

Distribución espacio-temporal de la biomasa fitopláctica en el sistema lagunar Pom-Atasta, Campeche, México

Ma. Teresa Barreiro-Güemes y Arturo Aguirre-León

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Depto. "El Hombre y su Ambiente". Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán 04960, México, D.F. Fax: (5) 7235469 Correo electrónico: bteresa@cueyatl.uam.mx

Recibido 14-I-1999. Corregido 12-III-1999. Aceptado 12-IV-1999.

Abstract: Spatial and temporal patterns of concentration of chlorophyll *a* as an indicator of phytoplanktic biomass were evaluated in Pom-Atasta, a fluvial-deltaic system linked to Terminos Lagoon in the Campeche coast, Mexico. The seasonal, regional, nichthemeral and vertical variation patterns were studied and related with environmental conditions. An annual cycle was analyzed in the system, including sampling at two water levels (surface and bottom) in contrasting sites by their saline regime. Time series of 24 hours were performed in sites with more hydrological variation. Spectrophotometric technics were used to quantify the concentration of chlorophyll *a*. The highest concentrations were present during the dry season with an average of 19.86 mg m⁻³, and the lowest concentrations were during the rainy season with an average of 3 mg m⁻³. The total mean in the annual cycle was 13.25 mg m⁻³ in the surface and 15.5 mg m⁻³ in the bottom. Regional pattern in pigment concentrations was observed, with the highest values in the site of lower tide influence. A great range of variation in chlorophyll concentrations was evident within the annual cycle and in different regions of the system. This patterns of variation seems to be closely related with the hydrological changes resulting of the input balance of tidal waters, rainfall and fresh water discharges.

Key words: Phytoplanktonic biomass, spatial and temporary patterns, chlorophyll *a*, Pom-Atasta, Terminos Lagoon.

En la planicie costera del sur del Golfo de México, destacan por sus dimensiones e importancia la Laguna de Términos y los sistemas fluvio-deltáicos que drenan sus aguas hacia dicha Laguna, entre los cuales se encuentra el sistema Pom-Atasta. Dichos sistemas son la vía principal de comunicación entre las tierras bajas de inundación, con la Laguna de Términos y la Sonda de Campeche (Ayala-Pérez *et al.* 1993).

El estudio de la comunidad fitopláctica de la laguna de Términos, ha sido abordado desde el punto de vista de su composición florística por Loyo-Rebolledo (1966), Gómez-Aguirre (1974) y Torres (1987). Estos autores reportan que en el fitoplancton de esta laguna predominan las especies de diatomeas de origen nerítico, mientras que las de origen dulceacuícola y las especies oceánicas son relativa-

mente escasas. La biomasa fitopláctica (concentración de pigmentos) y sus tasas de producción primaria en la Laguna de Términos, fueron estudiadas por Day *et al.* (1982), Barreiro-Güemes 1983, Day *et al.* (1988) y De la Lanza-Espino & Rodríguez (1991). Estos estudios ponen en evidencia que la región de la Laguna de Términos tiene altos valores de producción primaria fitopláctica, con promedios de 1.2 g C m⁻² día⁻¹. Sin embargo, en el sistema Pom-Atasta no hay estudios publicados sobre la biomasa, la producción primaria o la composición de la comunidad fitopláctica.

Por tal motivo, se seleccionó el sistema Pom-Atasta, ya que en comparación con los otros tres sistemas asociados a la Laguna de Términos es uno de los más impactados por el hombre, a causa de la actividad petrolera y la construcción de infraestructura, además de ser

el de mayor superficie y de mejor acceso para la pesca ribereña.

MATERIAL Y METODOS

Zona de estudio: La zona de estudio se encuentra localizada en la porción occidental de la Laguna de Términos entre los 18°30' y 18°35' N y 91°50' y 92°20' W, dentro de la llanura costera del Estado de Campeche. Pom-Atasta está formado por más de 10 lagunas interiores de dimensiones variables, de este a oeste se denominan: Lodazal, Loros, Puerto Rico, Palmas, Carlos, El Corte, Atasta, Pom y Colorada. Tiene una superficie total aproximada de 190 km² y una profundidad promedio de 2.7 m (Gutiérrez-Estrada *et al.* 1982).

