

Fisicoquímica del agua y cosecha de fitoplancton en una laguna costera tropical

GUADALUPE DE LA LANZA ESPINO Y SAMUEL GÓMEZ AGUIRRE*

Recepción: 1 de octubre de 1998

Aceptación: 8 de marzo de 1999

Hydrophysical Chemistry and Phytoplankton Culture in a Tropical Coastal Lagoon

Abstract. *Nutrients and phytoplankton of the Mecoacan coastal lagoon, in the south of the Gulf of Mexico were analysed. The estuarine hydrochemistry as well as their dynamic condition are indicators of the phytoplanktonic composition. The results display the predominance of the diatom Skeletonema costatum showing estuarine affinity and a high ammonium content. This diatom is replaced by Chaetoceros spp showing neritic affinity and a low nitrogen nutrient content.*

Introducción

El agua por naturaleza contiene compuestos minerales y orgánicos disueltos, en concentraciones variables en el tiempo, procedentes del lavado o disolución de las rocas y de la degradación de materiales orgánicos de origen vegetal y animal. Las aguas de las lagunas costeras son receptoras de una significativa cantidad de tales sustancias, que son acarreadas por los ríos y atrapadas en estos sitios por procesos de floculación y depósito en las áreas de confrontamiento. Dicha condición hace que estos ambientes de transición entre el medio marino y el limnético sean calificados como los más productivos del planeta y por lo tanto, fuente de importantes recursos pesqueros, así como lugar de crianza, refugio y crecimiento de diversas especies migratorias que son explotadas en el medio salobre y marino, por ejemplo: los moluscos, los crustáceos y los peces.

Algunas sustancias minerales o compuestos inorgánicos juegan el papel de micronutrientes, como son las sales de nitrógeno (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+) y las de fósforo (PO_4^{3-}), que

se encuentran en concentraciones de microgramos por litro ($\mu\text{g/l}$) o microgramos átomo por litro (micromoles) y son los principales compuestos con los que el fitoplancton elabora materia orgánica nueva (carbohidratos, lípidos, aminoácidos) en presencia de la luz, a la vez que sirven de abasto alimentario a otros organismos de nutrición herbívora o heterótrofa.

La condición dinámica, y turbulenta de los sistemas estuarinos limita la penetración de la luz, que se atenúa debido a la turbiedad causada por terrígenos y materia orgánica en suspensión.

La temperatura del agua y sobre todo sus pulsos y gradientes diarios y estacionales, actúa acelerando o deteniendo el crecimiento y la reproducción de las especies. Por otra parte, las variaciones de la salinidad se pueden manifestar como barreras fisiológicas para especies estenohalinas (de estrecha tolerancia) y ser favorables para las poblaciones adaptadas a estos ambientes, que con ello logran un óptimo desarrollo. Lo anterior permite reconocer el grado de adaptación de las distintas comunidades de fitoplancton presentes a través del ciclo estacional.

El punto de partida de la producción biológica en una laguna costera se finca en su dinámica estacional, con incrementos de micronutrientes durante la temporada de lluvias, que son utilizados y agotados ya sea por los florecimientos del fitoplancton, o por que quedan atrapados en los sedimentos. Durante el periodo de sequía, la

* Instituto de Biología, UNAM. Apdo. Postal 70-153, C. P. 04510. México, D. F. Los autores agradecen a Salvador Hernández Pulido por la elaboración electrónica del manuscrito y de las ilustraciones; así como a los colegas Eduardo Suárez y Martha Signoret por sus apreciables observaciones y recomendaciones.



III. Elementos del ecosistema acuático

1. La salinidad

El comportamiento de la salinidad en algunos sistemas costeros (lagunas, estuarios, ensenadas, marismas o bahías) muestra un estrecho intervalo y en otras una amplia variación salina, que depende de la estacionalidad, de los aportes fluviales, del intercambio marino y de la evaporación, fundamentalmente. Antes de la construcción de la boca artificial para la comunicación con el mar, la laguna de Mecoaacán mostraba una alta variación de salinidad (6g/l a 32g/l) según la estación del año, con mínimos en el periodo de lluvias (julio) y máximos en la época de sequía (mayo), lo que la divide en dos zonas: la occidental, con mayor influencia marina y la oriental, con mayor cantidad de agua dulce.

