8.36E+02				-	-		
<i>Coscinodiscus argus</i> Ehrenberg	<i>Cos arg</i>	D	6.18E+03				-	-		
<i>Coscinodiscus concinnus</i> Ehrenberg	<i>Cos con</i>	D	3.68E+03				-	-		
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	<i>Cos gran</i>	D	5.18E+03				-	-		
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	<i>Cos rad</i>	D	5.85E+03				D	1.33E+03		
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyc</i> sp.	D	4.01E+03				D	3.18E+03		
<i>Diploneis</i> sp.	<i>Dip</i> sp.	O	6.68E+03				-	-		
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow in Van Heurck	<i>Dit bri</i>	O	3.34E+03				R	1.90E+02		
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg)	<i>Ent ala</i>	D	1.85E+04				-	-		
<i>Fallacia</i> sp.	<i>Fall</i> sp.	R	3.34E+02				-	-		
<i>Gomphonema</i> sp.	<i>Gomp</i> sp.	R	2.01E+03				-	-		
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye)	<i>Gram mar</i>	R	1.67E+02				-	-		
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H. Peragallo	<i>Gui flac</i>	R	1.00E+03				-	-		
<i>Gyrosigma</i> sp.	<i>Gyro</i> sp	D	7.02E+03				R	1.90E+02		
<i>Lauderia annulata</i> Cleve	<i>Lau ann</i>	-	-				R	3.80E+02		
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	<i>Lep dan</i>	D	7.02E+03				R	1.90E+02		
<i>Lithodesmion undulatum</i> Ehrenberg	<i>Lith und</i>	-	-				R	3.80E+02		
<i>Lyrella</i> sp.	<i>Lyr</i> sp.	D	4.85E+03				-	-		
<i>Mastogloia</i> sp.	<i>Mast</i> sp.	D	3.51E+03				-	-		
<i>Melosira nummuloides</i> C. A. Agardh	<i>Mel num</i>	D	5.85E+03				-	-		
<i>Navicula directa</i> W. Smith	<i>Nav dir</i>	D	9.69E+03				-	-		
<i>Navicula</i> sp.	<i>Nav</i> sp.	D	9.19E+03				O	1.03E+03		
<i>Nitzschia</i> sp. 1	<i>Nitz</i> sp. 1	D	5.51E+03				-	-		
<i>Nitzschia</i> sp. 2	<i>Nitz</i> sp. 2	D	5.85E+03				R	1.90E+02		
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	<i>Odon mob</i>	R	8.36E+02				R	1.90E+02		
<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen	<i>Odon reg</i>	-	-				R	1.90E+02		
<i>Pinnularia</i> sp.	<i>Pinn</i> sp.	D	6.85E+03				R	2.94E+02		
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schutt	<i>Plan sol</i>	C	3.34E+02				-	-		
<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey f. <i>hebetata</i>	<i>Rhiz heb</i>	-	-				O	9.49E+02		
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	<i>Skel cos</i>	D	6.18E+03				O	3.80E+03		
<i>Suirella fastuosa</i> Ehrenberg var. <i>fastuosa</i>	<i>Sur fas 2</i>	D	1.25E+04				R	1.90E+02		
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	<i>Tric fav</i>	R	1.67E+02				R	1.90E+02		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	<i>Dict fib</i>	D	5.01E+02				O	1.90E+02		
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrensberg) Dujardin	<i>Cer fus</i>	R	2.34E+03				-	-		
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	<i>Dino cau</i>	R	1.67E+02				-	-		
<i>Prorocentrum gracile</i> Schutt	<i>Pror gra</i>	R	5.01E+02				-	-		
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	<i>Pror mic</i>	R	1.67E+03				-	-		
<i>Protoperidinium</i> sp.	<i>Prot</i> sp.	O	3.34E+03				-	-		
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	<i>Prot con</i>	D	1.59E+04				-	-		
<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich	<i>Scrip tro</i>	O	5.51E+03				-	-		
<i>Anabaena</i> sp.	<i>Ana</i> sp.	-	-				D	7.32E+03		
<i>Merismopedia</i> sp.	<i>Mer</i> sp.	-	-				R	5.70E+02		
<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Osc</i> sp.	-	-				D	2.47E+03		
<i>Spirulina</i> sp.	<i>Spi</i> sp.	-	-				D	9.49E+02		
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	<i>Ank</i> sp.	-	-				O	1.71E+03		
<i>Arthrodesmus</i> sp.	<i>Art</i> sp.	-	-				D	1.90E+03		
Clorofita Chorococcal	<i>Clo Chor</i>	-	-				O	1.14E+03		
<i>Closterium</i> sp. 1	<i>Clos</i> sp. 1	-	-				D	1.05E+04		
<i>Closterium</i> sp. 2	<i>Clos</i> sp. 2	-	-				D	3.04E+03		
<i>Cosmarium</i> sp.	<i>Cos</i> sp.	-	-				O	1.14E+03		
<i>Eudorina</i> sp.	<i>Eud</i> sp.	-	-				D	2.09E+03		
<i>Pandorina</i> sp.	<i>Pand</i> sp.	-	-				R	1.90E+02		
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	<i>Ped dup</i>	-	-				R	1.90E+02		
<i>Scenedesmus</i> sp.	<i>Sce</i> sp.	-	-				R	1.90E+02		
<i>Tetraspora</i> sp.	<i>Tet</i> sp.	-	-				R	5.70E+02		
<i>Euglena</i> sp.	<i>Eug</i> sp.	-	-				D	7.97E+03		
<i>Phacus</i> sp.	<i>Pha</i> sp.	-	-				D	4.77E+03		
<i>Trachelomonas</i> sp. 1	<i>Trach</i> sp. 1	-	-				D	2.57E+03		

Fitoplancton en dos lagunas costeras de Chiapas

CARETAS-PEREYRA	SECAS			LLUVIAS						
	Especies	CLAVE	OT	Cel l <sup>-1</sup>	ZIM	ZID	OT	Cel l <sup>-1</sup>	ZIM	ZID
<i>Achnantes</i> sp.	<i>Ach</i> sp.	R	3.37E+02				-	-		
<i>Actinoptychus aster</i> Brun in Schmidt	<i>Acti ast</i>	R	1.90E+02				-	-		
<i>Actinocyclus</i> sp 2	<i>Act</i> sp. 2	R	1.14E+03				-	-		
<i>Amphora</i> sp.	<i>Amp</i> sp.1	D	3.05E+03				-	-		
<i>Bacteriastrum</i> sp.	<i>Bac</i> sp.	R	3.80E+02				-	-		
<i>Caloneis permagma</i> (Bailey) Cleve	<i>Cal per</i>	D	1.45E+03				-	-		
<i>Calyptrella robusta</i> Hernández-Becerril y Meave del Castillo	<i>Cal rob</i>	O	1.52E+03				-	-		
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	<i>Cer pel</i>	R	1.47E+02				-	-		
<i>Chaetoceros</i> sp.1	<i>Chae</i> sp. 1	R	1.47E+02				-	-		
<i>Coscinodiscus bouvet</i> Karsten	<i>Cos bou</i>	R	2.94E+02				-	-		
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	<i>Cos gran</i>	R	2.94E+02			O	9.49E+02			
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	<i>Cos rad</i>	D	1.07E+04				-	-		
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Cos</i> sp.	O	1.30E+04				-	-		
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyc</i> sp.	D	3.20E+03			R	5.88E+02			
<i>Detonula</i> sp.	<i>Det</i> sp.	R	1.14E+03			R	1.90E+02			
<i>Diploneis</i> sp.	<i>Dip</i> sp.	R	1.47E+02				-	-		
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow in Van Heurck	<i>Dit bri</i>	R	5.70E+02			C	5.70E+02			
<i>Entonogramma</i> sp.	<i>Ento</i> sp.	R	1.90E+02				-	-		
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg)	<i>Ent ala</i>	O	7.67E+03				-	-		
<i>Fragillaria</i> sp.	<i>Frag</i> sp.	-	-			C	5.70E+02			
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye)	<i>Gram mar</i>	R	2.94E+02				-	-		
<i>Gyrosigma</i> sp.	<i>Gyro</i> sp	D	5.50E+03			D	2.58E+03			
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	<i>Hem mem</i>	R	1.47E+02			R	1.90E+02			
<i>Lauderia annulata</i> Cleve	<i>Lau ann</i>	R	2.94E+02				-	-		
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	<i>Lep dan</i>	R	9.49E+02			R	1.90E+02			
<i>Lithodesmiun undulatum</i> Ehrenberg	<i>Lith und</i>	-	-			R	3.80E+02			
<i>Lyrella</i> sp.	<i>Lyr</i> sp.	C	8.64E+02				-	-		
<i>Melosira nummuloides</i> C. A. Agardh	<i>Mel num</i>	-	-			R	5.70E+02			
<i>Navicula directa</i> W. Smith	<i>Nav dir</i>	D	1.94E+04			O	2.21E+03			
<i>Navicula</i> sp.	<i>Nav</i> sp.	-	-			R	1.47E+02			
<i>Nitzschia</i> sp. 2	<i>Nitz</i> sp. 2	D	1.94E+03			R	1.47E+02			
<i>Odontella mobillensis</i> (Bailey) Grunow	<i>Odon mob</i>	R	5.70E+02			R	1.90E+02			
<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen	<i>Odon reg</i>	-	-			R	1.90E+02			
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schutt	<i>Plan sol</i>	R	3.80E+02				-	-		
<i>Pleurosigma</i> sp.	<i>Ple</i> sp.	D	2.66E+03				-	-		
<i>Pseudosolenia calcal-avis</i> (Schultze) Sundstrom	<i>Pse cal</i>	C	1.16E+03			R	1.90E+02			
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell	<i>Rhiz imb</i>	D	1.70E+03				-	-		
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	<i>Skel cos</i>	D	4.76E+03			R	3.80E+02			
<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville y Arntott) Ralfs in Pritchard	<i>Ste tur</i>	-	-			R	1.90E+02			
<i>Surirella fastuosa</i> var. <i>recedens</i> (Schmidt in Schmidt et al.)	<i>Sur fas 1</i>	O	2.87E+03				-	-		
<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenberg var. <i>fastuosa</i>	<i>Sur fas 2</i>	O	4.32E+03			O	1.33E+03			
<i>Tabellaria</i> sp.	<i>Tab</i> sp.	R	7.35E+02				-	-		
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Hustedt var. <i>nitzschioides</i>	<i>Thal nitz</i>	-	-			R	1.47E+02			
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	<i>Tric fav</i>	R	3.80E+02				-	-		
<i>Diatomea Centrica</i> (Thalass)	<i>Dia cen</i>	O	2.21E+03			D	3.47E+04			
<i>Diatomea penal</i>	<i>Dia pen</i>	R	9.49E+02				-	-		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	<i>Dict fib</i>	D	1.73E+03			O	1.90E+02			
<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jorgensen	<i>Cer fal</i>	C	8.64E+02				-	-		
<i>Ceratium furca</i> var. <i>hircus</i> (Schroder) Margalef ex Sournia	<i>Cer fur</i>	D	1.24E+03				-	-		
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	<i>Dino cau</i>	R	1.90E+02				-	-		
<i>Prorocentrum gracile</i> Schutt	<i>Pror gra</i>	D	3.08E+03				-	-		
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	<i>Pror mic</i>	O	7.60E+02				-	-		
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	<i>Prot con</i>	D	2.83E+04				-	-		
<i>Protoperidinium</i> sp. 1	<i>Prot</i> sp. 1	D	9.30E+03				-	-		
<i>Protoperidinium</i> sp. 2	<i>Prot</i> sp. 2	O	3.80E+03				-	-		
<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich	<i>Scrip tro</i>	D	1.12E+04				-	-		
<i>Anabaena</i> sp.	<i>Ana</i> sp.	-	-			D	9.25E+02			
<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Osc</i> sp.	-	-			D	1.66E+03			
<i>Clorofita Chorococcal</i>	<i>Clo Chor</i>	-	-			D	1.66E+03			
<i>Closterium</i> sp. 1	<i>Clos</i> sp. 1	-	-			D	2.06E+03			
<i>Closterium</i> sp. 2	<i>Clos</i> sp. 2	-	-			D	4.41E+02			
<i>Cosmarium</i> sp.	<i>Cos</i> sp.	-	-			O	1.62E+03			
<i>Eudorina</i> sp.	<i>Eud</i> sp.	-	-			D	2.92E+03			
<i>Pandorina</i> sp.	<i>Pand</i> sp.	-	-			D	2.10E+03			
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	<i>Ped dup</i>	-	-			D	6.74E+02			
<i>Scenedesmus</i> sp.	<i>Sce</i> sp.	-	-			D	3.37E+02			
<i>Euglena</i> sp.	<i>Eug</i> sp.	-	-			D	1.62E+03			
<i>Phacus</i> sp.	<i>Pha</i> sp.	-	-			D	1.45E+03			
<i>Trachelomonas</i> sp. 1	<i>Trach</i> sp. 1	-	-			O	2.94E+02			

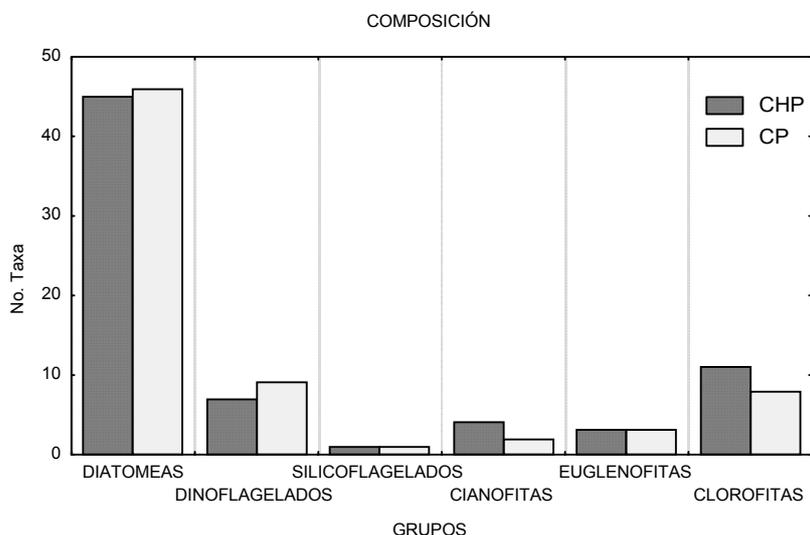


Fig. 13. Composición del fitoplancton por grupos en Chantuto-Panzacola (CHP) y Carretas-Pereyra (CP).

En CP el diagrama mostró que solo 16 especies fueron dominantes ( $>3.23 \times 10^3 \text{ cel/l}^{-1}$  y  $>35\%$  frecuencia), 3 constantes, 8 ocasionales y 22 raras (Fig. 13B) para un total de 49; de las primeras el silicoflagelado *Dictyocha fibula* y 5 dinoflagelados aparecen bajo esta categoría en la cual, *Protoberidinium conicum* de nueva cuenta aparece como la especie más abundante ( $2.83 \times 10^4 \text{ cel/l}^{-1}$ ) seguido de *Navicula directa* y *Coscinodiscus radiatus* quien también destaca como la más frecuente así como de los dinoflagelados *Protoberidinium sp. 1* y *Scrippsiella trochoidea*.