Normalmente el sistema Pom-Atasta presenta un gradiente estuarino de este a oeste, con un intervalo de salinidad de 28.5 a 0 ups. que varía dependiendo de la época climática del año. El sistema está dominado por sedimentos limo-arcillosos (Gutiérrez-Estrada *et al.* 1982). La vegetación sumergida tipo praderas es muy escasa. Circundando al sistema se encuentran extensos bosque de manglar (De la Lanza-Espino *et al.* 1993). Se presentan en esta región tres épocas climáticas a lo largo del año: secas, de febrero a mayo, lluvias, de junio a septiembre y nortes, de octubre a enero (Yáñez-Arancibia & Day 1988).

Evaluación de los patrones de concentración de pigmento: Durante el ciclo anual de abril de 1992 a abril de 1993, se efectuaron registros mensuales de la concentración de clorofila *a* en 12 estaciones. Estas se ubicaron considerando el gradiente estuarino del sistema y la conexión con la laguna de Términos. Además, durante el mes de noviembre de 1994 se efectuó un registro durante un ciclo de 24 horas en dos sitios seleccionados por su dinámica hidrológica, la boca de comunicación con la laguna de Términos y la entrada a la Laguna de Atasta.

La cuantificación de la concentración del pigmento se realizó a partir del procesamiento de 250 ml de agua obtenidos con botella Van Dorn, a dos niveles: superficie y fondo, con el

objeto de abarcar toda la columna de agua, ya que el sistema es somero (2.7 m promedio), y para detectar posibles patrones de variación vertical. Las muestras fueron filtradas al vacío en membranas tipo GF/C con poro de 0.7 mm. Se obtuvo el extracto cetónico, el cual se cuantificó por espectrofotometría usando un equipo Spectronic 21D Milton Roy, calculándose las concentraciones con las ecuaciones recomendadas por el grupo SCOR-UNESCO en 1966. La concentración de clorofila *a* se consideró como un indicador de la biomasa fitoplanctica, tomando como referencia los criterios discutidos por Frontier & Pichot-Viale (1991). Para fines de estimar un valor de esta biomasa en términos de materia orgánica seca, se consideraron los criterios propuestos por Geider & Osborne (1992) quienes calculan que la clorofila *a* representa del 1 al 5 % de la biomasa en el fitoplancton tropical.

Simultáneamente, en cada estación de muestreo se determinaron las concentraciones de nitritos, amonio y fosfatos siguiendo las recomendaciones propuestas por Strickland & Parson 2 (1972). Asimismo se midieron las variables de temperatura, salinidad del agua, en superficie y fondo, mediante un termo-halinoconductímetro marca YSI, además de los registros de profundidad, penetración de luz (con disco de Secchi) y condiciones atmosféricas generales. En el caso de la serie de tiempo de 24 horas, se registró la altura de marea cada dos horas, utilizando un estadal en cm

Los valores de concentración de clorofila *a* en las diferentes zonas, se compararon estadísticamente mediante una prueba de *t*, contrastando las medias de los valores. (Daniel 1987) El análisis cluster de las variables hidrológicas, se tomó de Aguirre-León *et al.* (1998) quien utilizó el coeficiente de distancia euclidiana para la formación de agrupamientos, mediante la técnica de ligamiento promedio.

RESULTADOS

Patrón espacial: Se pudieron distinguir tres zonas en la laguna de acuerdo con los intervalos de concentración de clorofila *a* y las

Cuadro 1

*Intervalos de valores de la concentración de Clorofila a en las diferentes zonas y variables ambientales
Chlorophyll a range values in different sampling sites and enviromental paramenters*

Zona	Loc.	Clor. a mg m ⁻³	salin. Prom ups	Temp. Prom. °C	Transp. cm	Conc. nitritos nmol/l	Conc. amonio nmol/l	Conc. fosfato nmol/l
I	1-5	8.7-14.8	5-28.5	25-29	18-48	0.2-1.3	3.2-6.5	0.6-1.2
II	6-7	16-26.4	0.5-5	26-28	40-45	0.2-0.5	3.05-4.3	0.6-1.4
III	8-12	10-16	0-0.2	28-32	40-80	0.1-2.7	2.5-6.9	0.5-1.7