2. La temperatura

La variación de la temperatura atmosférica estacional se refleja en la del agua de la laguna; sin embargo, es posible registrar disminuciones térmicas por la influencia de las aguas marinas, sobre todo en las áreas cercanas a las bocas, como sucede en las cercanías de la Barra Dos Bocas. La laguna de Mecoaacán se ubica en una latitud tropical y la diferencia entre las temperaturas del agua, la media mensual mínima y la media mensual máxima, es de alrededor de 6°C, lo cual parece no tener efecto marcado y directo sobre las poblaciones del fitoplancton. No obstante, como esta oscilación es superior o semejante a la variación diaria de la temperatura de la laguna costera (aumento durante el día y descenso en la noche), la relación con la actividad del fitoplancton es notoria en el periodo frío, cuando el proceso de calentamiento y enfriamiento (día/noche) es más acentuado.

3. El oxígeno disuelto

La disolución del oxígeno en los ambientes acuáticos depende fundamentalmente de dos factores físicos: temperatura y salinidad; sin embargo, la actividad metabólica diaria de los organismos (fotosíntesis y respiración) hace variar ostensiblemente la concentración de este gas en el medio. Asimismo, las oxidaciones de materiales orgánicos modifican significativamente el contenido de este último en el agua, más aún por las descargas urbanas.

En la laguna de Mecoaacán, el oxígeno disuelto muestra una marcada variación estacional a consecuencia del comportamiento metabólico de los organismos. Tal variación señala que abril es el mes más crítico para habitar

FIGURA 2. BIOMASA O COSECHA FITOPLANCTÓNICA EN CÉLS/L (CÍRCULO NEGRO) CONTENIDO PROPORCIONAL DE SALINIDAD (G/L), OXÍGENO (ML/L), DE NUTRIENTES EN $\mu\text{G-AT/L}$ (TRIÁNGULOS) Y PREDOMINIO PORCENTUAL DE ESPECIES (SECCIONES PERIFÉRICAS DEL CÍRCULO) EN LA LAGUNA DE MECOACÁN EN ENERO.

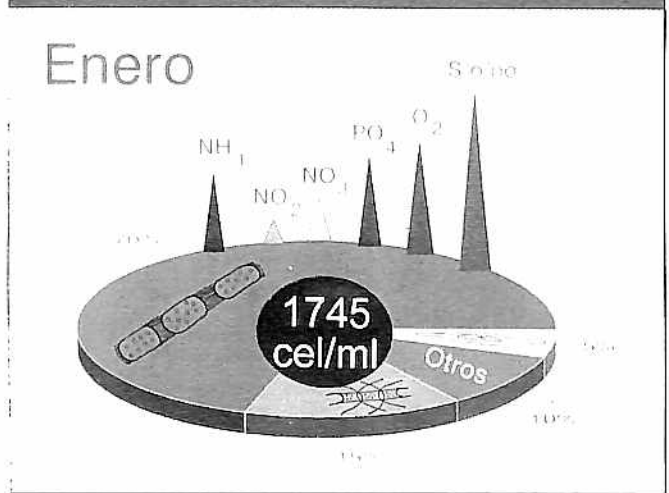
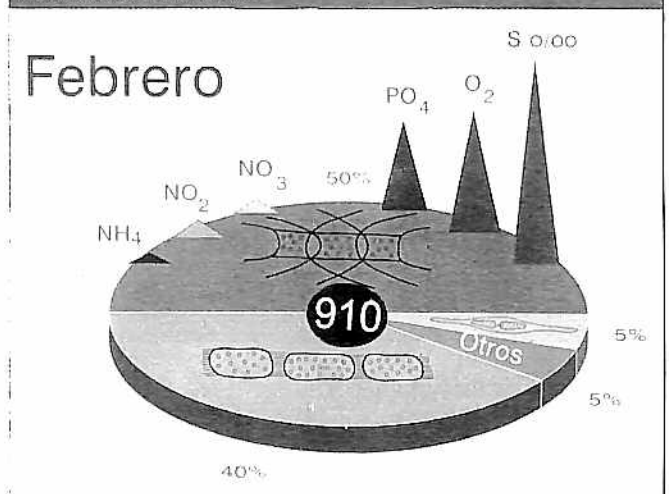