Durante octubre (lluvias) se presentó una sucesión de grupos en ambos sistemas (Tabla 2), registrándose la presencia de grupos de afinidad dulceacuícola como las

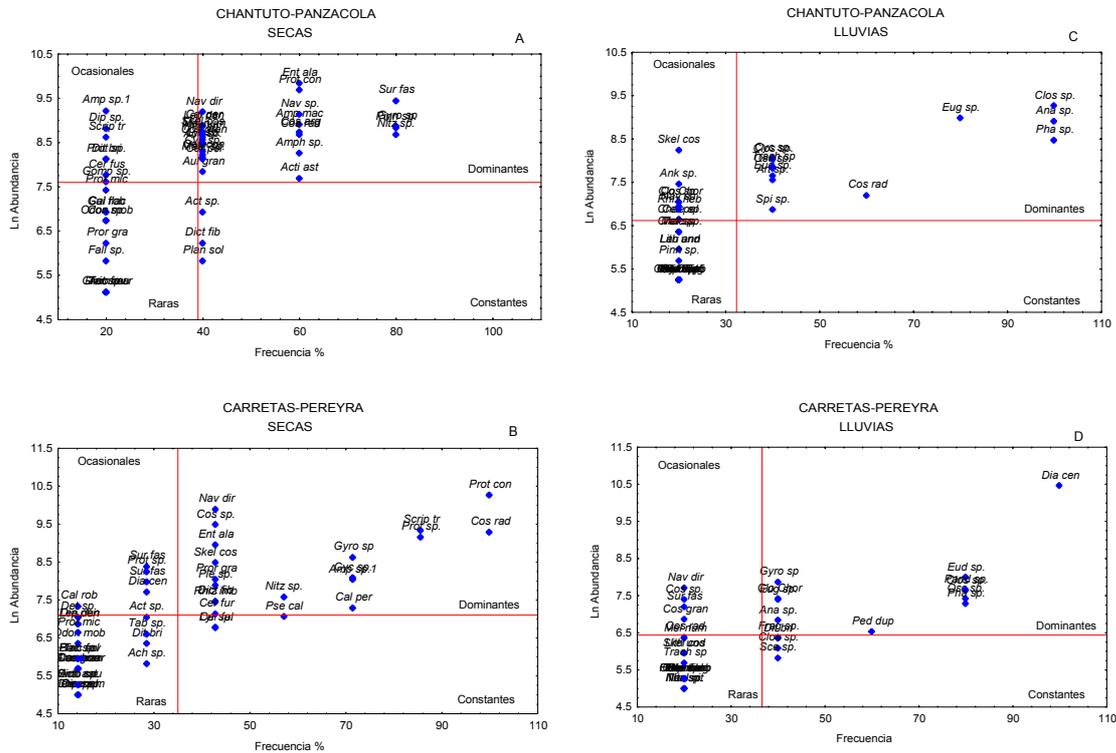


Fig. 14. Diagrama de Olmstead-Tukey (O-T) durante cada época en Chantuto-Panzacola (A secas, C lluvias) y Carretas-Pereyra (B secas, D lluvias).

clorofitas que representaron el 23% de la composición total, así como de las euglenofitas (13%) y cianofitas (10%), mientras que las diatomeas fueron de nueva cuenta el grupo dominante (54%).

En CHP se registró la presencia de 39 taxa, de los cuales 12 fueron dominantes al presentar densidades  $>1.69 \times 10^3 \text{ cell/l}^{-1}$  y una frecuencia  $>32\%$ , en donde *Closterium* sp., *Euglena* sp., *Anabaena* sp. y *Phacus* sp. fueron los más abundantes (Fig. 14 C); cabe destacar que dentro de este grupo únicamente las diatomeas *Cyclotella* sp. y

*Coscinodiscus radiatus* aparecieron en esta categoría a pesar de ser el grupo con el mayor número de taxa.

Una ordenación muy similar en el diagrama de O-T se presentó en CP, éste mostró que de los 35 taxa registrados durante la época, 13 fueron dominantes, 2 constantes, 6 ocasionales y 14 raras (Fig. 14D); la diatomea céntrica, *Eudorina* sp. y *Pandorina* sp. se presentaron como las más abundantes ( $>2.10 \times 10^3$  cel/l<sup>-1</sup>), mientras que las diatomeas *Dityllum brightwelli* y *Fragillaria* sp. se presentaron como constantes y mientras que el silicoflagelado *Dictyocha fibula* fue ocasional.

#### Distribución

El análisis de los taxa, reveló que la composición del fitoplancton en las lagunas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra responde a las variaciones de los parámetros físicos y químicos que caracterizan la variabilidad en cada época.

En CHP la distribución espacial mostró que, de acuerdo a la caracterización de ambientes generada previamente, las diatomeas constituyeron el grupo dominante en la zona 2 (Fig. 15A), destacando *Coscinodiscus radiatus*, *Gyrosigma* sp. y *Lyrella* sp. como las más abundantes (densidad  $>2.23 \times 10^3$  cel/l<sup>-1</sup>), los dinoflagelados mostraron una mayor variabilidad en la zona 1 ya que fue en esta zona en donde

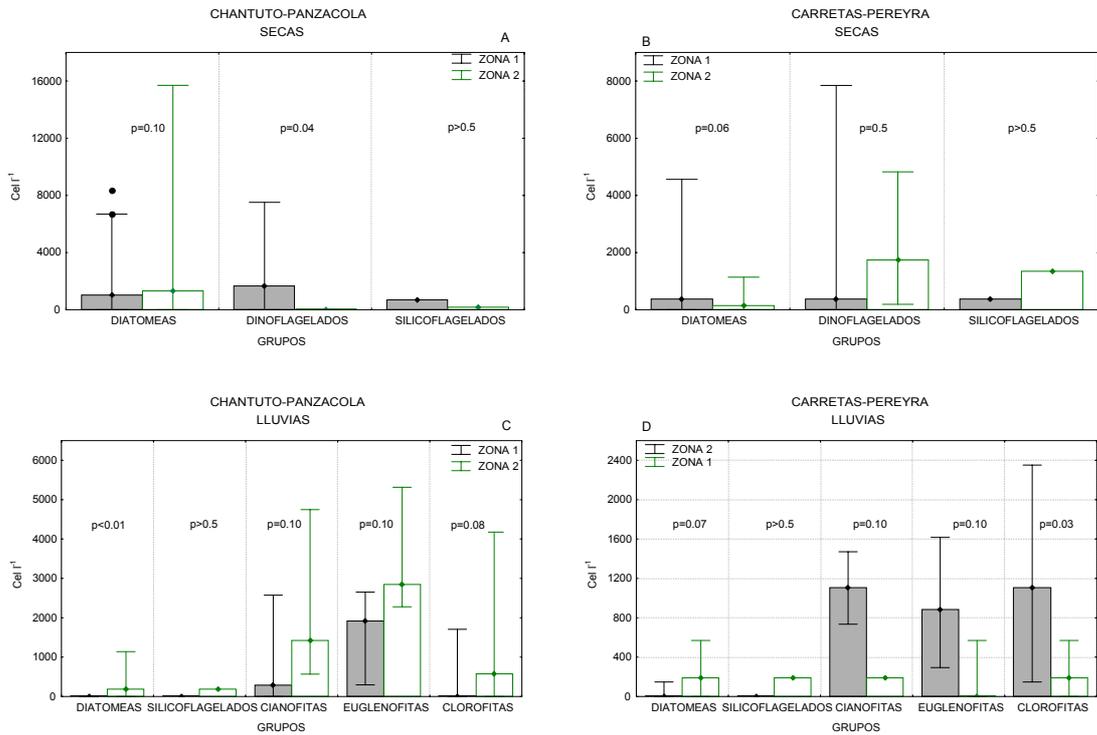


Fig. 15. Distribución de grupos fitoplanctónicos por zona durante cada época en los sistemas Chantuto-Panzacola (A secas; C lluvias) y Carretas-Pereyra (B secas, D lluvias). Las zonas corresponden a las estaciones asociadas en el análisis Cluster (Fig. 8)

se presentaron las 7 especies, mientras que *Protoperidinium conicum* se presentó en ambas zonas. Cabe destacar que las diatomeas *Caloneis permagma*, *Mastogloia* sp., *Dityllum brightwelli* y *Actinocyclus* sp.2 se presentaron exclusivamente en la zona 2 mientras que *Skeletonema costatum*, *Nitzschia* sp.1, *Diploneis* sp. y *Calyptrella robusta* se presentaron en la 1.

La distribución de los principales grupos fitoplanctónicos en CP mostró que las diatomeas fueron mucho más abundantes en la zona 1 mientras que los dinoflagelados presentaron mayor dominancia en la zona 2 (Fig. 15B), sin embargo cada zona presentó ciertas especies particulares, por ejemplo en la zona 1 se presentaron *Calyptrella robusta*, *Entomoneis alata*, y la diatomea céntrica no identificada mientras que *Navicula directa*, *Coscinodiscus* sp., *Surirella* spp. en la zona 2 respectivamente; al igual que el silicoflagelado *Dictyocha fibula*.

Durante lluvias, los 5 grupos fitoplanctónicos presentaron mayor variabilidad dentro de la zona 2 en CHP (Fig. 15C) la cual estuvo dominada en su mayoría por grupos dulceacuícolas (densidades  $>1.12 \times 10^3$  cel/l<sup>-1</sup>), las clorofitas *Closterium* spp., *Eudorina* sp., las euglenofitas *Euglena* sp. y *Phacus* sp., mientras que en la zona 1 dominaron la diatomea *Cyclotella* sp. y la clorofita *Closterium* sp. 1.

En CP solo las diatomeas presentaron mayor variabilidad en la zona 1 (Fig. 15D), mientras que el resto de los grupos la presentaron en la zona 2 en donde las cianofitas, euglenofitas y clorofitas fueron las más abundantes (densidades  $>1 \times 10^3$  cel/l<sup>-1</sup>), de estas *Oscillatoria* sp. y *Pandorina* sp. fueron las más constantes (100%).

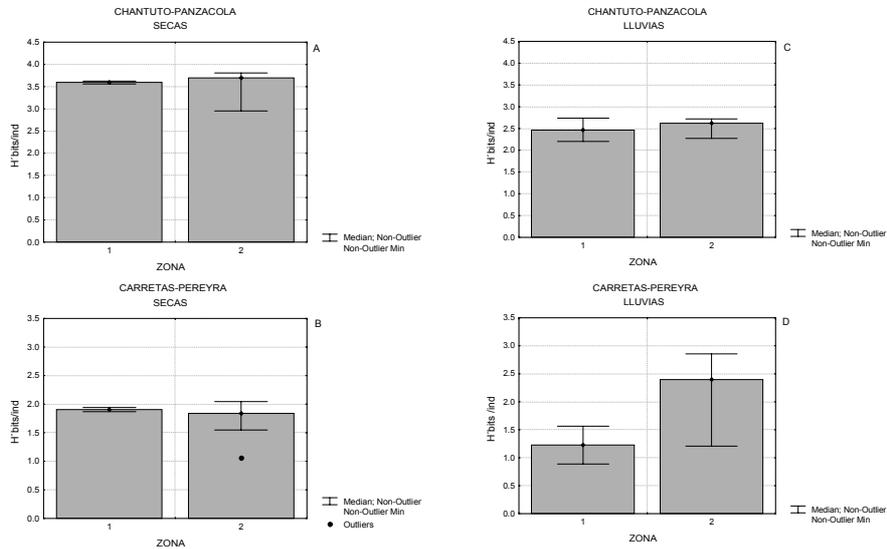


Fig. 16. Distribución de la diversidad por zona durante cada época en los sistemas Chantuto-Panzacola (A secas; C lluvias) y Carretas-Pereyra (B secas, D lluvias). Las zonas corresponden a las estaciones asociadas en el análisis Cluster (Fig. 7)

## Diversidad

En CHP durante la época de secas, la mediana en la diversidad fue de 3.62 bits/ind en todo el sistema, y como se puede apreciar en la Fig.16A,C no existe una variabilidad significativa entre los valores de cada zona a pesar de que en la 2 se registro el valor más bajo (2.90 bits/ind). En la época de lluvias se presentó una disminución en la diversidad al reportarse un valor de 2.61 bits/ind; al igual que en la época anterior, tampoco se muestran diferencias significativas entre las zonas.

En CP durante secas la diversidad presentó un patrón similar a CHP, ya que a pesar de que la zona 2 (Fig. 16B) presenta los valores extremos 1.52 y 2.94 bits/ind no existen diferencias significativas entre zonas; en esta época la diversidad fue de 2.66 bits/ind. Durante lluvias sí se apreciaron diferencias entre las zonas (Fig. 16D), de esta forma, la zona 1 muestra una tendencia a los valores más bajos de la época (0.88 bits/ind mínimo) mientras que la zona 2 una tendencia a los valores más altos, alcanzando un valor de 2.85 bits/ind.

### Estructura de las Asociaciones

Los componentes estacionales de la estructura fitoplanctónica (asociaciones de especies) fueron definidas mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando los taxa dominantes de cada época derivados del diagrama de Olmstead y Tukey para cada sistema. Para identificar la co-ocurrencia de especies, se invirtió la matriz de datos dando por resultado que las muestras individuales (estaciones) son las variables y las especies son las observaciones, se ejecutó el ACP a esta matriz (análisis inverso), representando por lo tanto a las especies en un espacio *muestral*.

El resultado del ACP muestra un patrón estructural a escala temporal en cuanto a las asociaciones de especies. La Tabla 6 presenta los eigenvalores y el porcentaje de varianza explicada en los primeros 4 componentes principales; para ambos sistemas el primer componente fue el que más porcentaje explicó (41.5% en CHP y 51.7% en CP) mientras que los tres primeros explicaron más del 70% en CP y el 73.55% en CHP hasta el tercer componente. Por ello, el análisis de las asociaciones se concentró en los tres primeros componentes.

El listado de especies usado en el ACP se muestra en el ANEXO 3 y presenta los valores (*loadings*) de cada especie en los primeros tres componentes. Estos representan la ordenación de las especies con los componentes, indicando el grado en el que estas se correlacionan con cada uno (Matta y Marshall, 1984).

Tabla 6 Eigenvalores y Porcentaje de variación explicada por los primeros 4 componentes en el ACP temporal de CHP y CP.

#	Eigenvalor		% de Varianza		% Acumulado	
	CHP	CP	CHP	CP	CHP	CP
1	365.4	308.3	<b>41.5</b>	<b>51.7</b>	41.5	51.7
2	181.8	117.1	20.6	19.6	62.1	71.3
3	100.0	41.4	11.4	6.9	<b>73.5</b>	<b>78.3</b>
4	72.3	32.8	8.2	5.5	81.7	83.8

Los dos primeros componentes principales en los sistemas CHP y CP presentan claramente un patrón estacional al separar sobre el componente 1 las estaciones de la época de lluvias (cuadrante negativo) y secas (c. positivo) (Fig.17 A-B), los altos valores indican a las estaciones influenciadas por la boca del sistema (zona 2 en CHP y zona 1 en CP, Fig. 8), en contraste con las estaciones de las zonas internas que presentan valores negativos en el componente 2.

En CHP las especies que se encontraron correlacionadas fuertemente con el componente 1 (Fig. 17B) en la época de secas fueron las diatomeas *Nitzchia* sp. 2., *Surirella* sp. 1, *Navicula* sp., *Gyrosigma* sp., *Pinnularia* sp., *Amphora macilenta* así como el dinoflagelado *Protoperidinium conicum* , y con el componente 2 *Navicula directa*, *Amphiprora* sp., *Leptocylindrus danicus*, *Coscinodiscus granii* , mientras que del tercer componente destacan el silicoflagelado *Dictyocha fibula* , *Coscinodiscus* spp. y el dinoflagelado *Scripsiella trochoidea* .



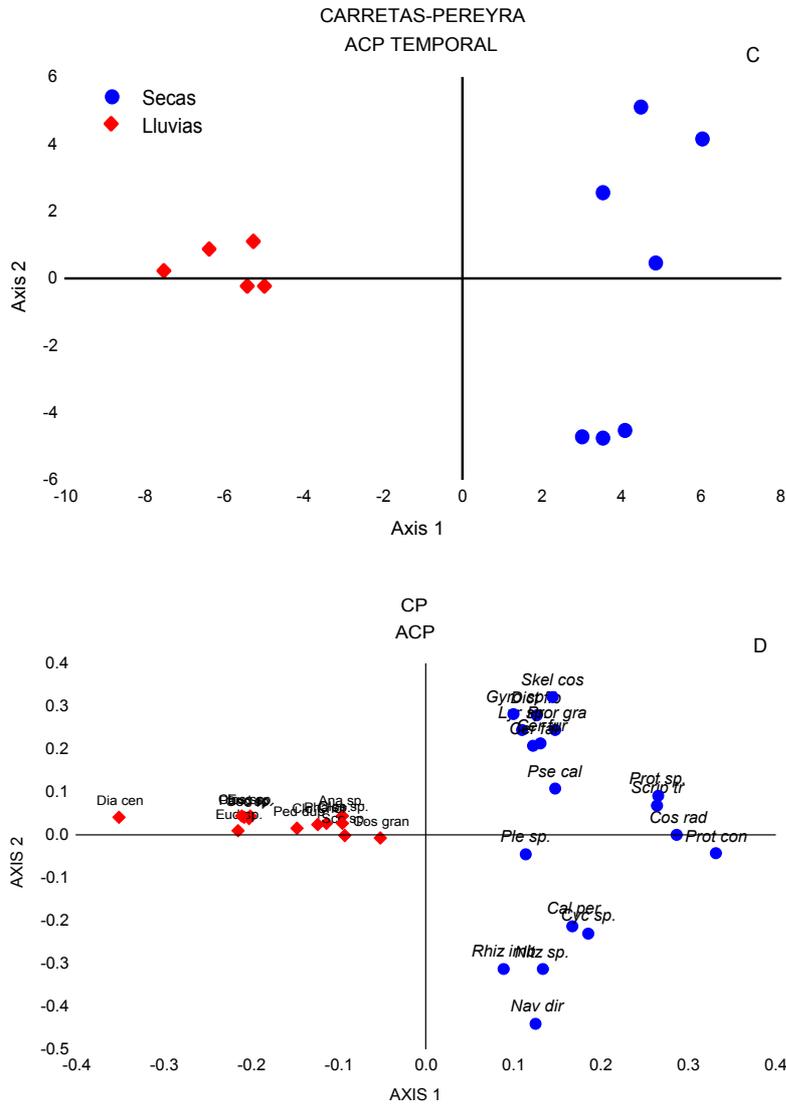


Fig. 17. Continuación. Estructura de las asociaciones fitoplanctónicas de las especies dominantes en Carretas-Pereyra (C, D) durante cada época climática basada en un ACP.