condiciones ambientales prevaletientes (Cuadro 1). La primera (I) comprende la boca de comunicación y las lagunas Loros, Puerto Rico, San Carlos, El Corte y las Palmas, con valores promedio entre 8.7 y 14 mg. m⁻³. Esta zona es la de mayor influencia de marea, la de mayor turbulencia y menor transparencia (Cuadro 1), su régimen de salinidad fue mesohalino con fuertes variaciones a los largo del año. La segunda zona (II) incluye las lagunas Palancares y Atasta, con los valores más altos entre 16 y 26 mg. m⁻³, estas tuvieron un régimen de salinidad más estable durante el año de oligohalino a limnético. La tercera zona (III) abarca las Lagunas de Pom y Colorada con valores promedio entre 10 y 15 mg m⁻³. Esta zona incluye los cuerpos de agua más transparentes y con menor influencia de marea, los cuales presentan un régimen limnético con escasa variación a lo largo del año (Cuadro 1, Fig. 1B).

La prueba de *t* aplicada reflejó diferencias altamente significativas entre la zona I y la II (p=0.007) y entre la II y la III (p=0.01) mientras que, entre la I y la III la diferencia no es significativa (p= 0.1) con una $\alpha= 0.05$ (Cuadro 2).

Patrón estacional: Las mayores concentraciones tanto en el estrato del fondo como en la superficie, se presentaron durante la época

de secas, con valores promedio de 19.86 mg. m⁻³ y con un máximo hasta de 64 mg. m⁻³. Esta época corresponde a la primavera, que es cuando se presenta la máxima irradiación para la latitud de la zona de estudio (Kessler 1985). Además en esta época, debido a la ausencia de vientos y lluvias hay una mayor residencia de las aguas, lo cual favorece la permanencia de las comunidades fitopláncicas. Las aguas más pobres en pigmento se presentaron durante la época de lluvias con valores promedio de 3.76 mg. m⁻³, ya que en esta temporada aumenta considerablemente la turbidez y la turbulencia. En la época de nortes las concentraciones promedio fueron de 10.04 mg. m⁻³ aumentando conforme se acerca la estación seca. El promedio de valores en todo el ciclo anual fue de 13.25 mg. m⁻³ en la superficie y 15.5 mg m⁻³ en el fondo (Fig. 1 A).

Patrón de variación en la columna de agua: En las distintas temporadas climáticas, solo se presentó una ligera estratificación entre fondo y superficie en la época de secas, donde se da un menor movimiento de aguas y una menor mezcla (Fig. 1 A). En particular para la zona de mayor influencia de marea se observó esta estratificación, siendo la concentración en el fondo ligeramente más alta (Fig. 1 B). En las estaciones 8 a 12 se invirtió el gradiente, siendo menores

Cuadro 2

*Probabilidad estimada por la prueba de t de diferencias significativas en concentración de clorofila a entre las zonas
Estimated probability of significant differences in chlorophyll a concentration between zones*

Entre la Zona	y la Zona	P	Diferencia
I	II	0.007	significativa
II	III	0,01	significativa
III	I	0,1	no significativa

P<0.05 Se consideró significativa

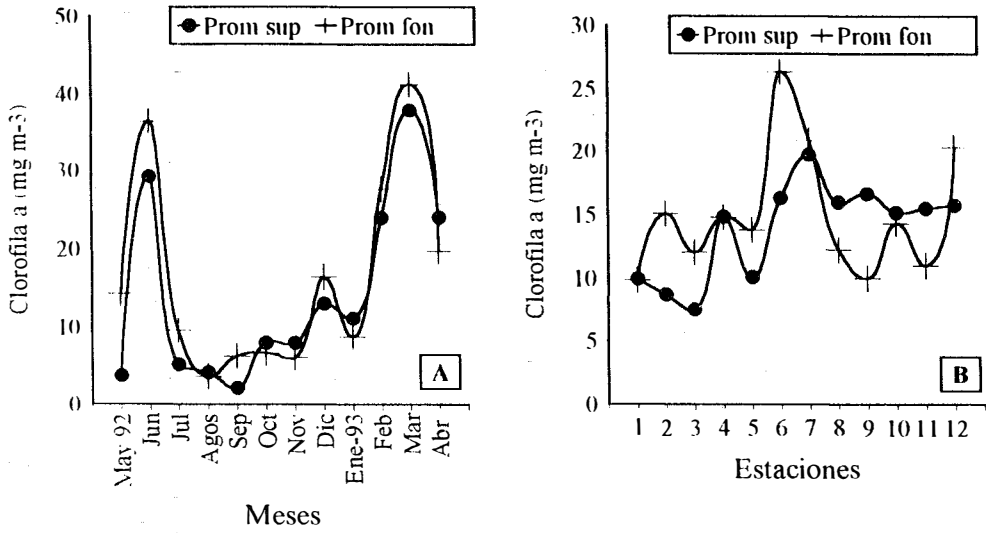


Fig. 1. Variación de la concentración de clorofila *a* en superficie y fondo. (A) Promedios mensuales. (B) Promedios en cada sitio de registro.