FIGURA 3. BIOMASA O COSECHA FITOPLANCTÓNICA EN CÉLS/L (CÍRCULO NEGRO) CONTENIDO PROPORCIONAL DE SALINIDAD (G/L), OXÍGENO (ML/L), DE NUTRIENTES EN $\mu\text{G-AT/L}$ (TRIÁNGULOS) Y PREDOMINIO PORCENTUAL DE ESPECIES (SECCIONES PERIFÉRICAS DEL CÍRCULO) EN LA LAGUNA DE MECOACÁN EN FEBRERO.



en el medio acuático, debido a que se alcanzan condiciones cercanas a la anoxia (1.9 ml/l=42% de saturación) en tanto que en julio, el mes más favorable (5.0 ml/l=103% de saturación) existe un superávit. En Mecoaacán resalta la estacionalidad, con mayores saturaciones en los meses fríos (enero, febrero y marzo: 81.7, 84.1 y 91.3%, respectivamente) y menores en sequía (abril y mayo con 54.3 y

72.1%, respectivamente), que se recuperan en el periodo de lluvias (julio, 98.8% de saturación de oxígeno).

La alta saturación de oxígeno es favorecida por movimientos turbulentos generados por vientos fuertes sobre la superficie del agua, así como por la actividad fotosintética, que es otro factor de alta saturación. Sin embargo, puede haber una fotosíntesis elevada, asociada a altos contenidos de clorofila o registrarse volúmenes muy bajos de oxígeno, como consecuencia del predominio de los procesos respiratorios. Estas condiciones han sido observadas en la laguna de Mecoacán (figuras 2 a 6).

FIGURA 4. BIOMASA O COSECHA FITOPLANCTÓNICA EN CÉLS/L (CÍRCULO NEGRO) CONTENIDO PROPORCIONAL DE SALINIDAD (G/L), OXIGENO (ML/L), DE NUTRIENTES EN $\mu\text{G-AT/L}$ (TRIANGULOS) Y PREDOMINIO PORCENTUAL DE ESPECIES (SECCIONES PERIFÉRICAS DEL CÍRCULO) EN LA LAGUNA DE MECOACÁN EN MARZO.

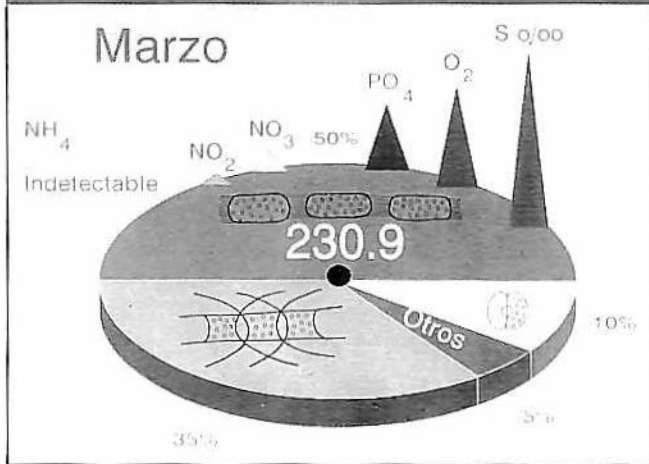
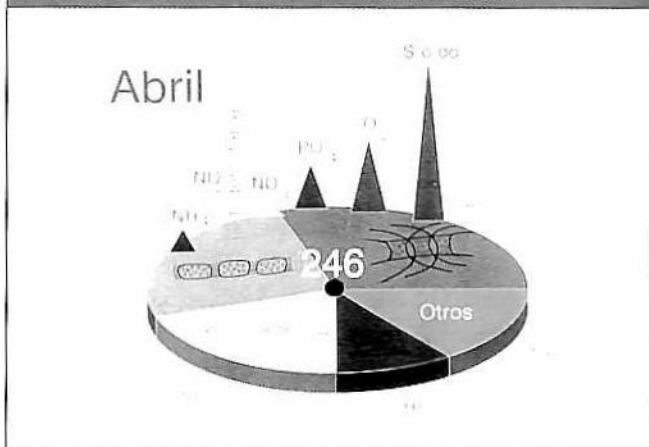