Las especies *Closterium* sp. 1, *Anabaena* sp., *Euglena* sp., *Phacus* sp. y *Closterium* sp. 2 definen la temporada de lluvias en CHP al estar correlacionadas fuertemente con el componente 1 (Fig.17B).

El sistema CP presentó un patrón similar a CHP en cuanto a las asociaciones de especies definidas por el componente 1 dividiendo cada época (Fig.17C-D).

En secas las especies fuertemente correlacionadas con este fueron *Coscinodiscus radiatus* y los dinoflagelados *Protoberidinium* sp. 1, *Scropsiella trochoidea* y *Protoberidinium conicum* (Fig.17D) mientras que en el segundo se presentó un mayor número (11 taxa) en su mayoría diatomeas destacando *Nitzchia* sp., *Skeletonema costatum*, *Caloneis permagma* y el silicoflagelado *Dictyocha fibula* .

En lluvias, las asociaciones (Fig.17D) estuvieron representadas por la diatomea Céntrica, así como de las euglenofitas *Euglena* sp., *Phacus* sp. y las clorofitas *Closterium* sp. 1, *Eudorina* sp., y *Pandorina* sp.

## Respuesta de las especies a las variables ambientales

Para elucidar la relación entre las asociaciones de especies y su ambiente se usó el Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) en cada época climática para ambos sistemas. Las especies fitoplanctónicas incluidas en el análisis fueron aquellas derivadas del Análisis de Componentes Principales mientras que todas las variables ambientales fueron empleadas en principio, hasta encontrar aquellas que explicaran mejor la ordenación.

La respuesta de las especies a las variables ambientales estuvo explicada por los tres primeros ejes en un 59.06% en CHP y 68.02% en CP (Tabla 7), mientras que la correlación entre las especies y las variables ambientales fue alta ( $r= 1$  en cada eje) indicando una relación significativa entre los taxa característicos de cada época con las variables ambientales usadas en el análisis.

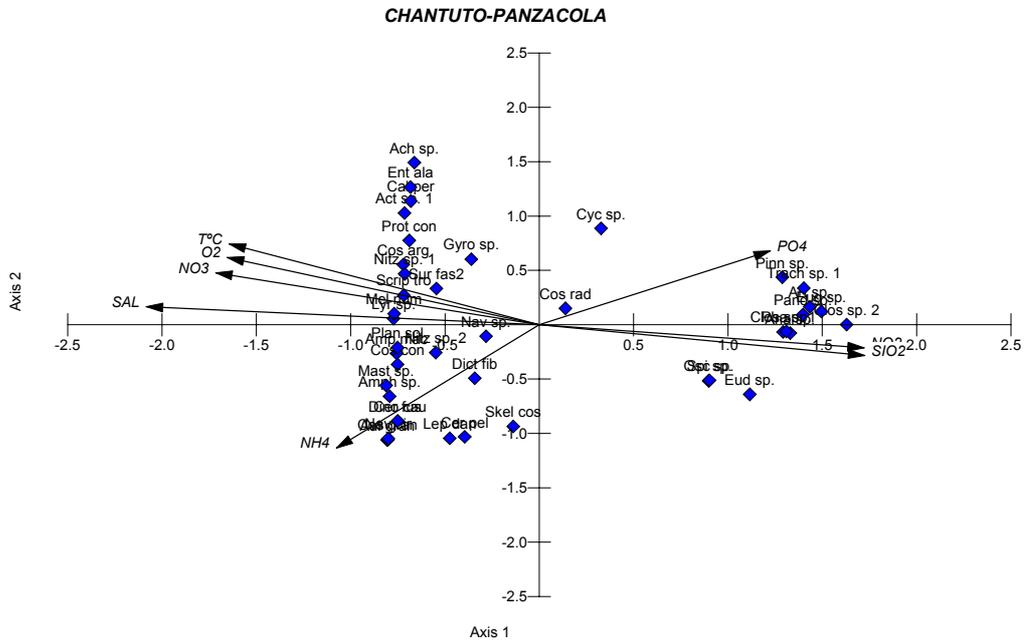
La ordenación del ACC indica que la salinidad, la temperatura, los silicatos, los ortofosfatos, así como el amonio y los nitritos, son las variables que explican la variación de las asociaciones fitoplanctónicas en ambos sistemas.

Tabla 7. Eigenvalores y Porcentaje de variación explicada en el ACC temporal de CHP y CP.

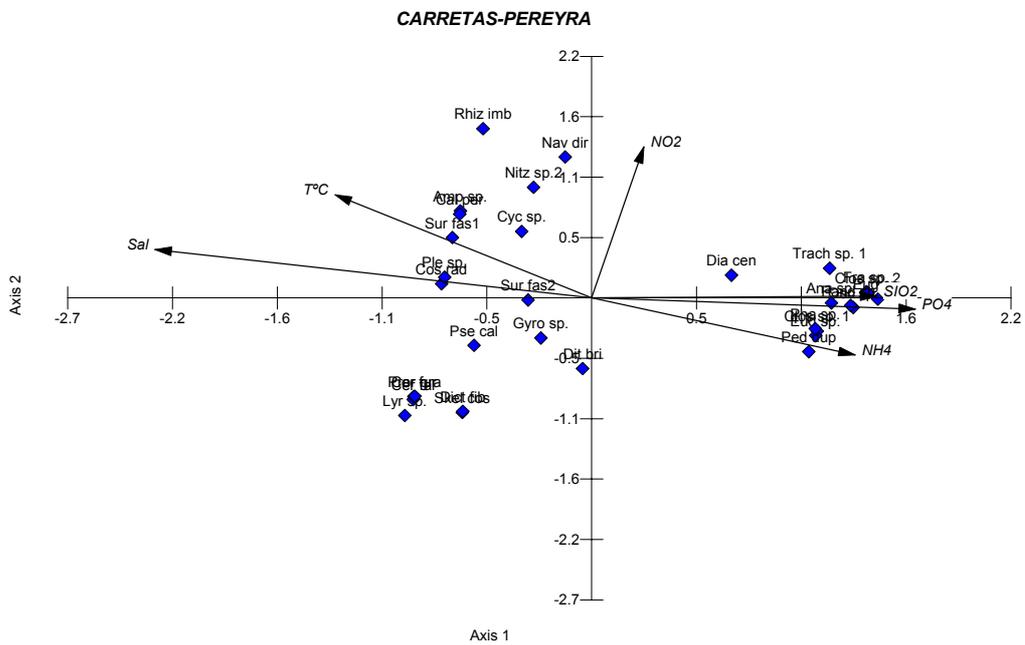
# Ejes	Eigenvalor		% de Varianza		% Acumulado	
	CHP	CP	CHP	CP	CHP	CP
1	0.77	0.71	<b>30.74</b>	<b>34.54</b>	30.74	34.54
2	0.42	0.45	16.63	21.71	47.37	56.25
3	0.29	0.24	11.68	11.77	<b>59.06</b>	<b>68.02</b>
4	0.24	0.16	9.42	7.60	68.48	75.62

La variación principal en la composición de especies puede ser resumida en los dos primeros ejes del ACC. El primer eje se encuentra fuertemente correlacionado con la salinidad, temperatura y la concentración de silicatos, quienes representan el principal cambio en el ambiente abiótico durante cada época en ambos sistemas. A lo largo de estos ejes se distinguen claramente dos conjuntos de especies, uno contiene a las especies de origen marino y salobre y el otro a las dulceacuícolas (Fig. 18), por su parte el segundo eje está relacionado específicamente con los ortofosfatos, el amonio así como por los nitritos y nitratos.

Tanto en CHP y CP sobre el lado negativo del primer eje (Fig. 18), se distingue una separación de especies con afinidad marina como *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus concinnus*, *Leptocylindrus danicus*, *Planktoniella sol*, *Nitzschia* sp. 2, y *Cerataulina pelagica*, así como el silicoflagelado *Dictyocha fibula* y los dinoflagelados



Vector scaling: 2.15



Vector scaling: 2.37

Fig. 18. Diagrama de ordenación ACC de las especies (♦) y las variables ambientales (flechas), en Chantuto-Panzacola (A) y Carretas-Pereyra (B) en los dos primeros ejes.

*Ceratium furca* (CP-DN2), *Dynophysis caudata* y *Prorocentrum gracile*., mientras que las diatomeas como *Surirella fastuosa*, *S. gemma*, *Entomoneis alata* y *Cyclotella* sp., se sitúan hacia la parte positiva del segundo eje caracterizando el componente salobre de los sistemas.

A lo largo del lado positivo del primer eje en el *biplot* del ACC, predominan especies de agua dulce como las cianofitas *Oscillatoria* sp. y *Anabaena* sp., así como las clorofitas *Closterium* sp.1, *Eudorina* sp., y las euglenofitas *Phacus* sp., *Euglena* sp., y *Trachelomonas* sp. quienes muestran una correlación negativa con la salinidad (Fig. 18) además de ubicarse en un ambiente con altas concentraciones de amonio, silicatos y ortofosfatos.

## DISCUSIÓN

Debido al profundo impacto de la salinidad sobre la dinámica física, química y biológica en los ambientes costeros (Gibson y Najjar, 2000), el método más común para asociar las estaciones ha sido la agrupación por zonas (polihalina, mesohalina, etc.) de acuerdo con el Sistema Venecia (Anónimo, 1959), o la clasificación de Carriker (1967), y su uso obedece a una razón *a priori* como por ejemplo, los límites de tolerancia de alguna especie o grupo en particular o porque existe un gradiente longitudinal en estos sistemas (específicamente en estuarios).

Sin embargo, estudios recientes han revelado que la agrupación espacial de las estaciones en zonas, basada en el análisis de las comunidades biológicas en conjunción con el conocimiento de la hidrografía local, permite la interpretación de los procesos más importantes que influyen en éstas (Bulger, *et al.*, 1993; Boyer, *et al.*, 1997; Souissi, *et al.*, 2000).

En este estudio, se propone que a partir de una caracterización espacial, llevada a cabo durante cada época climática característica en los sistemas CHP y CP, es posible la delimitación de zonas (ambientes) *funcionalmente* distintas dentro de cada uno, además de determinar los factores que promueven su formación, así como las fuerzas que controlan la distribución y abundancia de las asociaciones fitoplanctónicas que dominan cada una.

#### CARACTERIZACIÓN DE CHANTUTO-PANZACOLA Y CARRETAS-PEREYRA

Los sistemas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra presentan cierto número de rasgos similares, debido a que se encuentran sujetos a la misma presión ambiental, destacando principalmente su variación espacial, la cual origina durante cada época, el desarrollo de dos zonas funcionalmente distintas, análogas para ambos sistemas, las cuales son el efecto de factores externos tales como el aporte marino, continental, y en general del clima. Sin embargo, presentan diferencias particulares, las cuales, al parecer, son las fuerzas que controlan la distribución y abundancia de las asociaciones fitoplanctónicas que dominan cada sistema.

Durante el periodo de estudio, la influencia del clima se ve reflejada directamente en la significativa variabilidad de la mayor parte de los parámetros físico-químicos (84% en CHP y 63% en CP, Tabla 2), correspondiente con el régimen climático (Fig. 3), y que se acentúa por lo somero de éstos. Los parámetros como la temperatura superficial del agua, el oxígeno disuelto, la salinidad y los nutrientes presentaron un patrón consistente con el régimen normalmente asociado con otros sistemas tropicales, el cual consiste en que, a lo largo del año, estos sistemas presentan muy poca variación en su temperatura superficial, además de que al estar sujetos a una época de lluvias muy pronunciada, los nutrientes aumentan de forma significativa durante dicha época (Verberg, 1981; Medeiros y Kjerve, 1993; Eyre y Balls 1999; Knoppers y Kjerve, 1999; Eyre, 2000).

## DESARROLLO DE LAS ZONAS

Durante la época de secas (noviembre-abril), se alcanzan periodos de relativa estabilidad debido al efecto de la disminución en la descarga de ríos ( $3.78 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , Fig. 5) y a los grandes tiempos de residencia que se alcanzan durante la época (26.03 días, Tabla 4), los cuales provocan que el material provisto sea transformado eficientemente dentro de los sistemas (Eyre, 1998, 2000) y muy poco sea exportado al mar adyacente (Herrera-Silveira, 1994). Bajo estas condiciones, el efecto de la marea juega un papel importante al controlar los principales parámetros hidrológicos (Allen, *et al.*, 1980; de Castro *et al.*, 2000) y en consecuencia, la composición, distribución, biomasa y productividad fitoplanctónica (Monbet, 1992; Trigueros y Orive, 2000; Lucas *et al.*, 2001; Shanks y McCulloch, 2003).

Durante un ciclo mareal, el volumen de agua que penetra hacia los sistemas y la cantidad de agua dulce que fluye dentro de los mismos, causan cambios de densidad que afectan la circulación (Allen *et al.*, 1980; Kjerve y Magill, 1989; de Castro *et al.*, 2000), cambiando el gradiente longitudinal de salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes (Fan y Jin, 1989; Bustos-Serrano *et al.*, 1996; Park y Park, 2000; Snow *et al.*, 2000); además, la transparencia y las altas temperaturas (Fig. 3-4) provocadas por la mayor insolación durante la época (Cardoso, 1979), incrementan la variabilidad al interior de los sistemas, favoreciendo el desarrollo de dos ambientes (explicados en un 80% por dichas variables, Fig. 8).

La *Zona de Influencia Mareal* (ZIM) se caracteriza por presentar salinidades de tipo euhalino (mediana 35 ups) así como las mayores concentraciones de oxígeno disuelto (Fig. 9 y 11), además fue la zona con la menor concentración de nutrientes (excepto los silicatos en CHP) los cuales provocan una limitación de nitrógeno.

El desarrollo de la ZIM, está determinado en gran medida por el mayor intercambio mareal promovido por la geomorfología particular de los sistemas, la cual es muy similar entre éstos. Al respecto, Eyre (1998), señala que esta característica se encuentra directamente asociada con el tiempo de residencia, por su parte, Trigueros y Orive (2001) estimaron que debido a su geomorfología, en la parte baja del estuario de Urdaibai se registra un tiempo de residencia <1 día, por lo que la intrusión mareal es el principal factor que determina la salinidad y concentración de nutrientes, mientras que Boyer *et al.* (1997), concluyen que la diferenciación específica de la bahía Whitewater en Florida, se debió principalmente al mayor intercambio mareal de dicha zona.

Por otra parte, durante un ciclo mareal semidiurno (mismo régimen que CHP y CP), grandes cantidades de sedimentos son erosionados, resuspendidos y depositados, creando una zona de máxima turbidez (Allen *et al.*, 1980) que, junto con la baja concentración de nutrientes, limitan la producción primaria fitoplanctónica (Cloern, 1987). Este fenómeno provoca que al mezclarse agua del sedimento con agua superficial, se lleve a cabo un enriquecimiento de silicatos, el cual es producto de la disolución de diatomeas (Kamatani y Takano, 1984).

