

## Ecología del fitoplancton primaveral de superficie en el lago de Tequesquitengo, Morelos, México

David Uriel Hernández Becerril y María Isabel Tapia Peña

Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A. C. Jalisco y Madero, Apdo. Postal 128, La Paz, B.C.S. 23060. México

(Recibido el 7 de enero de 1986)

**Abstract:** Physical and chemical data including temperature and transparency of the water, pH, dissolved oxygen, hardness and alkalinity, as well as primary production and details of the phytoplankton structure in the lake of Tequesquitengo, Morelos, México between March 7 and May 22, 1981 are presented here. Fifteen species were identified: 13 in bottle samples and 2 in one series taken with net, five taxa could be identified to genus level; all taxa belong to five algal classes; the diatom *Navicula cryptocephala* and the dinoflagellate *Peridinium cinctum* were the most abundant species.

During this study, while dominance decreased by one single species the diversity and evenness indices were increasing. At the end of May the green and the blue-green algae increase in numerical importance. Gross primary production and phytoplankton biomass were significantly related.

Influence by stratification and mixed periods over the variation of some variables and phytoplankton species succession is discussed.

Las investigaciones limnológicas en México no son muy abundantes. Muchos de los trabajos se refieren al plancton y en especial al conocimiento del fitoplancton, de los cuales se pueden mencionar los de Samano-Bishop (1934, 1940), Osorio-Tafall (1914), de Buen (1944). Posteriormente los estudios se han enfocado a problemas de contaminación y su relación con el fitoplancton (Manilla, 1978). La tendencia actual es tratar de explicar las variaciones de las comunidades dentro de los lagos e interpretarlas en el contexto de análisis de componentes principales y de cúmulos (Arredondo, Figueroa *et al.*, 1984).

Los cambios en las comunidades planctónicas, en particular del fitoplancton son influenciados por los mecanismos de estratificación termal y mezcla como una secuencia estacional (Reynolds, 1976, 1984). Existe pues, una relación entre variables ambientales y variaciones del fitoplancton, cuya estructura se puede aproximar sobre la base de parámetros como su composición, abundancia y biomasa, su producción primaria y los índices de diversidad.

Este estudio se realizó con el propósito de conocer la estructura básica del fitoplancton y tratar de determinar la importancia de algunas variables físicas y químicas sobre su desarrollo en el Lago de Tequesquitengo durante la primavera de 1981.

### MATERIAL Y METODOS

El Lago de Tequesquitengo se localiza al sur de la mesa central de la República Mexicana, en el Estado de Morelos, correspondiendo a la depresión del Río Balsas, entre los paralelos 18° 30' y 18° 40' N y el meridiano 99° 20' W (Fig. 1) a una altura de 900 msnm con una superficie total de 800 has. El lago alcanza una profundidad máxima de 25 m, longitud y anchura máxima de 4.4 km y 3.2 km, respectivamente, capacidad de 0.128 km<sup>3</sup> y pendiente media 2.65% (S.R.H., 1976). La precipitación media anual es de 1285 mm, evaporación media anual de 1783.8 mm, temperatura media anual es de 20.7<sup>o</sup> C y el clima es AWo (w) (i) g cálido subhúmedo con lluvias en verano (S.R.H.,



Fig. 1. Localización del Lago de Tequesquitengo, Mor. y de las estaciones de muestreo ubicadas en él.

1976). Las aguas del Lago de Tequesquitengo se destinan a uso doméstico, recreación con contacto primario y pesca a pequeña escala; como uso secundario está el abrevadero de ganado en los márgenes del lago.

Se establecieron ocho estaciones de muestreo en el lago, las cuales fueron posiciones similares a las del estudio de la S.R.H. (1976) (Fig. 1). Se efectuaron cuatro salidas: 7 de Marzo, 5 y 26 de Abril y 22 de Mayo de 1981; el día 7 de Marzo no se colectaron muestras de fitoplancton. La temperatura del agua se midió con termómetro de cubeta graduado ( $-10^{\circ}$  C a

$80^{\circ}$  C), la transparencia con un disco de Secii, para determinaciones químicas: pH, oxígeno disuelto, dureza y alcalinidad, se obtuvieron muestras con botellas Van Dorn de 2.5l; el pH se midió con un potenciómetro digital Corning, oxígeno disuelto por el método microwinkler (APHA, 1971), dureza por el método de titulación con EDTA (APHA, 1971; Schwoerbel, 1975; Lind, 1979), y alcalinidad por el método de titulación con ácido sulfúrico a la fenoltaleína y anaranjado de metilo (APHA, 1971; Schwoerbel, 1975; Lind, 1979). Muestras de 120 ml provenientes de la botella Van Dorn, se