Variation of chlorophyll *a* concentration in surface and botton. (A) Monthly average. (B) Average in each sampling site.

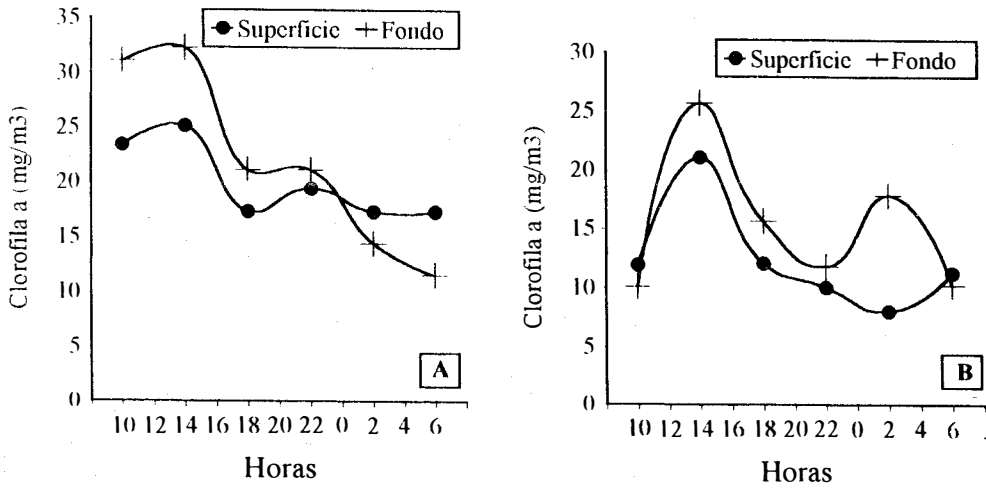


Fig. 2. Variación nictemeral de la concentración de clorofila *a* (A) Boca de la Laguna de Atasta. (B) Boca de comunicación con la Laguna de Términos.

Nichthemeral variation of chlorophyll *a* concentration. (A) Atasta Lagoon inlet. (B) Terminos Lagoon communication inlet.

los valores en el fondo que en la superficie, esta zona es la que presentó menor turbulencia y condiciones más estables a lo largo del año.

Patrón nictemeral: Tanto en la boca de comunicación con la Laguna de Términos co-

mó en la entrada de la Laguna de Atasta, se observó variación de la concentración de pigmento durante un ciclo de marea (Fig. 2 A y B). De acuerdo al calendario de predicción de mareas de 1994 (Instituto de Geofísica UNAM) la ma-

rea en la zona costera aledaña, mostró que hay un desfase de aproximadamente 2 horas desde la zona costera hacia el interior del sistema. No se observó una coincidencia de la variación de la concentración con la fluctuación de marea sino que la mayor concentración de pigmento coincidió con la hora de máxima intensidad luminosa en ambos sitios.

Distribución de nutrientes: Las concentraciones de nitritos se mostraron ligeramente mayores en la zona de mayor influencia de marea con valores hasta de 1.2 m mol l^{-1} , mientras que en el resto del sistema se presentó una concentración con valores alrededor de 0.5 m mol l^{-1} . Las concentraciones de nitritos son generalmente bajas en aguas naturales ya que estos compuestos son intermediarios fugaces entre el amonio y los nitratos (Aminot & Chaussepied 1983). Durante el ciclo anual se presentó un aumento de nitritos durante la temporada de lluvias y de nortes, que indicaron el proceso de enriquecimiento de nitrógeno previo a los florecimientos de biomasa fitopláctica que se presentaron en la primavera (Cuadro 1).