En contraste, el desarrollo de la *Zona de mayor Influencia dulceacuícola* (ZID, zona 1 en CHP y 2 en CP, Fig. 8) es, al parecer, resultado de los grandes tiempos de residencia característicos de la época seca en sistemas tropicales (Eyre y Balls, 1999); que promueven un eficiente reciclamiento al interior de los sistemas (Herrera-Silveira y Comín, 1999; Knoppers y Kjerfve, 1999), y que se refleja en las altas concentraciones de amonio así como en el incremento de la biomasa y productividad fitoplanctónica registrados en esta zona.

Durante la época lluviosa, el aumento significativo de los nutrientes (principalmente, nitratos, ortofosfatos y silicatos) a partir de junio (Fig. 6), así como la relación inversa de éstos con la salinidad ( $r=-0.36$ ,  $r=-0.49$  y  $r=-0.33$ ,  $p<0.05$ , respectivamente), refleja que la principal fuente de los mismos es la descarga de los ríos (Christian *et al*, 1991), la cual se incrementa gradualmente como consecuencia de una mayor precipitación (Fig. 5).

No obstante, estas concentraciones son de carácter efímero y disminuyen gradualmente a partir de noviembre (Fig. 6), debido a que su permanencia es inversamente proporcional a la duración del evento que las promueve (De Séve, 1993; Eyre, 2000), es decir que, durante la época de lluvias, disminuye el tiempo de residencia (2.31 días, Tabla 4) y tanto sedimentos como nutrientes son descargados directamente al mar adyacente, debido a la baja eficiencia en la retención de los últimos (Eyre, 1998).

Sin embargo, aunque teóricamente dicho incremento estimula un aumento en la producción primaria y biomasa fitoplanctónica (Mallin *et al.*, 1993), en CHP y CP las concentraciones reportadas durante la época así como la presencia de numerosos casos extraordinarios (Fig. 7), sugieren que tal estímulo tiene solo un efecto local, debido al tiempo de residencia cercano a o menor a un día, el cual provoca que los nutrientes sean exportados en su mayoría a la zona marina circundante.

De esta forma, el desarrollo de las zonas durante la época estuvo directamente influenciado por las descargas de los ríos y en menor medida por el efecto mareal; las variables que definieron su formación en ambos sistemas fueron principalmente la salinidad, la temperatura y la transparencia.

La zona ZID se caracterizó por ser un ambiente dulceacuícola (<1 ups) de características  $\beta$ -mesotróficas con una mayor profundidad (>1m) y menor temperatura (>30° C); además en esta zona (Fig.10 y 12), la producción primaria y la biomasa fitoplanctónica presentaron su máxima concentración (30.41 y 35.18 mg cl a  $m^{-3}$  en CHP y CP respectivamente). Al respecto, Snow *et al.*, (2000) señalan que las máximas concentraciones de nitratos y clorofila se encuentran directamente relacionadas con la descarga de los ríos, ya que ellos registraron una concentración máxima de clorofila (30 mg  $m^{-3}$ ) en la parte baja del estuario de Gamtoos con un volumen de descarga de  $30.5 m^3 s^{-1}$ , similares a las reportadas en este estudio.

Por su parte, la zona ZIM durante esta época reduce su salinidad (6 ups) y se caracteriza como la zona de mayor temperatura ( $>30^{\circ}$  C) como resultado de una mayor influencia marina por efecto de la marea; Eyre (1998), señala que durante lluvias, la permanencia de una pequeña porción del gradiente de salinidad, como en el caso de CHP y CP, puede significar que esta zona actúa como trampa de nutrientes y sedimentos, los cuales además, son suspendidos por el efecto de los intensos vientos ( $r= 0.97$ ,  $p< 0.05$ ) característicos de la época (Fig. 3).

## FITOPLANCTON

La composición del fitoplancton durante cada época, estuvo dominada por diferentes grupos de especies, las cuales muy probablemente se adaptan a cambios en los recursos y al ambiente físico (Fogg, 1991); en los sistemas CHP y CP la comparación de las diferentes asociaciones fitoplanctónicas, indica una similitud en la composición y desarrollo estacional del fitoplancton en las zonas establecidas (*ZIM* y *ZID*), ya que comparten características físico-químicas similares, en virtud de que se encuentran sujetos a la misma presión ambiental.

La estructura de las asociaciones fitoplanctónicas fue establecida y relacionada a las zonas funcionales delimitadas, las cuales son el resultado de las variables ambientales que determinaron su formación (Fig. 17-18) y revelan un patrón de sucesión estacional en CHP y CP.

De acuerdo con Chan y Hamilton (2001), durante cada época la dominancia de grupos específicos se ve favorecida de dos formas; directamente sobre sus tasas de multiplicación (divisiones por día), e indirectamente por medio de la interacción con los factores físico-químicos, principalmente salinidad.

Durante la época de secas, las asociaciones fitoplanctónicas (Fig. 17) estuvieron determinadas por el efecto de la penetración mareal la cual se manifiesta por las altas concentraciones de salinidad (mediana de 30 ups), y que ingresa a los sistemas con mayor intensidad debido a la disminución en la descarga de los ríos ( $3.78 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , Fig. 5); además, cuando el ciclo de advección, asentamiento y resuspensión que siguen las partículas suspendidas durante las distintas fases del ciclo mareal se completa, facilita la retención de partículas pasivas incluyendo diatomeas y dinoflagelados (Cloern *et al.*, 1984; Trigueros y Orive, 2000), quienes son los principales grupos que dominan la estructura de las asociaciones fitoplanctónicas en CHP y CP.

En la zona *ZIM*, como resultado del mayor intercambio mareal, las masas de agua que ingresan con la marea proveen a los sistemas de un gran número de especies neríticas como *Coscinodiscus* spp , *Dityllum brightwelli*, y *Skeletonema costatum*, así como el silicoflagelado *Dictyocha fibula* quienes de acuerdo con el ACC, mostraron una correlación muy fuerte con la salinidad (Fig. 18A); además una gran parte de la comunidad consistió de diatomeas pennadas ticoplanctónicas (Fig. 17, Tabla 5), quienes son resuspendidas por la mezcla turbulenta provocada por el viento y la marea (Lucas *et al.*, 2001; Shanks y McCulloch, 2003).

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 autóctonas, por lo que el fitoplancton usa su capacidad de crecer a tasas muy altas como una respuesta fisiológica (Smayda, 1997a; 1997b), para contrarrestar la cantidad de biomasa perdida a través del flujo en cada ciclo mareal (Ketchum, 1954); por ejemplo, *Dityllum brigtwelli* tiene tasas de multiplicación celular de 2.1 divisiones por día<sup>-1</sup>, mientras que *Skeletonema costatum* varía de 2 a 5.9 divisiones por día<sup>-1</sup> (Furnas, 1990).

Por otra parte, en la zona *ZID* las asociaciones estuvieron determinadas en su mayoría por dinoflagelados, principalmente del género *Protoperidinium* spp., sin embargo, a pesar de la baja abundancia por parte de las diatomeas en esta zona (Fig. 15), se desarrollan especies salobres como *Cyclotella* sp., *Entomoneis alata* y *Surirella* spp., (Fig. 18A), y representan 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 habilidad de éstas para mantenerse dentro de una porción de los mismos, principalmente por efecto de sus tasas de crecimiento.

En general, experimentos de laboratorio así como mediciones *in situ*, señalan, que las diatomeas, tienen un amplio intervalo en sus tasas máximas de crecimiento, desde 0.4 hasta 5.9 divisiones por día<sup>-1</sup>; mientras que los dinoflagelados, tienen un intervalo menor, apenas 0.1-2.7 divisiones por día<sup>-1</sup> (Furnas, 1990).

Por lo tanto, los amplios tiempos de residencia correspondientes a la época de secas en CHP y CP y cuyo efecto es más pronunciado en la zona *ZID*, suponen ser los adecuados para el crecimiento del fitoplancton (específicamente dinoflagelados y diatomeas salobres) y por lo tanto incrementar la concentración de la biomasa fitoplanctónica durante la época (Fig. 7); Chan y Hamilton (2001), encontraron en el estuario Swan River, de manera similar a este estudio, que las máximas concentraciones de dinoflagelados se encontraron asociadas con amplios tiempos de residencia (meses), los cuales proveen el tiempo necesario para que las densidades sean de magnitud considerable e incluso alcancen niveles de florecimiento (*blooms*).

Por su parte Lauria *et al.*, (1999) señalan que la gran estabilidad en la columna de agua alcanzada durante periodos de intensa calma en el estuario Southampton, permite la agregación de dinoflagelados (principalmente de los géneros *Protoperdinium* y *Prorocentrum*) que se distribuyen uniformemente cuando la turbulencia disminuye.

Por el contrario, la máxima concentración de diatomeas en la zona *ZIM* es probablemente consecuencia del incremento de la energía cinética turbulenta (TKE), que favorece su incorporación en la columna de agua y evita su hundimiento; no obstante, el incremento de esta mezcla vertical durante mareas vivas disminuye la actividad fotosintética y la concentración de clorofila debido a la reducción del tiempo en el que las células se encuentran en la zona fótica (Monbet, 1992), sin embargo, la inferencia de que las diatomeas son retenidas selectivamente en la zona *ZIM* como

consecuencia de la circulación, supone que su velocidad de *hundimiento* (*sink*) es igual o más rápida a la velocidad del agua (Cloern *et al.*, 1983)

En la época de lluvias, cuando la descarga de los ríos es alta ( $144 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  máximo) provoca que la salinidad sea abatida casi en su totalidad (principalmente en la zona *ZID*) permitiendo el desarrollo de especies dulceacuícolas que dominan la estructura de las asociaciones fitoplanctónicas (Fig. 17). Además, junto con los fuertes vientos característicos de la época, mantienen una mezcla vertical en la columna de agua, promoviendo que los nutrientes, las partículas suspendidas y las poblaciones fitoplanctónicas sean exportadas al mar adyacente, impidiendo el desarrollo de poblaciones autóctonas debido a que sus tasas de crecimiento son relativamente bajas con respecto al tiempo de residencia, manteniendo la concentración de biomasa baja (Eyre, 1998).

En la zona *ZID* durante lluvias, las principales asociaciones estuvieron determinadas por *Closterium* sp., *Eudorina* sp., *Pandorina* sp., *Euglena* spp y *Phacus* sp., quienes, de acuerdo con el ACC, se encontraron correlacionadas fuertemente con los nutrientes (amonio, ortofosfatos y silicatos principalmente; Fig. 18). La ocurrencia de grupos dulceacuícolas en esta zona en ambos sistemas, sugiere que dichas poblaciones son introducidas a los sistemas por los ríos adyacentes.

Además, la alta descarga al interior de los sistemas, da como resultado que el tiempo de residencia sea corto (2.31 días, Tabla 4) 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<sup>-1</sup> (Furnas, 1990). Al respecto, Muyllaert y Sabbe, (1999) señalan que sólo cuando el tiempo de residencia es largo, se promueve el desarrollo de poblaciones fitoplanctónicas autóctonas.

Además, bajo estas condiciones permanece una pequeña porción del gradiente de salinidad en la zona *ZIM*, y actúa como una zona de convergencia que atrapa y acumula poblaciones fitoplanctónicas, como por ejemplo *Coscinodiscus radiatus* y *Cyclotella* sp., y la diatomea céntrica no identificada así como especies dulceacuícolas.

Cloern *et al.*, (1983) desarrolló un modelo conceptual combinando el patrón de circulación con un modelo de cinética de crecimiento del fitoplancton para explicar el desarrollo anual de florecimientos fitoplanctónicos en una región de la Bahía de San Francisco. En dicho modelo, se asociaron los cambios de la composición de especies con la cantidad de la descarga de los ríos, y encontraron una relación inversa de la biomasa fitoplanctónica con la descarga de los ríos, contraria a la descrita en este estudio. También, los autores encontraron que durante secas se incrementa la concentración de diatomeas neríticas (incluida, *Skeletonema costatum*); mientras que los microflagelados y diatomeas dulceacuícolas (como *Cyclotella*, sp.) dominaron durante periodos de alta descarga.

Por otra parte, el flujo puede afectar indirectamente la composición de especies y la biomasa a través de la turbulencia la cual es un parámetro biofísico que opera primariamente a nivel celular, afectando la habilidad de las células para crecer así como en la supervivencia de las poblaciones (Smayda, 1997b). En ese sentido, Sherman *et al.*, (1998) encontraron que la turbulencia provee una ventaja a las diatomeas a través de la resuspensión de las células, permitiendo que el grupo domine en ambientes con alta mezcla como en la zona *ZIM*; además especies como *Coscinodiscus* spp. pueden ocasionalmente migrar verticalmente por flotación (Granata, 1991; Huisman y Sommeijer, 2002). La dominancia de grupos como las clorofitas y cianofitas en la zona *ZID* durante lluvias, donde la influencia de la descarga es directa, 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.

## PATRÓN GENERAL DE COMPORTAMIENTO

En lagunas costeras, el patrón en el comportamiento biogeoquímico ha sido desarrollado para sistemas individuales, a partir de una caracterización espacio-temporal basada en su hidrografía, tal es el caso de las lagunas de Sontecomapan (Moran-Silva *et al.*, 1997), Tampamachoco (de la Lanza-Espino *et al.*, 1998), y el sistema Pom-Atasta (Aguirre-León *et al.*, 1998) en el Golfo de México, así como la laguna la Ensenada de la Paz (Cervantes-Duarte *et al.*, 2001) en Baja California Sur.

Sin embargo, las diferencias entre sistemas impiden la extrapolación de lo encontrado en uno y otro, por lo que los estudios comparativos en hidrología (Fong *et al.*, 1993; de la Lanza-Espino y Lozano-Montes, 1999; Eyre, 1998, 2000; Eyre y Balls, 1999; Contreras-Espinosa y Warner, 2004), biomasa fitoplanctónica (Monbet, 1992) y asociaciones fitoplanctónicas (Kilham y Hecky, 1988; Marshall y Alden, 1990; 1993; Muylaert y Sabbe, 1999) en sistemas similares, permiten la identificación del patrón general en el comportamiento biogeoquímico, así como las diferencias distintivas que pueden ocurrir en cada uno. De esta forma, la comprensión conceptual que se desarrolla a partir de un estudio comparativo, representa un modelo mucho más robusto que los conceptos basados en un sistema individual.

Por lo anterior y con base en los resultados, la dinámica físico-química y biológica que presentan los sistemas CHP y CP durante cada época se puede ilustrar como sigue:

*Época de secas.* En los sistemas CHP y CP, durante la época de secas se presenta un mayor efecto mareal, que trae como resultado un cambio en el patrón de circulación que afecta el gradiente de salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes quienes en adición con la temperatura y la transparencia, incrementan la variabilidad en el sistema favoreciendo el desarrollo de dos ambientes (Fig. 8), la zona de influencia mareal (ZIM) con mayor cobertura y la zona de influencia dulceacuícola (ZID).

Dichas condiciones, aunadas con los grandes tiempos de residencia (26.03 días, Tabla 4), le confieren a los sistemas una mayor estabilidad medioambiental (Varona-Cordero y Gutiérrez, 2003), favoreciendo la dominancia de grupos con tasas de multiplicación relativamente bajas (como los dinoflagelados y algunas diatomeas, Fig. 18) optimizándose la utilización del nitrógeno inorgánico disuelto (principalmente amonio) que se refleja en una mayor acumulación de biomasa fitoplanctónica así como una mayor producción primaria (regenerada).

*Época de lluvias.* La influencia de la precipitación así como de la descarga de los ríos provoca que la salinidad sea abatida casi en su totalidad aumentando la cobertura de la zona ZID dentro de los sistemas; además el efecto de los ríos se refleja principalmente en un incremento en la concentración de nutrientes (principalmente ortofosfatos, silicatos y nitratos más nitritos, Fig. 6) como resultado de los escurrimientos (Varona-Cordero y Gutiérrez, 2003), estimulando un aumento en la

Tabla 8. Resumen de las mayores características durante cada época en los sistemas costeros de Chiapas.