FIGURA 5. BIOMASA O COSECHA FITOPLANCTÓNICA EN CÉLS/L (CÍRCULO NEGRO) CONTENIDO PROPORCIONAL DE SALINIDAD (G/L), OXIGENO (ML/L), DE NUTRIENTES EN $\mu\text{G-AT/L}$ (TRIANGULOS) Y PREDOMINIO PORCENTUAL DE ESPECIES (SECCIONES PERIFÉRICAS DEL CÍRCULO) EN LA LAGUNA DE MECOACÁN EN ABRIL.



4. El fitoplancton

El fitoplancton de la laguna de Mecoacán muestra una cosecha que varía ampliamente entre enero y mayo: de 1,745 céls/ml (\bar{x}) en enero, a 83.5 céls/ml (\bar{x}) en mayo. Estos valores se indican en las figuras 2, 3, 4, 5 y 6 como un círculo central, de diámetro proporcional a su valor estimado. Aquí se aprecian también algunas asociaciones de especies y la sucesión de las poblaciones durante dicho periodo, que en un principio son atribuibles al comportamiento de los micronutrientes disponibles, así como a la variación de la propia dinámica ambiental.

5. Las diatomeas

Una especie de diatomea, la *Skeletonema costatum*, ocupa el 70% de la composición relativa en enero; para febrero y marzo la población se reduce aunque continúa siendo la dominante, con el 40 y 50%, respectivamente. En abril, esta especie sólo se mantiene en un 25% y en mayo es sustituida por otras especies. La *Skeletonema costatum* ha sido reconocida como una especie adaptada a ambientes salobres y costeros de alta turbulencia (Santoyo-Reyes, 1994), tal es el caso de la laguna de Mecoacán, donde se le localiza. Los tamaños celulares de esta especie, así como el de sus colonias, son indicadores tanto de la etapa de madurez de la comunidad como de las variaciones fisicoquímicas del agua.

La *Nitzschia closterium*, es otra diatomea que contrasta con la *Skeletonema costatum*. En enero y febrero sólo representa un 5% de la composición relativa del fitoplancton de Mecoacán; en marzo no figura como importante; en abril se incrementa un 20% y en mayo aumenta al 30%. Esta especie parece estar adaptada a niveles críticos de micronutrientes, como puede apreciarse en las figuras 5 y 6.

En tales periodos se puede apreciar la intrusión de fitoplancton costero, como lo indica la presencia de diatomeas del género *Chaetoceros*, que en enero sólo ocupan el 15%, en febrero alcanzan el 50% y luego se reducen al 35 y 30% en marzo y abril, respectivamente, para en mayo, finalmente colocarse en la fracción de "otros". Dicha fracción, en las figuras 2 y 3, corresponde a enero y febrero, cuando se registran algunas dinoflageladas y la diatomea *Rhizosolenia* con varias especies. Una de ellas es la *Rhizosolenia styliformis*, que para mayo alcanza niveles de 30%. A las *Rhizosolenia* spp y a las dinoflageladas (con el 20%) se les atribuye un valor relativo de indicadores del grado de madurez u organización (alta diversidad) de la comunidad, aunque con cifras absolutas muy bajas, como puede verse en el círculo central de la figura 6, con 83.5 céls/ml como valor promedio.

6. La clorofila "a"

Otra forma de expresar la biomasa fitoplanctónica o "cosecha actual" es a través del contenido de clorofila "a". Cabe hacer hincapié que no siempre el número de fitoplancteres (cosecha) es proporcional a la concentración de clorofila "a", como se ha observado en la laguna de Mecoaacán y esto se debe a que puede haber muchos organismos en donde el pigmento está inactivo (feopigmentos) o viceversa.