El amonio siguió un patrón similar al de los nitritos, con valores muy elevados hasta de 6 m mol l^{-1} en la boca de comunicación con la Laguna de Términos. Los incrementos de amonio también se presentaron durante la época de lluvias. El enriquecimiento de amonio probablemente proviene de la descomposición bacteriana de materia orgánica que es acarreada por los escurrimientos, y los altos valores hasta de 10 m mol l^{-1} pueden deberse al aporte de desechos urbanos o agrícolas que son arrastrados al sistema desde los suelos y asentamientos humanos aledaños. Las altas concentraciones de amonio durante la época de lluvias y nortes, preparan las condiciones de disponibilidad de nitrógeno para el fitoplancton primaveral.

Los ortofosfatos están casi homogéneamente distribuidos en todo el sistema, con valores promedio de $1 - 1.5 \text{ m mol l}^{-1}$. Sin embargo, presentaron una variación estacional con valores más elevados hasta de 2.5 m mol l^{-1} durante la temporada seca, coincidiendo con la escasez de formas del nitrógeno y con los aumentos en la concentración de biomasa fitopláctica (Cuadro 1).

DISCUSIÓN

La evaluación de la biomasa de fitoplancton a través de la concentración de clorofila *a*, si bien es una medida indirecta, es confiable y de registro relativamente sencillo (Frontier & Pichot-Viale 1991). Según Geider & Osborne (1992) el contenido de clorofila *a* del fitoplancton tropical, dominado por diatomeas, representa del 1 al 5 % del peso total de materia orgánica seca, por lo que, en el periodo de estudio la biomasa de fitoplancton representó aproximadamente valores promedio entre 265 a $1\,325 \text{ mg m}^{-3}$ de biomasa seca.

Se observó un amplio intervalo de variación a lo largo del ciclo anual como en las diferentes lagunas del sistema. Esta variación parece responder a los fuertes cambios en el régimen hidrológico que se presentan en la región como resultado del balance de la influencia de marea, precipitación pluvial, escurrimientos y evaporación. Agrupando los valores de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y transparencia del ciclo anual analizado mediante análisis de conglomerados, se observó una regionalización ambiental en el sistema. Durante la temporada de secas se distinguen dos subsistemas caracterizados por su grado de intrusión salina, como efecto de la marea y la mezcla. El primero incluye las localidades 1 a 5 con mayor salinidad, menor temperatura y transparencia y el segundo incluye al resto del sistema con salinidades bajas, temperaturas ligeramente más altas y mayor transparencia. En la temporada de lluvias, también se reconocen los dos subsistemas. En la época de nortes se forman los dos subsistemas con algunas variantes, ya que la zona de baja salinidad se extiende hasta las Lagunas de Carlos y El Corte (Fig. 3). Aguirre *et al.* 1998 analizaron de manera amplia este comportamiento hidrológico.

Los patrones espaciales de concentración de clorofila *a*, responden a la regionalización dada por los condiciones ambientales. Fue evidente una diferencia significativa ($p=0.007$, $\alpha=0.05$) entre los valores promedio registrados en la zona de influencia de marea, (localidades 1 a 5), en relación con los registrados en la zona oligohali-