	Época de Secas	Época de Lluvias
Tiempo de Residencia	Alto	Bajo
Hidrología	Mayor estabilidad	Menor estabilidad
	Más estable	Menos estable
	CV < 50%	CV > 70%
ZIM	> Cobertura	> Cobertura
ZID	< Cobertura	> Cobertura
Nutrientes	> NH <sub>4</sub>	> PO <sub>4</sub> , SiO <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub>
Cl a	< concentración	> concentración > variabilidad
PPN	< variabilidad	> variabilidad 2 veces más
Taxa dominantes	<i>Coscinodiscus</i> spp. <i>Skeletonema costatum</i> <i>Dityllum brightwelli</i> <i>Gyrosigma</i> sp. <i>Surirella</i> spp. <i>Entomoneis alata</i> <i>Navicula directa</i> <i>Protoperidiniun conicum</i> <i>Scripsiella trochoidea</i> <i>Dictyocha fibula</i>	<i>Eudorina</i> sp. <i>Pandorina</i> sp. <i>Closterium</i> sp. 2 <i>Euglena</i> sp <i>Anabaena</i> sp. <i>Cyclotella</i> sp. Diatomea céntrica

producción primaria y biomasa fitoplanctónica. Sin embargo, dichas concentraciones son de carácter efímero y disminuyen gradualmente como resultado de los cortos tiempos de residencia (2.31 días, Tabla 4) que provocan una descarga directa al mar adyacente, debido a la baja eficiencia en la retención de los nutrientes (Eyre, 1998).

La disminución en la salinidad así como el incremento en los ortofosfatos y silicatos, promueven el desarrollo de grupos con afinidad dulceacuícola y tasas de multiplicación relativamente altas como las clorofitas, cianofitas y euglenofitas (Fig. 18) quienes son introducidas a los sistemas por los ríos adyacentes.

## CONCLUSIONES

El protocolo metodológico empleado en este estudio, provee un método directo para el análisis comparativo a nivel espacial y temporal de las asociaciones fitoplanctónicas en diferentes sistemas lagunares a partir de una caracterización espacial, llevada a cabo durante cada época climática característica.

Durante cada época los sistemas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra presentan cierto número de rasgos similares, debido a que se encuentran sujetos a la misma presión ambiental, destacando principalmente su variación espacial, la cual origina el desarrollo de dos zonas funcionalmente distintas, análogas para ambos sistemas, la zona de influencia mareal (*ZIM*) y la zona de mayor influencia dulceacuícola (*ZID*)

La formación de dichas zonas es resultado de la mezcla entre los aportes marinos por efecto de la marea y la descarga dulceacuícola por efecto de los ríos; la cobertura de las mismas está condicionada por la magnitud del evento que promueve su formación.

La estructura de las asociaciones fitoplanctónicas fue establecida y relacionada a dichas zonas, las cuales son el resultado de las variables ambientales que determinaron su formación y revelan un patrón de sucesión estacional en CHP y CP.

La composición fitoplanctónica en estos sistemas es una combinación de especies marinas del Océano Pacífico, estuarinas propias de los sistemas y dulceacuícolas provenientes de los ríos adyacentes.

Durante la época de secas, las asociaciones fitoplanctónicas estuvieron determinadas por el efecto de la penetración mareal, la cual ingresa a los sistemas con mayor intensidad debido a la disminución en la descarga de los ríos y provee a los sistemas de un gran número de especies neríticas como *Coscinodiscus* spp., *Dityllum brightwelli*, y *Skeletonema costatum*, así como el silicoflagelado *Dictyocha fibula* quienes mostraron una correlación muy fuerte con la salinidad; además una gran parte de la comunidad consistió de diatomeas pennadas picoplanctónicas, las cuales son resuspendidas por la mezcla turbulenta provocada por el viento y la marea y su principal distribución es en la zona *ZIM*.

Por su parte, en la zona *ZID* durante la época las asociaciones estuvieron determinadas en su mayoría por dinoflagelados, principalmente del género *Protoperidinium* spp., y las diatomeas salobres como *Cyclotella* sp., *Entomoneis alata* y *Surirella* spp., quienes representan a las especies verdaderamente estuarinas de los sistemas.

En la época de lluvias, cuando la descarga de los ríos es significativamente alta provoca que la salinidad sea abatida casi en su totalidad (principalmente en la zona ZID) permitiendo el desarrollo de especies dulceacuícolas que dominan la estructura de las asociaciones fitoplanctónicas quienes se encontraron correlacionadas fuertemente con los nutrientes (ortofosfatos y silicatos principalmente). Además, diatomeas como *Coscinodiscus* y *Cyclotella* se sitúan a lo largo de un gradiente de salinidad generado a partir de las bocas de ambos sistemas.

## REFERENCIAS

Aguirre-León, A., Díaz-Ruiz, S. y A. Bernal-Becerra. 1998. ***Ecología de peces en sistemas fluvio-deltaicos: Estudio para el sistema Pom-Atasta en Campeche.*** Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Serie Académicos CBS. 63 pp.

Alonso-Rodríguez, R., Páez-Osuna, F. y R. Cortés-Altamirano. 2000. Trophic conditions and stoichiometric nutrient balance in Subtropical waters influenced by municipal sewage effluents in Mazatlán Bay (SE Gulf of California). ***Marine Pollution Bulletin***, 40(2): 331-339.

Allen, G. P., Salomón, J. C., Bassoullet, P., Penhoat, Y. D., y E De Grandpre. 1980. Effects of tides on mixing and suspended sediment transport in macrotidal estuaries. ***Sedimentary Geology***, 26: 69-90.

Anónimo. 1959. ***Symposium on the classification of brackish waters. Venice 8-14 April 1958.*** Archivio di Oceanografia e Limnologia Volume 11. Suplemento (Simposio sulla Classificazione della Acque Salmastre. Venecia 8-14 Aprile, 1958).

Barreiro-Güemes, M. T., y 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.

Bendschneider, K. y R. J. Robinson. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. ***Journal of Marine Research***, 11:87-96

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.

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, Vle.

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, Vle.

Boyer, J. N., Fourqurean, J. W., y R. D. Jones. 1997. Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: Zones of Similar Influence. **Estuaries**, 20(2):743-758.

Brower, J. E., y J. H. Zar. 1981. **Field and Laboratory methods for general ecology.** WM.C Brown company publishers. 194 pp.

Bulger, A. J., Hayden, B . P., Monaco, M . E., Nelson, D. M., y M. G. McCormick-Ray. 1993. Biologically-based estuarine salinity zones derived from a multivariate analysis. **Estuaries**, 16(2): 311-322.

Bustos-Serrano, H., Millán-Núñez, R., y R. Cajal-Medrano. 1996. Efecto de la marea en la productividad orgánica primaria en una laguna costera del Canal de Ballenas, Golfo de California. **Ciencias Marinas**, 22(2): 215-233.

Castañeda, L. O., y F. E. Contreras. 2001. **CDELM.** CD-ROM. México.

Cardoso, C. M. D. 1979. **El clima de Chiapas y Tabasco.** Instituto de Geografía. UNAM. México. 99 pp.

Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, 22: 361-369.

Carriker, M. R. 1967. Estuaries. En: Lauff, G. H. (De) Publ. 83, **American Association for the Advancement of Science**. Washington, D. C. 442 pp.

Cervantes-Duarte, R., Aguirre-Bahena, F., Reyes-Salinas, A., y J. E. Valdez-Holguín. 2001. Caracterización hidrológica de una laguna costera de Baja California Sur, México. **Oceánides**, 16(2): 93-105.

CICESE. 2003. **Programa MAR V0.5.3 para Windows**.

Cloern, J. E. 1987. Turbidity as a control on phytoplankton biomass and productivity in estuaries. **Continental Shelf Research**, 7(11/12): 1367-1381.

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.

Cloern, J. E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. **Marine Ecology Progress Series**, 210:223-253.

Cloern, J. E., Alpine, A. E., Cole, B. E., Wong, R. L. J., Arthur, J. F. y M. D. Ball. 1983. River discharge controls phytoplankton dynamics in the northern San Francisco Bay Estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 16: 415-429.

CNA. 2000. **Datos río Cacaluta**. CD-ROM.

Contreras, E. F. 1986. **Ecosistemas Costeros Mexicanos**. CONABIO. UAM-I.

Contreras-Espinosa, F. y B. G. Warner. 2004. Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in México. ***Hydrobiologia***, 511: 233-245.

Chan, T. U., y D. P. Hamilton. 2001. Effect of freshwater flow on the succession and biomass of phytoplankton in a seasonal estuary. ***Marine and Freshwater Research***, 52: 869-884.

Christian, R. R., Boyer, J. N. y D. W. Stanley. 1991. Multiyear distribution patterns of nutrients within the Neuse River estuary, North Carolina. ***Marine Ecology Progress Series***, 71:259-274.

de Castro, M., Gómez-Gesteira, M., Prego, R., Taboada, J. J., Montero, P., Herbello, P., y 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- Espino, G., Sánchez-Santillán, N., y A. Esquivel-Herrera. 1998. análisis temporal y espacial físico-químico de un alguna costera tropical a través del análisis multivariado. ***Hidrobiologica***, 8(2): 89-96.

de la Lanza- Espino, G., y H. Lozano-Montes. 1999. Comparación fisicoquímica de las lagunas de Alvarado y Términos. ***Hidrobiologica***, 9(1): 15-30.

De Séve, M. A. 1993. Diatom bloom in the tidal freshwater zone on a turbid and shallow estuary, Rupert Bay (James Bay, Canada). ***Hydrobiologia***, 269-270: 225-233.

DiTullio, G. R., Geesey, M. E., Jones, D. R., Dalu, K. L., Campbell, L. y W. O. Smith Jr. 2003. Phytoplankton assemblage structure and primary productivity along 170° W in the South Pacific Ocean. ***Marine Ecology Progress Series***, 255: 55-80.

Eyre, B. D. 1998. Transport, retention and transformation of material in Australian estuaries. ***Estuaries***, 21(4A): 540-551.

Eyre, B. D. 2000. Regional evaluation of nutrients transformation and phytoplankton growth in nine river-dominated sub-tropical east Australian estuaries. ***Marine Ecology Progress Series***, 205: 61-83.

Eyre, R., y P. Balls. 1999. A comparative study of nutrient behavior along the salinity gradient of tropical and temperate estuaries. ***Estuaries*** Vol. 22(2): 313-326.

Falkowski, P. G. 1994. The role of phytoplankton photosynthesis in a global biogeochemical cycles. ***Photosynthesis Research***, 39: 235-258.

Fan, A., y S. Jin. 1989. Tidal effect on nutrient exchange in Xiangshan Bay, China. ***Marine Chemistry***, 27: 259-281.

Flores, M. A. R., y C. L. Thagler. 2001. ***Herramientas de planificación para la conservación de sitios. Estudio caso: cuenca del río coapa, municipio de Pijijiapan, Chiapas***. México. SEMARNAT. 59 pp.

Fogg, G. E. 1991. The phytoplanktonic ways of life. ***New Phytologist***, 118: 191-232.

Fong, P., Zedler, J. B., y R. M. Donohoe. 1993. Nitrogen vs phosphorus limitation of algal biomass in shallow coastal lagoons. ***Limnology and Oceanography***, 38(5): 906-923.

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.

Gaarder, T., y H. H. Gran. 1927. Investigations of the production of plankton in the Oslo Fjord. Rapp. P. V. ***Reun. Cons. Per. Int. Explor. Mer.*** 42(3).

Gibson, J. R., y R. G. Najjar. 2000. The response of Chesapeake Bay salinity to climate-induced in streamflow. ***Limnology and Oceanography***, 45(8): 1764-1772.

Granata, T. C. 1991. Diel periodicity in growth and sinking rates of the centric diatom *Coscinodiscus concinnus*. ***Limnology and Oceanography***, 36: 132-139.

Hasle, G. R. 1978. The inverted-microscope method. En: Sournia, A. (Ed). ***Phytoplankton manual***. UNESCO. Chapter 5: 88-96.

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. y E. Bravo-Sierra. 2001. Planktonic silicoflagellates (Dictyochophyceae) from the Mexican Pacific. ***Botanica Marina***, 44: 417-423

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., y F. A. Comín. 1995. Nutrient fluxes in a tropical coastal lagoon. ***Ophelia***, 42: 127-146.

Huisman, J. y B. Sommeijer, 2002. Maximal sustainable sinking velocity of phytoplankton. ***Marine Ecology Progress Series***, 244: 39-48.

Inland Waters Directorate, Water Quality Branch. 1974. ***Analytical Methods Manual***. Ottawa, Canada.

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.

Karl, D. M. 1999. A sea of change: biogeochemical variability in the North Pacific subtropical Gyre. ***Ecosystems***, 2: 181-214.

Kamatani, A., y M. Takano. 1984. The behaviour of dissolved silica during the mixing of river and seawater in Tokyo Bay. ***Estuarine Coastal and Shelf Science***, 19: 505-512.

Kennish, M. J. 1986. ***Ecology of Estuaries, Physical and Chemical Aspects***. CRC Press, Boca Raton, Florida, 254 p.

Kent, M. y Coker. 1992. ***Vegetation description and analysis. A practical approach***.

Ketchum, B. H. 1954. Relation between circulation and planktonic populations in estuaries. ***Ecology***, 35(2): 191-200.

Kilham, P., y R. E. Hecky. 1988. Comparative ecology of marine and freshwater phytoplankton. ***Limnology and Oceanography***, 33 (part 2): 776-795.

Kirk, J. T. O. 1994. ***Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems***. Cambridge University Press: Cambridge.

Kjerfve, B., y K. E. Magill. 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. ***Marine Geology***, 88: 187-199.

Kjerfve, B. 1994. Coastal Lagoons. En: Kjerfve B. (ed.) ***Coastal lagoon processes***. Elsevier. Amsterdam. Chapter 1:1-8 pp.

Knoppers B., y B. Kjerfve. 1999. Coastal lagoons of southeastern Brazil: Physical and biogeochemical characteristics. En: Pereillo, G. M. E., Piccolo, M. C., y M. Pino-Quivira. (Eds). ***Estuaries of South America. Their geomorphology and Dynamics***. Springer. Chapter 3: 35-66.

Krebs, C. J. 1999. ***Ecological methodology***. 2<sup>nd</sup> Ed. Benjamín Cummings, Menlo Park, California. 620 p.

Lara-Villa, M. A. Moreno-Ruiz, J. L. y E. J. Amaro-Mauricio. 1996. ***Fitoplancton. Conceptos básicos y técnicas de laboratorio***. UAM-I. 225 pp.

Lauria, M. L., Purdie, D. A. y J. Sharples. 1999. Contrasting phytoplankton distribution controlled by tidal turbulence in an estuary. ***Journal of Marine Systems***, 21(1-4): 189-197.

Legendre, L. y P. Legendre. 1978. Associations. En: Sournia, A. (Ed). ***Phytoplankton manual***. UNESCO. 261-272.

Legendre, L. y P. Legendre. 1984. ***Numerical ecology. Developments in environmental modelling***, 3. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Legendre, L. y F. Rassoulzadegan. 1995. Plankton and nutrients dynamics in marine waters. ***Ophelia***, 41: 153-172.

Licea, S., J. L. Moreno, H. Santoyo y G. Figueroa. 1995. ***Dinoflageladas del Golfo de California. México***. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México 165 p.

Lucas, C. H., Banham, C., y P. M. Holligan. 2001. Benthic-pelagic exchange of microalgae at a tidal flat. 2. Taxonomic analysis. ***Marine Ecology Progress Series***, 2212: 39-52.

Mallin, M. A., Paerl, H. W., Rudek, J. y P. W. Bates. 1993. Regulation of estuarine production by rain fall and river flow. ***Marine Ecology Progress Series***, 93: 199-203.

Marshall, H. G., y R. W., Alden. 1990. A comparison of phytoplankton assemblages and environmental relationships in three estuarine rivers of the lower Chesapeake Bay. ***Estuaries***, 13(3): 287-300.

Marshall, H. G., y R. W., Alden. 1993. A comparison of phytoplankton assemblages in the Chesapeake and Delaware estuaries (USA), with emphasis on diatoms. ***Hydrobiologia***, 269/270: 251-261.

Matta, J. F., y H. G., Marshall. 1984. A multivariate analysis of phytoplankton assemblages in the western North Atlantic. ***Journal of Plankton Research***, 6(4): 663-675.

Mc Garigal, K., Cushman, S. y S. Stafford. 2000. ***Multivariate statistics for wildlife and Ecology Research***. Springer-Verlag New York, Inc. 283 pp.

Medeiros, C. y B. Kjerfve. 1993. Hydrology of a tropical estuarine system: Itaramacá, Brazil. ***Estuarine, Coastal and Shelf Science***, 36: 495-515.

Menzel, D. W y 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.

Monbet, Y. 1992. Control of phytoplankton biomass in estuaries: A comparative análisis of microtidal and macrotidal estuaries. ***Estuaries***, 15(4): 563-571.