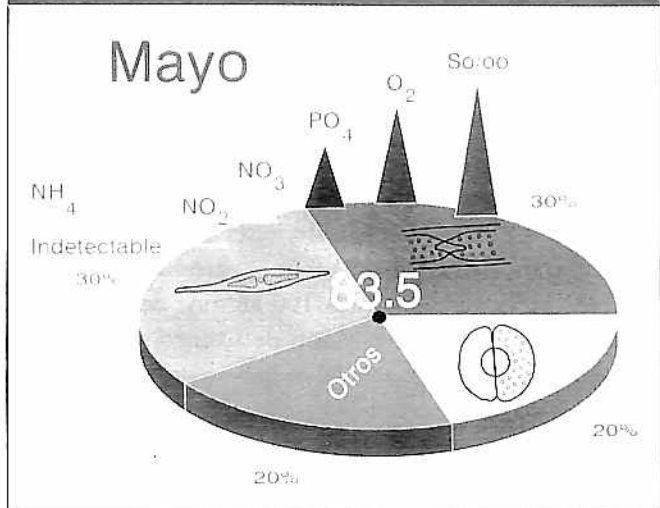
7. Los micronutrientes y el fitoplancton

El comportamiento del fitoplancton y el contenido de oxígeno disuelto revela una relación con el gradiente lumínico en el ciclo diario, así como en el estacional, con el correspondiente condicionamiento biótico, que activa otros niveles de la red alimentaria. Así, la disponibilidad de micronutrientes y su reciclaje se reduce por la incorporación de materia y energía en los consumidores herbívoros, filtradores y detritívoros que aparecen y aumentan de marzo a mayo para trascender en la actividad del zooplancton, especialmente de estadios larvianos de crustáceos, moluscos, peces y otros invertebrados, hecho que ocurre de forma marcada en la laguna de Mecoaacán.

Los micronutrientes nitrogenados inorgánicos utilizados por los organismos fotosintetizadores se caracterizan por presentar tres formas iónicas (NH_4 , NO_2 , NO_3) de diferente grado de oxidación. Los nitratos representan a la forma más oxidada, abundante y asimilable; el amonio o forma más reducida, que es también fácilmente absorbida por los organismos y los nitritos, que constituyen el estado intermedio de oxidación y de menor utilización por los fotosintetizadores. La variación anual de ellos depende del consumo y la descomposición orgánica en la laguna, así como de los aportes fluviales y de la difusión de los que están contenidos en los sedimentos. En la laguna de Mecoaacán la forma más común corresponde a los nitratos. El amonio presenta contrastes, dado que en algunos meses de sequía es indetectable, pero se incrementa en la época de lluvias. Esta diferencia puede ser consecuencia del comportamiento estacional (asimilación-descomposición).

La comunidad del fitoplancton es sensible a los cambios en los aportes de micronutrientes nitrogenados, lo que se observa no sólo por la variación espacio-temporal de su biomasa o cosecha (cél/ml), sino en la misma composición de las especies; por ejemplo: en enero, la mayor biomasa está dada por la *Skeletonema costatum*, que se asocia con contenidos altos de amonio, en tanto que cuando

FIGURA 6. BIOMASA O COSECHA FITOPLANCTÓNICA EN CÉLS/L (CÍRCULO NEGRO) CONTENIDO PROPORCIONAL DE SALINIDAD (G/L), OXÍGENO (ML/L), DE NUTRIENTES EN $\mu\text{G-AT/L}$ (TRIÁNGULOS) Y PREDOMINIO PORCENTUAL DE ESPECIES (SECCIONES PERIFÉRICAS DEL CÍRCULO) EN LA LAGUNA DE MECOAACÁN EN MAYO.



el nitrógeno es indetectable en todas sus formas (mayo), predomina la *Nitzschia closterium*, con una cosecha muy inferior (figura 6), aunque con una composición más diversa en la comunidad.

El ortofosfato es el micronutriente considerado como limitante de la fotosíntesis del fitoplancton. Sin embargo, las lagunas costeras mantienen niveles bajos pero suficientes y de rápida redistribución para que los organismos lo aprovechen. Los ríos aportan sedimentos que proveen de micronutrientes a la laguna, así como material orgánico, que es descompuesto hasta sus formas inorgánicas más simples. Este último se ha visto incrementado localmente por el empleo de fertilizantes en las zonas agrícolas, así como por los desechos urbanos con tendencia a la eutroficación (florecimientos explosivos de especies de fitoplancton muy adaptadas), y el incremento de materia orgánica que consume oxígeno, lo que torna al medio anaeróbico o anóxico, con la aparición de aguas rojizas producidas por crecimientos masivos de flageladas con pigmentos (fícoxantinas, fitocromos, dinoxantinas, carotenos) o de algunas dinoflageladas y hasta de ciliados, como el género *Mesodinium* que posee fitosimbiontes con pigmentos rojo-púrpura.