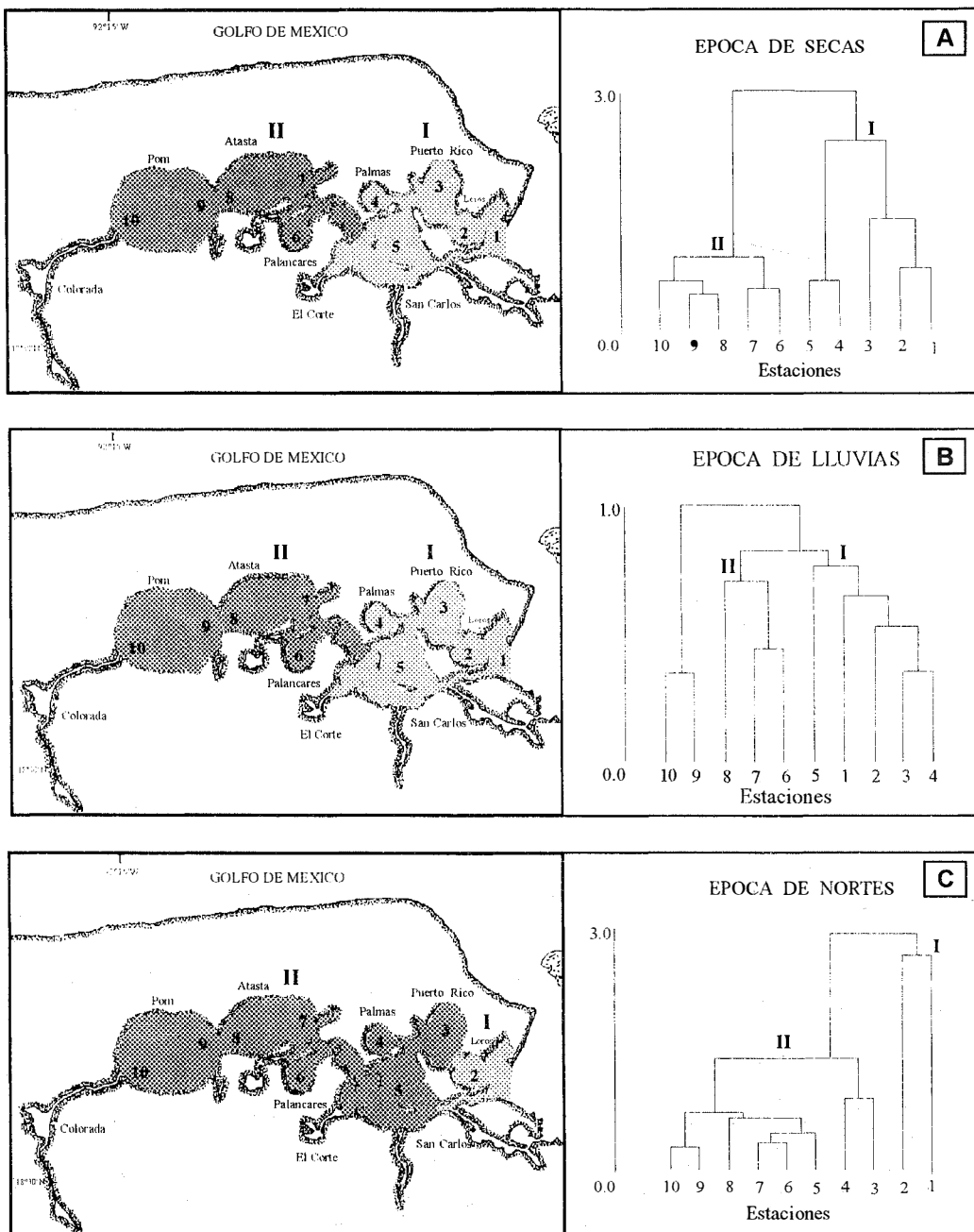


Fig. 3. Agrupamientos cluster en las diferentes épocas climáticas del sistema Pom-Atasta. (A) Secas. (B) Lluvias. (C) Nortes.

Station clustering in the different climatic seasons in Pom-Atasta. (A) Dry season. (B) Rainy season. (C) North wind season.

na (localidades 6 y 7) que fueron más altos, identificándose además una zona de características limnéticas con valores similares a la zona de in-

fluencia de marea (localidades 8 a 12). La presencia de dos zonas con valores similares en biomasa en los extremos del sistema, podrían indi-

car la presencia de poblaciones fitoplanctónicas diferentes, una de origen marino costero y la otra de procedencia dulceacuícola, sin embargo, esto solo podrá demostrarse estudiando la composición del fitoplancton en trabajos posteriores.

Los nutrientes se distribuyeron más o menos de manera homogénea en el sistema, indicando probablemente la mezcla de los que son aportados por la marea, las descargas y los escurrimientos y aquellos provenientes de la descomposición de la materia orgánica originada por los aportes de detrito del manglar, los pastos marinos y las comunidades faunísticas.

Por otra parte, sobre todo en la estación seca, se registraron picos altos con valores hasta de 80 mg m^{-3} , estos máximos pudieron representar florecimientos ocasionales de fitoplancton, ya que esta comunidad se distribuye en parches de distintas dimensiones (Harris 1987), lo cual añade un elemento de alta variabilidad en las concentraciones de pigmento.

Las medias anuales de concentración de clorofila *a* registradas en el sistema Pom-Atasta son superiores a las registradas en la vecina Laguna de Términos que son de 0.3 a 8.2 mg m^{-3} (Day *et al.* 1988) y en otros sistemas similares en las costas del Golfo de México como la Laguna Madre en Tamaulipas, donde se registraron valores de 4.16 a 13.4 mg m^{-3} de clorofila *a* (Contreras 1991) y la Laguna de la Mancha Veracruz, donde se reportan de 3 a 12 mg m^{-3} (Barreiro & Balderas 1991). Si bien el sistema Pom-Atasta recibe un subsidio importante de agua de Laguna de Términos a través de la marea, el primero es más productivo y constituye un enlace que recibe los escurrimientos de las tierras bajas de inundación fertilizando sus aguas, las cuales se vierten hacia la cuenca de Términos.