Morán-Silva, A., Contreras-Espinosa, F., Franco-López, J., Chávez-López, R., Peláez-Rodríguez, E. y C. M. Bedia-Sánchez. 1997. Caracterización espacio-temporal con base en la hidrología, nutrientes y clorofila a total y nanofitoplanctónica de la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México. ***Oceanología***, 2(14): 105-118.

Moreno, J. L., Licea, S. y H. Santoyo. 1995. ***Diatomeas del Golfo de California. México***. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 273 p.

Murphy, J y P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. ***Analítica Chemica Acta***, 27: 31-36.

Muyllaert, K. y 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.

Naselli-Flores, L. 2000. Phytoplankton assemblages in twenty-one Sicilian reservoirs: relations between species composition and environmental factors. ***Hydrobiología***, 424:1-11.

Nixon, S. W. 1982. Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. ***Oceanologica Acta***, Actes Symposium International sur les lagunes cotieres, SCOR/IABO/UNESCO, Bordeaux, 8-14 septembre, 357-371.

Olivos-Ortíz, A., Masó-Agustina, M. y J: Camp-Sancho. 2002. Aportes continentales de nutrientes y su posible influencia sobre las relaciones estequiométricas (DIN:P:Si) en las aguas del noreste del Mediterráneo español (Mar Catalán). ***Ciencias Marinas***, 28(2): 393-406.

Ortega, M. M. 1984. ***Catálogo de algas continentales recientes de México***. UNAM. 561 pp.

Park, G. S. y S. Y. Park. 2000. Long-term trends and temporal heterogeneity of water quality in tidally mixed estuarine waters. ***Marine Pollution Bulletin***, 40(12): 1201-1209.

Pielou, E. C. 1984. ***Mathematical Ecology***. John Wiley and Sons. USA. 385 pp.

Peragallo, M. 1965 ***Diatomées marines de France, districts maritimes voisins***. Atlas. A. Asher & Co. Amsterdam.

Prézelin, B. B. 1992. Diel periodicity in phytoplankton productivity. ***Hydrobiologia*** 238: 1-35.

Redfield, A. C., 1958. The biological control of chemical factors in the environment. ***American Science***. 46: 205-221.

Redfield, A. C., Ketchum, B. H., y F. A., Richards. 1963. The influence of the organisms on the composition of seawater. En: ***The sea***, Vol 2. Hill M. N. New York. 29-77 pp.

Rojo, C. y M. Alvarez-Cobelas. 2000. A plea for more ecology in phytoplankton ecology. ***Hydrobiologia***, 424: 141-146.

Rojo, C., Ortega-Mayagoitia E. y M. Alvarez-Cobelas. 2000. Lack of pattern among phytoplankton assemblages. Or, what does the exception to the rule mean?. ***Hydrobiologia***, 424: 1336-139.

Round, F. E., Crawford R. M. y D. G. Mann. 1990. ***The Diatoms. Biology and morphology of the genera***. Cambridge. University Press. 747 pp.

Salgado-Ugarte, I. H. 1992. ***Introducción al análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones***. Marc Ediciones. UNAM. México. 243 pp.

Sherman, B. S., Webster, I. T., Jones, G. J., y R. L. Oliver. 1998. Transitions between *Aulacoseira* and *Anabaena* dominance in a turbid river weir pool. ***Limnology and Oceanography***, 43(8): 1902-1915.

Schwartz, M. C. 1942. Photometric determination of silica in the presence of phosphates. ***Ind. Eng. Chem. Anal.*** Ed. 14(11): 893-895.

SCOR-UNESCO. 1980. ***Determination of chlorophyll in seawater***. UNESCO Technical papers in marine science. France. 35 pp.

Secretaria de Marina. 2004. ***Datos Meteorológicos para Puerto Madero, Chiapas, 2002-2003***. CD-ROM.

Shanks, A. L., y 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.

Snow, G. C., Adams, J. B. y G. C. Bate. 2000. Effect of river flow on estuarine microalgal biomass and distribution. ***Estuarine, Coastal and Shelf Science***, 51: 255-266.

Sokal, R. y F. J. Rohlf. 1981. ***Biometry***. Freeman, San Francisco, California. 259 pp.

Solis, R. S. y G. L. Powell. 1999. Hydrography, mixing characteristics, and residence times of Gulf of Mexico estuaries. En: Bianchi, T. S., J. R., Pennock y R. R. Twilley (Eds). ***Biogeochemistry of Gulf of Mexico estuaries***. Chapter 2: 29-61.

Solórzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural water by phenol-hypochlorite method. ***Limnology and Oceanography***, 14: 799-801.

Souissi S., Yahia-Kéfi O. D., y M. N. D., Yahia. 2000. Spatial characterization of nutrient dynamics in the Bay of Tunis (south-western Mediterranean) using multivariate analyses: consequences for phyto and zooplankton distribution. ***Journal of Plankton Research***, 22(1): 2039-2059.

Strickland, J. y T. R. Parsons. 1972. ***A practical handbook of seawater analysis***. Fisheries Research Board of Canada. 310 pp.

Tabachnick, B. G., y L. S. Fidell. 1989. ***Using multivariate statistics***. Harper and Row. New York.

Ter Braak, C. J. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. ***Ecology***, 67:1167-1179.

Tomas, C. R., 1997. **Identifying Marine Phytoplankton**. Academic Press. San Diego. USA. 858 pp.

Tomas, W. H., y C. H. Gibson. 1990. Effects of small-scale turbulence on microalgae. **Journal of Applied Phycology**, 2: 71-77.

Trigueros, J. M. y E. Orive. 2000. Tidally driven distribution of phytoplankton blooms in a shallow macrotidal estuary. **Journal of Plankton Research**, 22(5): 969-986.

Trigueros, J. M. y E. Orive. 2001. Seasonal variations of diatoms and dinoflagellates in a shallow, temperate estuary, with emphasis on neritic assemblages. **Hydrobiologia** 444: 119-133.

Varona-Cordero, C. F. y F. J. M. Gutiérrez. 2003. Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. En: Meave del Castillo M. E y M. Castillo-Rivera (Eds.): Planctología. Número especial **Hidrobiologica**, 13(1): 177-194.

Vernberg, F. J. 1981. Comparative studies of tropical and temperate zone coastal systems. **Bulletin of Marine Science**, 31(3): 801-808.

Ward, L. G., y G. M. Ashley. 1989. Introduction: Coastal Lagoonal systems. **Marine Geology**, 88: 181-185.

Wetzel, G. R. y E. G. Likens. 1991. **Limnological Analyses**. Springer-Verlag. N. York, Inc. 391 pp.

Zar, J. H. 1997. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N. Jersey. 718 pp.

## ANEXOS



**ANEXO 1**

**ANÁLISIS DE VARIANZA (ANDEVA Y KRUSKALL-WALLIS Y COMPRACIONES MULTIPLES)  
CHANTUTO-PANZACOLA**

TEMPERATURA	Test Value	Prob Level	Decision		
Assumption			-0.05		
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.2021	0.96019	Accept		
Analysis of Variance Table					
Source	Sum of Squares	Mean Square	Prob Level	Power (Alpha=0.05)	
Term	DF	s	Ratio		
A: mes	5	177.40	35.481	15.1 .00000*	1
S(A)	53	124.52	2.3495		
Total (Adjusted)	58	301.93			
Total	59				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
NOVIEMBRE(5)	10	28.43	6, 3, 1
OCTUBRE(4)	10	29.11	3, 1
JUNIO(2)	10	30.23	3, 1
		30.9222	
FEBRERO(6)	9	32.55	5, 1
AGOSTO(3)	10	32.55	5, 4, 2
ABRIL(1)	10	33.22	5, 4, 2, 6

**CARRETAS-PEREYRA**

TEMPERATURA	Test Value	Prob Level	Decision		
Assumption			-0.05		
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.2021	0.96019	Accept		
Analysis of Variance Table					
Source	Sum of Squares	Mean Square	Prob Level	Power (Alpha=0.05)	
Term	DF	s	Ratio		
A: mes	5	87.945	17.589	7.35 .00009*	0.99674
S(A)	34	81.313	2.3915		
Total (Adjusted)	39	169.25			
Total	40				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
NOVIEMBRE(5)	7	28.6142	9, 3, 1
OCTUBRE(4)	5	29.12	1
		31.0142	
JUNIO(2)	7	31.0375	5
AGOSTO(3)	8	31.0375	5
FEBRERO(6)	6	31.05	
		33.1714	
ABRIL(1)	7	33.1714	5, 4



CHANTUTO-PANZACOLA

SALINIDAD	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	2.4675	0.04405	Reject

Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

Ho: All medians are equal.

Ha: At least two medians are different.

Test Results	DF	X <sup>2</sup> (H)	Prob Level	Decision (0.05)
Method				
Not Corrected for Ties	5.00	38.06	0.00	Reject Ho
Corrected for Ties	5.00	38.07	0.00	Reject Ho

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test

UPS	ABRIL	JUN	AGO	OCT	NOV	FEB
ABRIL	0.00	3.24	3.75	5.47	3.95	1.32
JUNIO	3.24	0.00	0.51	2.23	0.72	1.83
AGOSTO	3.75	0.51	0.00	1.72	0.20	2.33
OCTUBRE	5.47	2.23	1.72	0.00	1.52	4.00
NOVIEMBRE	3.95	0.72	0.20	1.52	0.00	2.52
FEBRERO	1.32	1.83	2.33	4.00	2.52	0.00

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

CARRETAS-PEREYRA

SALINIDAD	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	3.4677	0.01222	Reject

Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

Ho: All medians are equal.

Ha: At least two medians are different.

Test Results	DF	X <sup>2</sup> (H)	Prob Level	Decision (0.05)
Method				
Not Corrected for Ties	5.00	24.47	0.00	Reject Ho
Corrected for Ties	5.00	24.47	0.00	Reject Ho

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test

UPS	ABRIL	JUN	AGO	OCT	NOV	FEB
ABRIL	0.00	2.24	2.90	4.55	3.59	1.92
JUNIO	2.24	0.00	0.58	2.50	1.35	0.23
AGOSTO	2.90	0.58	0.00	2.04	0.81	0.80
OCTUBRE	4.55	2.50	2.04	0.00	1.27	2.64
NOVIEMBRE	3.59	1.35	0.81	1.27	0.00	1.53
FEBRERO	1.92	0.23	0.80	2.64	1.53	0.00

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

CHANTUTO-PANZACOLA

TRANSPARENCIA ( $Z_{sd}$ )	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.0299	0.40971	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
Term	DF	Squares	F- Ratio	Alpha=0.05
A: mes	5	5.96E-1	3.85	.916476
S(A)	53	1.6399	3.09E-02	
Total (Adjusted)	58	2.2357		
Total	59			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
AGOSTO(3)	10	0.39	5
JUNIO(2)	10	0.43	5
FEBRERO(6)	9	0.4555556	
ABRIL(1)	10	0.465	
OCTUBRE(4)	10	0.559	
NOVIEMBRE(5)	10	0.69	3, 2

CARRETAS-PEREYRA

TRANSPARENCIA ( $Z_{sd}$ )	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.5302	0.75183	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
Term	DF	Squares	F- Ratio	Alpha=0.05
A: mes	5	9.85E-02	0.41	.141014
S(A)	34	1.64889	4.85E-02	
Total (Adjusted)	39	1.747398		
Total	40			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
FEBRERO(6)	6	0.4183333	
JUNIO(2)	7	0.4428571	
ABRIL(1)	7	0.4571429	
OCTUBRE(4)	5	0.48	
NOVIEMBRE(5)	7	0.5142857	
AGOSTO(3)	8	0.5625	

**CHANTUTO-PANZACOLA**

<b>PROFUNDIDAD TOTAL</b>	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.7282	0.60543	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
Term	DF	Squares	F- Ratio	Alpha=0 .05
A: mes	5	0.457691	9.15E-02	0.71 0.6158 0.23763
			0.128255	
S(A)	53	6.797539	5	
Total (Adjusted)	58	7.25523		
Total	59			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
JUNIO(2)	10	0.79	
ABRIL(1)	10	0.81	
AGOSTO(3)	10	0.84	
FEBRERO(6)	9	0.8611111	
NOVIEMBRE(5)	10	0.943	
OCTUBRE(4)	10	1.044	

**CARRETAS-PEREYRA**

<b>PROFUNDIDAD TOTAL</b>	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.6678	0.65043	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
Term	DF	Squares	F- Ratio	Alpha=0 .05
A: mes	5	0.841778	0.168355	1.1 0.3784 0.34157
			0.153038	
S(A)	34	5.203319	8	
Total (Adjusted)	39	6.045097		
Total	40			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
FEBRERO(6)	6	0.5183333	
JUNIO(2)	7	0.6714286	
ABRIL(1)	7	0.7	
NOVIEMBRE(5)	7	0.8	
OCTUBRE(4)	5	0.88	
AGOSTO(3)	8	0.9625	

CHANTUTO-PANZACOLA

OXÍGENO DISUELTO	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.0655	0.38992	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
	DF	Squares	F-	Alpha=0
Term		Square	Ratio	.05
A: mes	5	27.72945	3.46	.0088*
S(A)	53	84.86394		.881471
Total (Adjusted)	58	112.5934		
Total	59			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
OCTUBRE(4)	10	1.645285	6
NOVIEMBRE(5)	10	2.58226	
AGOSTO(3)	10	2.626423	
ABRIL(1)	10	2.66609	
JUNIO(2)	10	3.087615	
FEBRERO(6)	9	3.99196	4

CARRETAS-PEREYRA

OXÍGENO DISUELTO	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.4728	0.79389	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
	DF	Squares	F-	Alpha=0
Term		Square	Ratio	.05
A: mes	5	22.08452	2.05	0.0955
S(A)	35	75.42877		0.61124
Total (Adjusted)	40	97.51329		
Total	41			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
OCTUBRE(4)	5	3.089789	
ABRIL(1)	7	3.134309	
NOVIEMBRE(5)	7	3.218862	
AGOSTO(3)	8	3.273781	
JUNIO(2)	8	3.712582	
FEBRERO(6)	6	5.297805	

CHANTUTO-PANZACOLA

%SATURACIÓN	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.1678	0.33727	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
	DF	Squares	F- Ratio	Alpha=0
Term		Square	Level	.05
A: mes	5	16122.6	4.89	0.0009*
S(A)	53	34927.89		0.96975
Total (Adjusted)	58	51050.48		
Total	59			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
OCTUBRE(4)	10	30.78673	1, 6
NOVIEMBRE(5)	10	49.50224	6
AGOSTO(3)	10	54.3301	
JUNIO(2)	10	61.64147	
ABRIL(1)	10	64.80827	4
FEBRERO(6)	9	86.44651	4, 5

CARRETAS-PEREYRA

%SATURACIÓN	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.5406	.744117	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
	DF	Squares	F- Ratio	Alpha=0
Term		Square	Level	.05
A: mes	5	12279.57	2.57	0.0448*
S(A)	34	32528.83		0.72323
Total (Adjusted)	39	44808.4		
Total	40			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
OCTUBRE(4)	5	60.02008	
NOVIEMBRE(5)	7	62.85672	6
AGOSTO(3)	8	69.93446	
ABRIL(1)	7	77.44995	
JUNIO(2)	7	78.0778	
FEBRERO(6)	6	115.7923	5

CHANTUTO-PANZACOLA

pH	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.158	0.34206	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
	DF	Squares	F- Ratio	Alpha=0
		Square	Level	.05
Term				
A: mes	5	11.58926	23.7	.0000*
S(A)	53	5.18054	9.77E-02	
Total (Adjusted)	58	16.7698		
Total	59			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
OCTUBRE(4)	10	6.462	3, 5, 2, 1, 6
AGOSTO(3)	10	7.178	4, 1, 6
NOVIEMBRE(5)	10	7.34	4, 6
JUNIO(2)	10	7.433	4, 6
ABRIL(1)	10	7.597	4, 3
FEBRERO(6)	9	7.91	4, 3, 5, 2

CARRETAS-PEREYRA

pH	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.8664	0.12713	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
	DF	Squares	F- Ratio	Alpha=0
		Square	Level	.05
Term				
A: mes	5	1.908466	2.04	0.0984
S(A)	33	6.173108	1.87E-01	0.60442
Total (Adjusted)	38	8.081574		
Total	39			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
OCTUBRE(4)	5	7.228	
AGOSTO(3)	8	7.26125	
ABRIL(1)	7	7.585714	
JUNIO(2)	6	7.605	
NOVIEMBRE(5)	7	7.671429	
FEBRERO(6)	6	7.866667	

**NUTRIENTES**  
CHANTUTO-PANZACOLA

AMONIO	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.7946	0.13427	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power Alpha=0.05
Term	DF	Squares	Square	Ratio	Level
A: mes	5	696.2914	139.2583	2.99	.0209*
S(A)	43	2001.494	4.65E+01		
Total (Adjusted)	48	2697.785			
Total	49				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
NOVIEMBRE(5)	3	0.8681054	
FEBRERO(6)	7	1.759965	
OCTUBRE(4)	10	1.870055	1
JUNIO(2)	10	5.046754	
AGOSTO(3)	10	7.18623	
ABRIL(1)	9	11.93368	4

**CARRETAS-PEREYRA**  
AMONIO

%SATURACIÓN	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.8096	0.16135	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power Alpha=0.05
Term	DF	Squares	Square	Ratio	Level
A: mes	4	57.08304	14.27076	1.14	0.3622
S(A)	23	287.6716	1.25E+01		
Total (Adjusted)	27	344.7546			
Total	28				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
NOVIEMBRE(5)	1	0.7609684	5
OCTUBRE(4)	5	1.833834	
JUNIO(2)	8	3.854841	2
AGOSTO(3)	8	5.118052	3
FEBRERO(6)	6	5.483549	6

CHANTUTO-PANZACOLA

NITRATOS + NITRITOS

	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	2.9614	0.025239	Reject

Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

Ho: All medians are equal.