El ortofosfato en la laguna de Mecoaacán alcanza niveles altos, lo que no limita el crecimiento o desarrollo del fitoplancton; sin embargo, no se llega a una eutroficación, dado que las concentraciones no se mantienen constan-

tes en las mismas localidades, puesto que varían entre indetectables a poco más de 5.5 $\mu\text{g}/\text{l}$. Es posible ver entonces el ciclo estacional marcado con máximas en enero de 3.53 $\mu\text{g}/\text{l}$ (procedentes de la materia orgánica en total descomposición), y disminuciones paulatinas en los meses siguientes (3.01 $\mu\text{g}/\text{l}$ en febrero, 2.98 $\mu\text{g}/\text{l}$ en marzo, 2.26 $\mu\text{g}/\text{l}$ en abril, 1.90 $\mu\text{g}/\text{l}$ en mayo y 2.28 $\mu\text{g}/\text{l}$ en julio). El decremento puede ser resultado de la absorción de los sedimentos, mientras que el último incremento sería una consecuencia de los aportes fluviales en el periodo de lluvias. La disminución del ortofosfato no se asocia con el aumento de células, sino que puede ser resultado de la alta reserva de este ion en la columna de agua y su bajísima asimilación por el fitoplancton, ya que por cada 106 átomos de carbono se requieren 16 de nitrógeno y uno de fósforo. Las especies dominantes e importantes del fitoplancton de Meacoacán no son afines o congéneres de aquellas responsables de florecimientos explosivos y sostenidos en ambientes eutroficados, basados en el alto contenido de ortofosfatos.


La propia dinámica de Meacoacán, su tamaño y los aportes continentales que recibe, la condicionan para florecimientos estacionales de plancton extraordinariamente altos, pero de pocas especies; aunque los niveles de micronutrientes sean bajos, la rápida redistribución a asimilarse por el fitoplancton no permite el crecimiento

explosivo de cianofitas y flageladas, indicadoras de ambientes eutroficados.

Conclusiones

En el presente estudio se midieron mensualmente los parámetros hidrológicos y las comunidades del fitoplancton de la laguna de Meacoacán, Tabasco, durante el periodo invierno-primavera de 1993, con el fin de obtener información para evaluar el papel en la producción pesquera regional. Se observaron florecimientos del fitoplancton de diatomeas de ambiente salobre (*Skeletonema costatum*) y marino (*Chaetoceros* spp), indicadores de la hidrodinámica del estuario y de la intrusión marina, respectivamente.

Los niveles del fitoplancton y de los micronutrientes definen a la laguna de Meacoacán como de alta fertilidad y de gran eficiencia en la utilización de los micronutrientes que recibe de la cuenca Grijalva-Usumacinta, la vertiente más importante del sureste de México.

Al ser esta laguna un importante recurso natural, utilizado como área de crianza de especies pesqueras del banco de Campeche, que ha sido comparada, no obstante su pequeño tamaño, con la laguna de Términos, Campeche, y posiblemente mayor eficiencia que ésta, debe estimularse la realización de estudios bioecológicos permanentemente. 