De acuerdo con Subba-Rao (1981) cada mg de clorofila *a* es capaz de incorporar de 2 a 24 mg de carbono por hora de iluminación, dependiendo de la cantidad de luz incidente y de las condiciones de la comunidad. Para el fitoplancton estuarino tropical se ha calculado una cifra promedio de 10 mg de carbono por mg de clorofila *a* por hora de iluminación (Geider & Osborne 1992). A manera de una estimación indirecta, se puede calcular una producción primaria bruta

promedio de $132 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ es decir, aproximadamente 1.5 g de carbono por m^3 por día.

La información obtenida en este estudio revela que Pom-Atasta es un sistema altamente productivo, que al parecer subsidia a la laguna de Términos e indirectamente a la Sonda de Campeche.

La Laguna de Términos y los sistemas fluvio-deltaicos asociados, entre ellos el sistema en estudio, han sido decretados en 1994 como "Área de Protección de Flora y Fauna" por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, no obstante la existencia de ese decreto, no se han regulado las actividades petroleras y agrícolas, ni la tala de manglar. Esta situación pone en riesgo la productividad del sistema y su función ecológica en la zona costera de Campeche.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco por el financiamiento para el desarrollo de este trabajo, a través del proyecto de Investigación "Ecología y Evaluación de los Recursos Pesqueros Asociados al Sistema Fluvio-Deltaico Pom-Atasta, Campeche México" adscrito al Departamento "El Hombre y su Ambiente". A Blanca Andrea Gómez Montes por la transcripción del manuscrito y las figuras y a Arturo Bernal Becerra por el procesamiento de datos. A Hernán Alvarez Guillén y Andrés Reda Deara de la Estación "El Carmen", del ICML-UNAM, en Cd. del Carmen, Campeche, por su apoyo en campo y laboratorio.

RESUMEN

Fueron evaluados los patrones espaciales y temporales de concentración de clorofila *a* como un indicador de la biomasa fitoplanctónica, en el sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta, asociado a la Laguna de Términos en la costa de Campeche. Se estudiaron las variaciones estacionales, regionales, nictemerales y verticales, las cuales se relacionaron con las condiciones ambientales. Se analizó un ciclo anual a través de muestreos mensuales en localidades contrastantes por su régimen de salinidad, en dos niveles de la columna de agua. En las localidades de mayor dinámica hidrológica se efectuaron series de tiempo de 24 horas. La concentración de clorofila *a* fue cuantificada por espectrofotometría. Las concentraciones más altas se presentaron durante la estación se-

ca, con un promedio de 19.86 mg.m⁻³ y las más bajas durante la estación de lluvias con promedio de 3 mg.m⁻³. El promedio general en el ciclo anual fue de 13.25 mg.m⁻³ en la superficie y de 15.5 mg.m⁻³ en el fondo. Se observó también un patrón regional con los valores más altos en los sitios de menor influencia de marea. Fue evidente un amplio intervalo de variación de la concentración de pigmento durante el ciclo anual y en los diferentes regiones del sistema. Estos patrones de variación están muy relacionados con los cambios hidrológicos resultantes del balance de aguas de marea, precipitación pluvial, descargas y escurrimientos.