Ha: At least two medians are different.

Test Results Method	DF	X <sup>2</sup> (H)	Prob Level	Decision (0.05)
Not Corrected for Ties	5.00	46.92	0.00	Reject Ho
Corrected for Ties	5.00	46.92	0.00	Reject Ho

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test

NO3+2	ABRIL	JUN	AGO	OCT	NOV	FEB
ABRIL	0.00	3.36	3.15	2.32	0.07	0.18
JUNIO	3.36	0.00	0.21	5.68	3.35	3.09
AGOSTO	3.15	0.21	0.00	5.47	3.14	2.88
OCTUBRE	2.32	5.68	5.47	0.00	2.18	2.44
NOVIEMBRE	0.07	3.35	3.14	2.18	0.00	0.25
FEBRERO	0.18	3.09	2.88	2.44	0.25	0.00

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

CARRETAS-PEREYRA

NITRATOS + NITRITOS

	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	2.9614	0.025239	Reject

Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

Ho: All medians are equal.

Ha: At least two medians are different.

Test Results Method	DF	X <sup>2</sup> (H)	Prob Level	Decision (0.05)
Not Corrected for Ties	5.00	13.72	0.02	Reject Ho
Corrected for Ties	5.00	13.72	0.02	Reject Ho

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test

NO3+2	ABRIL	JUN	AGO	OCT	NOV	FEB
ABRIL	0.00	0.06	2.86	0.18	1.69	1.45
JUNIO	0.06	0.00	3.02	0.23	1.80	1.55
AGOSTO	2.86	3.02	0.00	2.24	1.11	1.24
OCTUBRE	0.18	0.23	2.24	0.00	1.27	1.08
NOVIEMBRE	1.69	1.80	1.11	1.27	0.00	0.17
FEBRERO	1.45	1.55	1.24	1.08	0.17	0.00

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

**CHANTUTO-PANZACOLA**

<b>ORTOFOSFATOS</b>	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	2.2385	0.06382	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power	
	DF	Squares	F-	Alpha=0	
Term		Square	Ratio	Level	
A: mes	5	625.5462	125.1092	9.7 .0001*	0.99989
S(A)	53	683.5945	12.89801		
Total (Adjusted)	58	1309.141			
Total	59				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
ABRIL(1)	10	1.644346	4, 3, 5, 2
FEBRERO(6)	9	1.689432	4, 3, 5, 2
OCTUBRE(4)	10	6.746249	1, 6
AGOSTO(3)	10	7.810272	1, 6
NOVIEMBRE(5)	10	8.997046	1, 6
JUNIO(2)	10	9.774407	1, 6

**CARRETAS-PEREYRA**

<b>ORTOFOSFATOS</b>	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.9985	0.43300	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power	
	DF	Squares	F-	Alpha=0	
Term		Square	Ratio	Level	
A: mes	5	333.2392	66.64783	2.13 0.0849	0.63049
S(A)	35	1095.757	31.30733		
Total (Adjusted)	40	1428.996			
Total	41				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
FEBRERO(6)	6	3.825224	
ABRIL(1)	7	4.382578	
AGOSTO(3)	8	6.650524	
NOVIEMBRE(5)	7	8.852251	
OCTUBRE(4)	5	10.78668	
JUNIO(2)	8	11.24604	

CHANTUTO-PANZACOLA

SILICATOS

	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	2.5576	0.038069	Reject

Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses  
 Ho: All medians are equal.  
 Ha: At least two medians are different.

Test Results Method	DF	X <sup>2</sup> (H)	Prob Level	Decision (0.05)
Not Corrected for Ties	5.00	35.62	0.00	Reject Ho
Corrected for Ties	5.00	35.62	0.00	Reject Ho

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test

SIO2	ABRIL	JUN	AGO	OCT	NOV	FEB
ABRIL	0.00	1.72	0.61	2.17	2.88	1.26
JUNIO	1.72	0.00	1.11	0.46	4.60	2.93
AGOSTO	0.61	1.11	0.00	1.56	3.49	1.86
OCTUBRE	2.17	0.46	1.56	0.00	5.05	3.38
NOVIEMBRE	2.88	4.60	3.49	5.05	0.00	1.54
FEBRERO	1.26	2.93	1.86	3.38	1.54	0.00

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

CARRETAS-PEREYRA

SILICATOS

Assumption	Test Value	Prob Level	Decision
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.9175	0.11887	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of DF	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power Alpha=0.05
Term					
A: mes	5	879.8063	175.9613	5.33	.0011*
S(A)	32	1056.302	3.30E+01		
Total (Adjusted)	37	1936.108			
Total	38				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
 MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
AGOSTO(3)	6	3.351382	4
NOVIEMBRE(9)	7	4.140404	4
JUNIO(2)	7	7.750715	4
FEBRERO(6)	6	8.05804	4
ABRIL(1)	7	9.763062	
OCTUBRE(4)	5	19.20249	3, 5, 2, 6

**PARÁMETROS BIOLÓGICOS**  
**CHANTUTO-PANZACOLA**

CLOROFILA a	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.9438	0.44900	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power Alpha=0.05
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level
A: mes	4	3314.816	828.704	1.13	0.3564
S(A)	39	28598.26	733.2886		0.32114
Total (Adjusted)	43	31913.07			
Total	44				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
 Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
 MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
AGOSTO(3)	10	10.37251	
JUNIO(2)	10	11.86502	
OCTUBRE(4)	5	18.98176	
NOVIEMBRE(5)	10	27.69398	
FEBRERO(6)	9	31.20293	

**CARRETAS-PEREYRA**

CLOROFILA a	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.3773	0.82283	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power Alpha=0.05
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio	Level
A: mes	4	2346.318	586.5796	0.69	0.6022
S(A)	28	23657.72	844.9186		0.19703
Total (Adjusted)	32	26004.04			
Total	33				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
 Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
 MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
OCTUBRE(4)	5	18.85037	
NOVIEMBRE(5)	6	25.66845	
FEBRERO(6)	6	30.60637	
AGOSTO(3)	8	31.47042	
JUNIO(2)	8	44.4297	

**CHANTUTO-PANZACOLA**

<b>CLOROFILA a NANO</b>	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	1.8836	0.15222	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
	DF	Squares	F-	Alpha=0
Term		Square	Ratio	.05
A: mes	3	10907.56	2.48	0.0784
S(A)	32	46822.59		0.56191
Total (Adjusted)	35	57730.16		
Total	36			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
OCTUBRE(4)	7	2.422095	4
JUNIO(2)	10	6.932928	2
AGOSTO(3)	10	13.4664	3
FEBRERO(6)	9	47.39867	6

**CARRETAS-PEREYRA**

<b>CLOROFILA a NANO</b>	Test	Prob	Decision
Assumption	Value	Level	-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	2.6823	0.07296	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
	DF	Squares	F-	Alpha=0
Term		Square	Ratio	.05
A: mes	3	25835.79	3.75	.0267*
S(A)	21	48285.18		0.72819
Total (Adjusted)	24	74120.97		
Total	25			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
AGOSTO(3)	8	18.11994	2
OCTUBRE(4)	4	22.77072	
FEBRERO(6)	5	44.1505	
JUNIO(2)	8	92.8234	3

**CHANTUTO-PANZACOLA  
ÍNDICE TRÓFICO**

	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.9042	0.47095	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of DF	Mean Square	Prob F-Ratio	Power Alpha=0.05
Term				
A: mes	4	670.9295	1.29	0.2918
S(A)	39	5084.024		
Total (Adjusted)	43	5754.954		
Total	44			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
AGOSTO(3)	10	48.516113	
JUNIO(2)	10	50.814192	
OCTUBRE(4)	5	51.199554	
FEBRERO(6)	9	55.954236	
NOVIEMBRE(5)	10	58.734865	

**CARRETAS-PEREYRA  
ÍNDICE TRÓFICO**

	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test	0.6917	0.60388	Accept

Analysis of Variance Table

Source	Sum of DF	Mean Square	Prob F-Ratio	Power Alpha=0.05
Term				
A: mes	4	488.3813	1.28	0.3027
S(A)	28	2678.053		
Total (Adjusted)	32	3166.434		
Total	33			

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test  
Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34  
MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
OCTUBRE(4)	5	53.06851	
NOVIEMBRE(5)	6	57.48336	
FEBRERO(6)	6	61.62244	
AGOSTO(3)	8	62.10024	
JUNIO(2)	8	64.5306	

CHANTUTO-PANZACOLA

PRODUCCIÓN PRIMARIA

NETA	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test			

Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

Ho: All medians are equal.

Ha: At least two medians are different.

Test Results	Method	DF	X <sup>2</sup> (H)	Prob Level	Decision (0.05)
	Not Corrected for Ties	4.00	5.14	0.27	Accept Ho
	Corrected for Ties	4.00	5.14	0.27	Accept Ho

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test

PPN	ABRIL	JUN	AGO	OCT	NOV	FEB
ABRIL	0.00	0.29	1.38		1.31	0.93
JUNIO	0.29	0.00	0.75		0.84	1.02
AGOSTO	1.38	0.75	0.00		0.24	1.81
OCTUBRE						
NOVIEMBRE	1.31	0.84	0.24		0.00	1.78
FEBRERO	0.93	1.02	1.81		1.78	0.00

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

CARRETAS-PEREYRA

PRODUCCIÓN PRIMARIA

NETA	Test Value	Prob Level	Decision
Assumption			-0.05
Modified-Levene Equal-Variance Test 0.7596 0.59339 Accept			

Analysis of Variance Table

Source	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power Alpha=0
Term	DF	Squares	Square		.05
A: mes	5	21800.78	4360.157	0.27	0.9199
S(A)	14	222933.2	15923.8		
Total (Adjusted)	19	244734			
Total	20				

\* Term significant at alpha = 0.05

Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=34 MSE=2.391564 Critical Value=4.268459

Group	Count	Mean	Different From Groups
FEBRERO(6)	1	51.77388	6
NOVIEMBRE(5)	1	89.32011	5
JUNIO(2)	7	97.97758	2
AGOSTO(3)	2	108.6666	3
ABRIL(1)	6	140.0519	1
OCTUBRE(4)	3	178.1916	4

ANEXO 2. MATRIZ DE CORRELACIÓN (PEARSON)