BIBLIOGRAFÍA

- Arredondo, J. (1993). *Estudio de la relación medio-ambiente y producción de ostión en el sistema lagunar de Meacoacán, Tabasco*. Informe Técnico DCBS. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D. F.
- Ayala-Castañares, A. y Phleger, F. (eds.) (1969). *Lagunas costeras, un simposio. Memoria del Simposio Internacional sobre lagunas costeras (origen, dinámica y productividad)*. Instituto de Biología y Dirección General de Publicaciones, UNAM-UNESCO, México.
- De la Lanza-Espino, G. (1994). "Química de las lagunas costeras", en De la Lanza Espino, G. y Cáceres Martínez, C. (Eds.). *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S, México: 127-198.
- Figuroa-Torres, M.; Álvarez, C.; Esquivel, A. y Ponce, M. (Eds.) (1991). *Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas*. Serie Grandes Temas de la Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa, México.
- Galaviz-Solis, A.; Gutiérrez-Estrada, M. y Castro del Río, A. (1987). "Morfología, sedimentos e hidrodinámica de las lagunas Dos Bocas y Meacoacán, Tabasco, México", *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 14(2): 109-124. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Gómez-Aguirre, S. (1987). "Plancton de lagunas costeras de México", en Gómez Aguirre, S. y Arenas Fuentes, V. (Eds.). *Contribuciones en Hidrobiología*. Instituto de Biología y Dirección

General de Publicaciones, UNAM. México: 207-222.

____ y de la Lanza-Espino, G. (1994). "Fitoplancton y micronutrientes de la Laguna de Mecoaacán, Tabasco, en el periodo enero-mayo de 1993", en *Memoria de la VII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, A.C.*, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México.

Lankford, R. (1977). "Coastal Lagoons of Mexico. Their Origin and Classification", en Wiley, M. *Estuarine Processes*. Ac. Press. Inc. Nueva York, Estados Unidos: 182-212

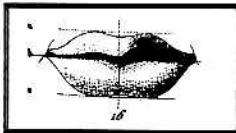
Licea, S.; Moreno, J.; Santoyo, H. y Figueroa, G. (1995). *Dinoflageladas del Golfo de California*. Universidad Autó-

noma de Baja California Sur. SEP-FOMES PROMARCO, México.

Moreno, J.; Licea, S. y Santoyo, H. (1996). *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. SEP-FOMES PROMARCO, México.

Santoyo-Reyes, H. (1994). "Fitoplancton y productividad", en De la Lanza-Espino y Cáceres-Martínez, C. (eds.) (1994) *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México: 221-245.

Strickland, J. y Parsons, T. (1968). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canadá.



Canadian Journal of Development Studies

Editorial Policies

All articles submitted to the Canadian Journal of Development Studies are assessed anonymously by two or more outside readers. Multiple submissions are not accepted.

The journal is not responsible for the opinions expressed in the articles.

Submission of Manuscripts

Manuscripts should be sent in three copies to the editorial office. They should include an abstract (with a résumé in french) of no more than 100 words, a short biographical note of the author (s), and a list of references. Manuscripts should be more than 30 pages, including the list of references, all double-spaced and printed on one side of the paper only.

Articles should have an introduction and conclusion. Titles of sections and subsections should be numbered in Roman numerals, alphabetic capitals and Arabic numerals, successively.

Tables, figures and maps should be numbered consecutively and placed on separate pages. Their location in the text should be indicated. Maps or graphs must be in cameraready copy.

Style of References

For references in text, the author-date method of reference should be used, e.g. (Smith, 1980), (Jones, 1987, p. 10; Jackson, 1990, chap. 2). Endnotes are limited to content notes only, and should be numbered consecutively and placed on separated pages at the end of the paper.

The List of References is limited only to references cited in the article. The Journal uses the following style of references:

- book McClelland, D., *The Achieving Society*. Princeton, New Jersey, Van Nostrand, 1961.
- edited book Berger, M. and M. Buvinic, eds., *Women's Ventures: Assistance to the Informal Sector in Latin America*. West Hartford, Kumarian Press, 1989.
- article in book Rostow, W.W., *The Take Off into Self-Sustained Growth*, in Finkle, J.L. and R.W. Gable, eds., *Political Development and Social Change*. New York, John Wiley and Sons, 1971.
- journal article Keller, B. and D.C. Mbeve, *Policy and Planning for the Empowerment of Zambia's Women Farmers*, *Canadian Journal of Development Studies*, 12, 1991, p. 75-88.



Université d'Ottawa
University of Ottawa

University of Ottawa
538 King Edward Avenue
Ottawa, Ontario
Canada K1N 6N5

Telephone: (613) 562 58 00 ext. 1561
E-mail: dvuong@uottawa.ca



E-mail: dvuong@uottawa.ca