REFERENCIAS

- Aminot, A. & M. Chaussepied. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Conseil National pour l'Exploration des Océans, Univ. de Brest, Francia. 395 p.
- Anónimo. 1994. Tablas 1994 de predicción de mareas. Puertos del Golfo y Mar Caribe. Servicio mareográfico del Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. 191 p.
- Anónimo. 1966. Determination of photosynthetic pigments in the sea water. Report of United Nations Educational Scientific & Cultural Organization UNESCO Working Group 17 UNESCO, Paris. Monographs on Oceanographic Methodology (1): 1-69.
- Aguirre-León, A., A. Bernal-Becerra & S.Díaz-Ruiz. 1998. Ecología de peces en sistemas fluvio-deltáicos: Estudio para el sistema Pom-Atasta Campeche. Serie Académicos: 28 Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco. México. 65 p.
- Ayala-Pérez, L., A. Aguirre-León, O. Avilés-Alariste, M.T. Barreiro-Güemes & J.L. Rojas-Galaviz, 1993. Peces de sistemas fluvio-lagunares, Laguna de Términos, Campeche. p. 596-608. In: S.I. Salazar-Vallejo y N.E.González (eds). Biodiversidad Marina y Costera de México. Comisión Nacional para el Uso y Conservación de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana-Roo. México.
- Barreiro, M.T. 1983. Avances en el conocimiento de las comunidades de productores primarios en la Laguna de Términos Campeche. Reportes de Investigación Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco. México.32:1-23.
- Barreiro, M.T. & J. Balderas. 1991. Evaluación de algunas comunidades de productores primarios de la Laguna de la Mancha. Ver. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. 18 (2): 229-245.
- Contreras F. 1991. Hidrología y nutrientes en lagunas costeras. p.16-24 In: G. Figueroa, C. Álvarez, A. Esquivel y E. Ponce (eds.) Físicoquímica y Biología de las Lagunas Costeras Mexicanas. Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México.
- Daniel, W.W. 1987. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. Limusa. México.667 p.
- Day, J.W. Jr., R.H. Day, M.T. Barreiro-Güemes, F.Ley-Lou & C.J. Maden. 1982. Primary production in Terminos Lagoon, a tropical estuary in the southern Gulf of Mexico. Ocean. Acta. 5 (4): 269-276.
- Day, J.W. Jr., C.J. Maden, F. Ley-Lou, R.L. Wetzel & A. Machado. 1988. Aquatic primary productivity in the Terminos Lagoon. p 207-221. In A. Yáñez-Arancibia & J.W. Day (eds) Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos. Universidad Nacional Autónoma de México- Organización de Estados Americanos.
- De la Lanza-Espino, G. & M. Rodríguez. 1991. Análisis ecológico de los productores primarios en la Laguna de Términos, Campeche. México. Univ. y Cienc. 8(15): 15-25.
- De la Lanza-Espino, G., P. Ramírez-García, F. Thomas & A.R. Alcántara. 1993. La vegetación de manglar de la Laguna de Términos, Campeche. Evaluación preliminar a través de imágenes Land-Sat. Hidrobiol. 3: 29-40.
- Frontier, S. & D. Pichot-Viale. 1991. Ecosistèmes : Structure, fonctionnement, évolution. Collection d'Ecologie. 21. Masson et Cie. Paris. 392 p.
- Geider, R.J. & B.A. Osborne. 1992. Algal photosynthesis. Chapman and Hall. Nueva York. 256 p.
- Gómez-Aguirre, S. 1974. Reconocimientos estacionales de hidrología y plancton en la Laguna de Términos Campeche, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. 1 (1): 61-82.
- Gutiérrez-Estrada, M.V., M. Malpica-Cruz & J. Martínez-Reyes. 1982. Geomorfología y sedimentos recientes del sistema lagunas Pom-Atasta Campeche. México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. 9(1): 89-100.
- Harris, G.P. 1987. Phytoplankton ecology: structure and fluctuation. Chapman & Hall. Nueva York-Londres. 360 p.
- Kessler, A. 1985. Heat balance climatology. p. 223-256 In: O.M. Essenwanger (ed) General climatology. Elsevier. Nueva York.
- Loyo-Rebolledo, M.E. 1966. Sistemática y distribución de las diatomeas del plancton de la Laguna de Términos. Campeche. México. Tesis de Licenciatura. Uni-

- versidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 169 p.
- Strickland, J.D. & T.R. Parsons. 1972. Practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Board. Can. 167: 1-310.
- Subba-Raó, D.V. 1981. Spatial and temporal variation of phytoplankton production in lagoons. UNESCO Technical Papers. 33:173-189.
- Torres.C. 1987. Sistemática y distribución del género *Chaetoceros*, Ehrenberg (Bacillariophyceae) en la Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Jalapa, Veracruz. México. 46 p.
- Yáñez-Arancibia, A. & J.W. Day Jr. 1988. Ecological Characterization of the Terminos Lagoon. p. 1-27 In. A. Yáñez-Arancibia & J.W. Day (eds) Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos. Universidad Nacional Autónoma de México- Organización de Estados Americanos. México.