CHANTUTO-PANZACOLA		> 0.1																						
CARRETAS-PEREYRA		> 0.05																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Prof. Total (1)	1.00	0.32	-0.55	-0.26	-0.26	-0.18	-0.29	-0.30	-0.30	-0.21	-0.06	0.22	0.14	0.03	-0.13	-0.09	-0.07	0.13	-0.12	0.09	-0.03	0.12	-0.01	
N=40	N=59	N=59	N=59	N=44	N=59	N=59	N=59	N=59	N=59	N=44	N=36	N=22	N=48	N=47	N=42	N=58	N=58	N=57	N=55	N=59	N=59	N=58	N=53	
p=---	p=0.13	p=0.00	p=0.04	p=0.094	p=0.183	p=0.28	p=0.23	p=0.20	p=0.165	p=0.722	p=0.326	p=0.357	p=0.824	p=0.409	p=0.499	p=0.600	p=0.317	p=0.399	p=0.483	p=0.798	p=0.374	p=0.919		
Secchi (2)	0.67	1.00	0.54	-0.54	-0.15	0.04	-0.12	-0.24	-0.25	-0.20	-0.30	-0.10	-0.15	-0.08	-0.02	-0.19	-0.24	0.24	-0.17	-0.40	0.08	0.38	0.11	
N=40	N=40	N=59	N=59	N=44	N=59	N=59	N=59	N=59	N=44	N=36	N=22	N=48	N=47	N=42	N=58	N=58	N=57	N=55	N=59	N=59	N=58	N=53		
p=0.00	p=---	p=0.00	p=0.00	p=0.319	p=0.749	p=0.365	p=0.071	p=0.061	p=0.190	p=0.071	p=0.653	p=0.302	p=0.613	p=0.917	p=0.164	p=0.070	p=0.072	p=0.214	p=0.002	p=0.540	p=0.004	p=0.445		
Secchi% (3)	-0.32	0.43	1.00	-0.18	0.07	0.31	0.16	0.04	0.07	-0.09	-0.28	-0.31	-0.22	-0.15	0.12	-0.11	-0.17	-0.04	0.03	-0.45	0.09	0.17	0.07	
N=40	N=40	N=40	N=59	N=44	N=59	N=59	N=59	N=59	N=44	N=36	N=22	N=48	N=47	N=42	N=58	N=58	N=57	N=55	N=59	N=59	N=58	N=53		
p=0.043	p=0.006	p=---	p=0.170	p=0.654	p=0.018	p=0.236	p=0.752	p=0.604	p=0.583	p=0.094	p=0.157	p=0.129	p=0.306	p=0.440	p=0.397	p=0.216	p=0.744	p=0.842	p=0.000	p=0.486	p=0.215	p=0.640		
Temp. agua (4)	-0.21	-0.32	-0.21	1.00	0.33	0.47	0.29	0.16	0.29	0.03	0.31	0.14	0.44	-0.07	0.04	0.10	0.26	-0.30	0.46	0.13	0.11	-0.16	-0.16	
N=40	N=40	N=40	N=40	N=59	N=44	N=59	N=59	N=59	N=44	N=36	N=22	N=48	N=47	N=42	N=58	N=58	N=57	N=55	N=59	N=59	N=58	N=53		
p=0.201	p=0.042	p=0.187	p=---	p=0.029	p=0.000	p=0.025	p=0.221	p=0.027	p=0.853	p=0.069	p=0.530	p=0.002	p=0.647	p=0.825	p=0.465	p=0.052	p=0.024	p=0.000	p=0.339	p=0.394	p=0.244	p=0.249		
Temp. amb (5)	-0.02	-0.14	-0.26	0.13	1.00	0.11	-0.05	-0.11	-0.08	0.09	0.13	-0.49	-0.04	-0.10	0.03	-0.10	-0.01	-0.09	0.17	0.33	0.17	0.13	-0.31	
N=33	N=33	N=33	N=33	N=33	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44	N=30	N=21	N=16	N=33	N=28	N=43	N=43	N=42	N=40	N=44	N=44	N=43	N=38		
p=0.895	p=0.437	p=0.139	p=0.485	p=---	p=0.489	p=0.763	p=0.465	p=0.624	p=0.640	p=0.582	p=0.055	p=0.811	p=0.580	p=0.872	p=0.541	p=0.949	p=0.551	p=0.296	p=0.031	p=0.262	p=0.393	p=0.057		
Salinidad (6)	0.11	0.16	0.11	0.50	-0.28	1.00	0.54	0.13	0.31	-0.23	0.01	0.50	0.20	-0.36	-0.17	-0.16	-0.04	-0.50	0.48	-0.34	0.43	-0.13	-0.21	
N=40	N=40	N=40	N=40	N=33	N=40	N=40	N=59	N=59	N=59	N=44	N=36	N=22	N=48	N=47	N=42	N=58	N=58	N=57	N=55	N=59	N=59	N=58	N=53	
p=0.499	p=0.337	p=0.482	p=0.001	p=0.116	p=---	p=0.000	p=0.322	p=0.018	p=0.137	p=0.934	p=0.018	p=0.182	p=0.012	p=0.285	p=0.243	p=0.766	p=0.000	p=0.000	p=0.009	p=0.001	p=0.319	p=0.129		
pH (7)	-0.10	-0.12	0.00	-0.11	-0.17	0.28	1.00	0.74	0.80	0.42	0.30	0.36	0.03	-0.28	0.09	0.03	0.04	-0.00	0.30	0.00	0.21	-0.29	0.10	
N=39	N=39	N=39	N=39	N=33	N=39	N=40	N=40	N=59	N=59	N=44	N=36	N=22	N=48	N=47	N=42	N=58	N=58	N=57	N=55	N=59	N=59	N=58	N=53	
p=0.540	p=0.455	p=0.996	p=0.494	p=0.338	p=0.080	p=---	p=0.000	p=0.000	p=0.004	p=0.075	p=0.103	p=0.826	p=0.053	p=0.579	p=0.813	p=0.738	p=0.035	p=0.025	p=0.000	p=0.115	p=0.029	p=0.495		
O <sub>2</sub> (8)	-0.28	-0.27	-0.08	0.30	0.09	-0.01	0.09	1.00	0.98	0.62	0.25	-0.03	-0.12	-0.06	-0.05	0.08	0.06	-0.14	0.13	-0.29	-0.06	-0.16	0.27	
N=40	N=40	N=40	N=40	N=33	N=40	N=40	N=41	N=59	N=44	N=36	N=22	N=48	N=47	N=42	N=58	N=58	N=57	N=55	N=59	N=59	N=58	N=53		
p=0.080	p=0.086	p=0.603	p=0.063	p=0.638	p=0.956	p=0.584	p=---	p=0.000	p=0.000	p=0.150	p=0.901	p=0.411	p=0.710	p=0.762	p=0.553	p=0.673	p=0.315	p=0.338	p=0.028	p=0.643	p=0.234	p=0.049		
% Sat (9)	-0.27	-0.27	-0.09	0.41	0.06	0.18	0.14	0.98	1.00	0.56	0.25	0.11	-0.08	-0.12	-0.09	0.04	0.05	-0.23	0.22	-0.31	0.00	-0.17	0.24	
N=40	N=40	N=40	N=40	N=33	N=40	N=39	N=40	N=40	N=44	N=36	N=22	N=48	N=47	N=42	N=58	N=58	N=57	N=55	N=59	N=59	N=58	N=53		
p=0.096	p=0.097	p=0.596	p=0.009	p=0.738	p=0.270	p=0.392	p=0.000	p=---	p=0.000	p=0.147	p=0.622	p=0.589	p=0.427	p=0.577	p=0.746	p=0.713	p=0.081	p=0.111	p=0.017	p=0.986	p=0.193	p=0.089		
Clor agua (10)	-0.26	-0.50	-0.23	0.19	0.04	-0.01	0.36	0.12	0.10	1.00	0.73	0.27	-0.26	-0.38	0.01	-0.30	-0.30	0.03	-0.20	-0.13	-0.01	0.08	0.03	
N=32	N=32	N=32	N=32	N=25	N=32	N=32	N=33	N=32	N=33	N=32	N=15	N=35	N=35	N=35	N=34	N=43	N=44	N=43	N=42	N=44	N=44	N=42		
p=0.150	p=0.004	p=0.201	p=0.295	p=0.840	p=0.955	p=0.043	p=0.494	p=0.590	p=---	p=0.000	p=0.322	p=0.138	p=0.025	p=0.939	p=0.052	p=0.048	p=0.825	p=0.204	p=0.388	p=0.949	p=0.589	p=0.837		
Clor nano (11)	-0.24	-0.56	-0.30	0.31	0.35	-0.14	0.17	-0.01	-0.03	0.57	1.00	0.28	-0.09	-0.38	0.24	-0.22	-0.22	-0.24	-0.01	-0.09	0.06	-0.05	0.05	
N=20	N=20	N=20	N=20	N=13	N=20	N=20	N=21	N=20	N=21	N=21	N=21	N=34	N=34	N=26	N=36	N=36	N=35	N=35	N=36	N=36	N=36	N=31		
p=0.310	p=0.011	p=0.197	p=0.190	p=0.236	p=0.560	p=0.461	p=0.969	p=0.890	p=0.007	p=---	p=0.371	p=0.602	p=0.042	p=0.247	p=0.191	p=0.204	p=0.168	p=0.947	p=0.615	p=0.711	p=0.769	p=0.805		
PPN (12)	0.30	0.14	-0.06	-0.63	0.15	0.03	0.28	-0.27	-0.32	0.04	-0.33	1.00	0.33	-0.42	-0.24	-0.44	-0.30	-0.08	0.12	-0.16	0.41	0.30	-0.39	
N=17	N=17	N=17	N=17	N=13	N=17	N=17	N=18	N=17	N=12	N=9	N=18	N=16	N=22	N=14	N=22	N=21	N=21	N=21	N=20	N=22	N=22	N=21	N=22	
p=0.247	p=0.579	p=0.815	p=0.007	p=0.629	p=0.913	p=0.284	p=0.280	p=0.216	p=0.900	p=0.388	p=---	p=0.207	p=0.051	p=0.415	p=0.041	p=0.182	p=0.735	p=0.613	p=0.484	p=0.062	p=0.185	p=0.074		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (13)	-0.44	-0.46	0.07	0.34	0.15	-0.10	-0.07	0.28	0.26	0.29	0.23	-0.17	1.00	0.12	0.26	0.27	0.46	-0.06	0.59	0.15	0.06	-0.28	-0.17	
N=27	N=27	N=27	N=27	N=20	N=27	N=27	N=28	N=27	N=28	N=21	N=11	N=28	N=37	N=35	N=47	N=48	N=48	N=46	N=45	N=48	N=48	N=48	N=42	
p=0.022	p=0.015	p=0.722	p=0.085	p=0.533	p=0.614	p=0.735	p=0.149	p=0.184	p=0.131	p=0.314	p=0.613	p=---	p=0.462	p=0.137	p=0.071	p=0.001	p=0.685	p=0.000	p=0.300	p=0.685	p=0.052	p=0.287		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (14)	-0.10	-0.32	-0.31	0.19	0.36	0.15	-0.02	0.00	0.08	0.20	0.06	0.53	-0.15	1.00	-0.30	1.00	0.94	0.55	0.08	0.36	-0.23	-0.52	0.06	
N=37	N=37	N=37	N=37	N=30	N=37	N=37	N=38	N=37	N=30	N=19	N=17	N=25	N=38	N=31	N=47	N=46	N=46	N=46	N=45	N=47	N=47	N=46	N=45	
p=0.574	p=0.056	p=0.061	p=0.256	p=0.054	p=0.374	p=0.900	p=0.978	p=0.642	p=0.300	p=0.800	p=0.028	p=0.473	p=---	p=0.101	p=0.000	p=0.000	p=0.000	p=0.598	p=0.012	p=0.122	p=0.000	p=0.682		
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (15)	0.04	0.28	0.41	-0.31	-0.51	0.02	-0.19	-0.18	-0.20	-0.26	-0.43	-0.03	-0.16	-0.29	1.00	-0.11	-0.11	-0.10	0.08	-0.25	-0.06	-0.02	0.10	
N=26	N=26	N=26	N=26	N=22	N=26	N=25	N=26	N=26	N=20	N=11	N=12	N=15	N=25	N=26	N=41	N=42	N=41	N=40	N=42	N=42	N=42	N=42	N=36	
p=0.833	p=0.159	p=0.037	p=0.120	p=0.015	p=0.926	p=0.352	p=0.393	p=0.325	p=0.264	p=0.184	p=0.925	p=0.572	p=0.161	p=---	p=0.496	p=0.492	p=0.525	p=0.625	p=0.107	p=0.725	p=0.905	p=0.546		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (16)	-0.11	-0.27	-0.23	0.07	0.24	0.13	-0.04	-0.06	0.01	0.13	0.06	0.53	-0.16	0.94	0.05	1.00	0.95	0.38	0.21	0.21	-0.18	-0.33	0.04	
N=37	N=37	N=37	N=37	N=30	N=37	N=37	N=38	N=37	N=30	N=19	N=17	N=25	N=38	N=35	N=38	N=38								
p=0.529	p=0.111	p=0.172	p=0.664	p=0.208	p=0.454	p=0.808	p=0.699	p=0.954	p=0.509	p=0.795	p=0.029	p=0.444	p=0.000											

**ANEXO 3. Valores (loadings) de las especies de acuerdo al Análisis de Componentes Principales**  
**1. CHANTUTO-PANZACOLA**

PCA variable loadings							
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5	Axis 6	Axis 7
<i>Art sp.</i>	-0.108	0.01	0.012	0.043	0.115	0.038	0.377
<i>Clos sp. 1</i>	-0.291	0.06	0.001	0.047	0.119	0.064	0.049
<i>Clos sp. 2</i>	-0.121	0.05	-0.006	-0.002	0.062	-0.371	-0.372
<i>Eud sp.</i>	-0.101	0.03	0.02	0.031	-0.148	0.199	-0.575
<i>Ana sp.</i>	-0.272	0.06	0.003	0.044	0.103	0.012	-0.057
<i>Osc sp.</i>	-0.101	0.01	0.039	0.075	-0.102	0.509	0.058
<i>Spi sp.</i>	-0.089	0.01	0.034	0.065	-0.088	0.444	0.055
<i>Prot con</i>	0.202	-0.2	0.161	-0.126	0.334	0.086	-0.167
<i>Scrip tro</i>	0.14	-0.1	0.321	0.182	0.202	-0.022	-0.07
<i>Ach sp.</i>	0.109	-0.3	-0.086	-0.05	0.188	0.06	-0.134
<i>Cer pel</i>	0.153	0.24	0.028	0.065	0.108	0.03	0.01
<i>Cos arg</i>	0.137	-0.1	0.252	0.187	-0.101	-0.132	0.051
<i>Cos con</i>	0.103	0.09	0.297	-0.138	-0.137	-0.078	0.108
<i>Cos gran</i>	0.159	0.25	0.004	0.079	0.106	0.03	0.012
<i>Cos rad</i>	0.001	-0.1	0.293	0.264	-0.15	0.158	0.119
<i>Cyc sp.</i>	-0.007	-0.3	-0.108	-0.047	0.367	0.159	0.407
<i>Ent ala</i>	0.149	-0.4	-0.073	-0.094	-0.045	-0.032	-0.037
<i>Gyro sp</i>	0.208	-0.2	0.203	-0.149	0.041	-0.027	-0.026
<i>Lep dan</i>	0.162	0.26	-0.012	0.089	0.103	0.03	0.013
<i>Act sp. 1</i>	0.07	-0.2	0.067	0.174	-0.201	-0.135	0.074
<i>Lyr sp.</i>	0.14	-0	-0.181	0.397	0.065	-0.027	-0.029
<i>Mast sp.</i>	0.105	0.13	-0.206	0.096	-0.272	-0.086	0.145
<i>Mel num</i>	0.144	-0	-0.177	0.414	0.069	-0.03	-0.033
<i>Nav dir</i>	0.176	0.28	0.04	0.071	0.126	0.034	0.01
<i>Nav sp.</i>	0.213	0.17	-0.124	-0.178	0.21	0.12	-0.059
<i>Nitz sp. 1</i>	0.127	-0.1	0.265	0.224	0.18	-0.03	-0.071
<i>Nitz sp. 2</i>	0.227	0.14	-0.042	-0.255	-0.046	0.02	0.059
<i>Pinn sp.</i>	0.208	-0.1	-0.267	0.108	-0.099	-0.045	0.021
<i>Plan sol</i>	0.072	0.05	0.195	-0.106	-0.185	-0.085	0.113
<i>Skel cos</i>	0.089	0.12	0.294	-0.09	0.138	0.022	-0.015
<i>Sur fas 2</i>	0.224	-0.2	-0.285	0.098	-0.075	-0.035	0.004
<i>Amp mac</i>	0.2	0.16	-0.148	-0.157	0.19	0.113	-0.054
<i>Amph sp.1</i>	0.164	0.21	-0.01	0.036	-0.18	-0.071	0.135
<i>Aul gran</i>	0.143	0.23	-0.005	0.076	0.093	0.027	0.011
<i>Cal per</i>	0.079	-0.1	-0.126	-0.386	-0.137	0.012	0.032
<i>Eug sp.</i>	-0.24	0.05	-0.032	-0.005	0.242	-0.296	0.106
<i>Pha sp.</i>	-0.261	0.05	0.002	0.042	0.107	0.018	0.01
<i>Trach sp.</i>	-0.107	0.02	-0.014	-0.008	0.153	-0.322	0.17
<i>Dict fib</i>	0.079	0.06	0.218	-0.113	-0.174	-0.083	0.112

## 2. CARRETAS-PEREYRA

PCA variable loadings							
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5	Axis 6	Axis 7
<i>Dict fib</i>	0.126	0.28	0.11	0.166	-0.19	0.081	0.109
<i>Pha sp.</i>	-0.201	0.044	-0.127	0	0.061	0.376	-0.158
<i>Eug sp.</i>	-0.114	0.026	-0.168	0.099	0.179	0.271	0.342
<i>Cal per</i>	0.167	-0.211	-0.139	-0.189	0.041	0.052	0.105
<i>Dia cen</i>	-0.351	0.042	0.128	-0.16	-0.022	-0.107	-0.008
<i>Skel cos</i>	0.145	0.323	0.114	0.166	-0.226	0.092	0.14
<i>Rhiz imb</i>	0.089	-0.311	-0.068	0.072	-0.17	0.079	0.067
<i>Pse cal</i>	0.147	0.109	-0.245	-0.34	-0.192	-0.022	0.08
<i>Ple sp.</i>	0.114	-0.043	0.113	0.034	0.571	-0.05	-0.271
<i>Nitz sp. 2</i>	0.133	-0.313	-0.119	-0.136	0.141	0.002	-0.035
<i>Nav dir</i>	0.125	-0.44	-0.075	0.114	-0.246	0.12	0.134
<i>Lyr sp.</i>	0.11	0.246	0.116	0.186	-0.159	0.07	0.07
<i>Gyro sp</i>	0.1	0.282	-0.493	0.087	-0.103	0.05	-0.305
<i>Cyc sp.</i>	0.185	-0.228	-0.18	-0.231	0.027	0.051	0.098
<i>Cos rad</i>	0.287	0.002	-0.015	0.065	-0.197	0.117	0.143
<i>Cos gran</i>	-0.052	-0.007	0.224	-0.201	-0.135	0.167	-0.321
<i>Scrip tro</i>	0.264	0.07	0.207	0.141	0.302	0.103	0.084
<i>Prot sp. 1</i>	0.265	0.092	0.18	0.097	0.315	0.084	0.061
<i>Prot con</i>	0.331	-0.042	0.037	0.082	0.092	0.098	0.011
<i>Pror gra</i>	0.148	0.245	-0.125	-0.376	0.121	-0.056	0.066
<i>Cer fur</i>	0.131	0.216	-0.109	-0.325	0.09	-0.037	0.08
<i>Cer fal</i>	0.122	0.209	-0.098	-0.293	0.062	-0.03	0.085
<i>Osc sp.</i>	-0.202	0.039	-0.173	0.123	0.135	-0.211	0.297
<i>Ana sp.</i>	-0.096	0.043	-0.318	0.195	0.064	0.04	-0.269
<i>Sce sp.</i>	-0.093	-0.001	0.188	-0.184	-0.013	0.307	0.075
<i>Ped dup</i>	-0.147	0.017	0.127	-0.184	0	0.361	0.017
<i>Pand sp.</i>	-0.207	0.042	-0.203	0.152	0.131	-0.269	0.251
<i>Eud sp.</i>	-0.215	0.01	0.257	-0.217	-0.04	-0.166	0.197
<i>Clos sp. 2</i>	-0.095	0.027	-0.202	0.133	0.144	0.19	0.177
<i>Clos sp. 1</i>	-0.21	0.045	-0.112	-0.021	0.062	0.395	-0.136
<i>Clo Chor</i>	-0.124	0.023	-0.038	-0.04	0.133	0.292	0.366