## CUADRO 1

Temperatura, transparencia del agua, oxígeno disuelto, pH, dureza y alcalinidad. Datos promedio por salida

Variables Medidas	Fecha			
	7/III/82	5/IV/81	26/IV/81	22/V/81
Temperatura del agua (°C)	26.22	25.75	25.75	27.81
Transparencia del agua (m)	1.71	1.83	1.46	1.85
Oxígeno disuelto (mg/l)	8.17	8.25	8.50	7.50
pH	8.38	8.50	7.69	7.95
Alcalinidad (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	255	162	161	157
Dureza (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	1951	1865	1415	1177

## CUADRO 2

Lista de taxa identificados en el lago de Tequesquitengo, Morelos, México

- CYANOPHYCEAE (verde-azules)  
*Chroococcus turgidus* (Kutz.) Nag.  
*Eucapsis alpina* Clem. et Shantz  
*Lyngbya birgi* G. M. Smith  
*Merismopedia elegans* Braun  
 \**Microcystis* sp.  
*Nodularia spumigena* (Thur.) Born. et Flah.
- CHLOROPHYCEAE (verdes)  
*Chlorella vulgaris* Beijen  
 \**Mougeotia genuflexa* (Dillw.) Agardh  
*Tetraedron minimum* (A. Br.) Hansg  
*Ulothrix* sp.
- EUGLENOPHYCEAE  
*Trachelomonas oblong* Lemm.
- BACILLARIOPHYCEAE (diatomeas)  
*Amphora* sp.  
 \**Asterionella* sp.  
*Cyclotella compta* (Ehr.) Kutz.  
*Diatoma vulgare* Bory  
 \**Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs  
*Navicula cryptocephala* Kutz.  
*Nitzschia palea* (Kutz.) W. Smith  
*Surirella* sp.
- DINOPHYCEAE (dinoflagelados)  
*Peridinium cinctum* (Muller) Ehr.

lución de oxígeno en botellas clara y oscura, con tiempo de exposición de 4 hrs. (Soeder y Talling, 1974) incubando a bordo en una caja blanca de madera. El 5 de Abril se hicieron arrastres con red de 89  $\mu$ m de malla y 50 cm de boca durante 3 minutos a la menor velocidad de la embarcación.

La identificación y recuento del fitoplancton se realizó en un microscopio compuesto. Para el recuento se siguió el método de Edmonson (1974), empleándose microtransectos de una preparación con una cantidad conocida de muestra; se contaron cinco preparaciones por muestra.

La biomasa del fitoplancton se calculó en términos de contenido de carbono, a partir de volúmenes celulares, empleando ecuaciones de Strathman (1967). Como parámetros de la comunidad se usaron el índice de diversidad de Shannon- Winer (Margalef, 1968) y el índice de equitabilidad de Pielou (Pielou, 1977). Se calcularon los coeficientes de correlación r entre variables ambientales, abundancia y biomasa del fitoplancton y los valores de producción primaria.

## RESULTADOS

La temperatura del agua promedio de estaciones varió entre 25.7° C y 27.8° C, correspondiendo el valor más alto al 22 de Mayo (Cuadro I); la transparencia del agua osciló entre 1.46 m y 1.85 m, sin mostrar ningún patrón

preservaron con formol al 4% para análisis de fitoplancton (Saraceni, 1974). La producción primaria fue determinada por el método de evo-

CUADRO 3

*Densidad y biomasa del fitoplancton, producción primaria neta y bruta, índices de diversidad y equitabilidad. Datos promedio por salida*

Fecha	Densidad (Cels/l X10 <sup>3</sup> )	Biomasa (mgC/l)	Producción Primaria Bruta (mgC/lhr) Neta		Diversidad (Shannon-Wiener)	Equitabilidad (Pielou)
7/III/81	—	—	0.064	0.021	—	—
5/IV/81	2245	72.14	0.056	0.042	1.79	0.48
26/IV/81	1305	213.94	0.081	0.062	2.58	0.69
22/V/81	1318	269.82	0.103	0.059	2.86	0.79

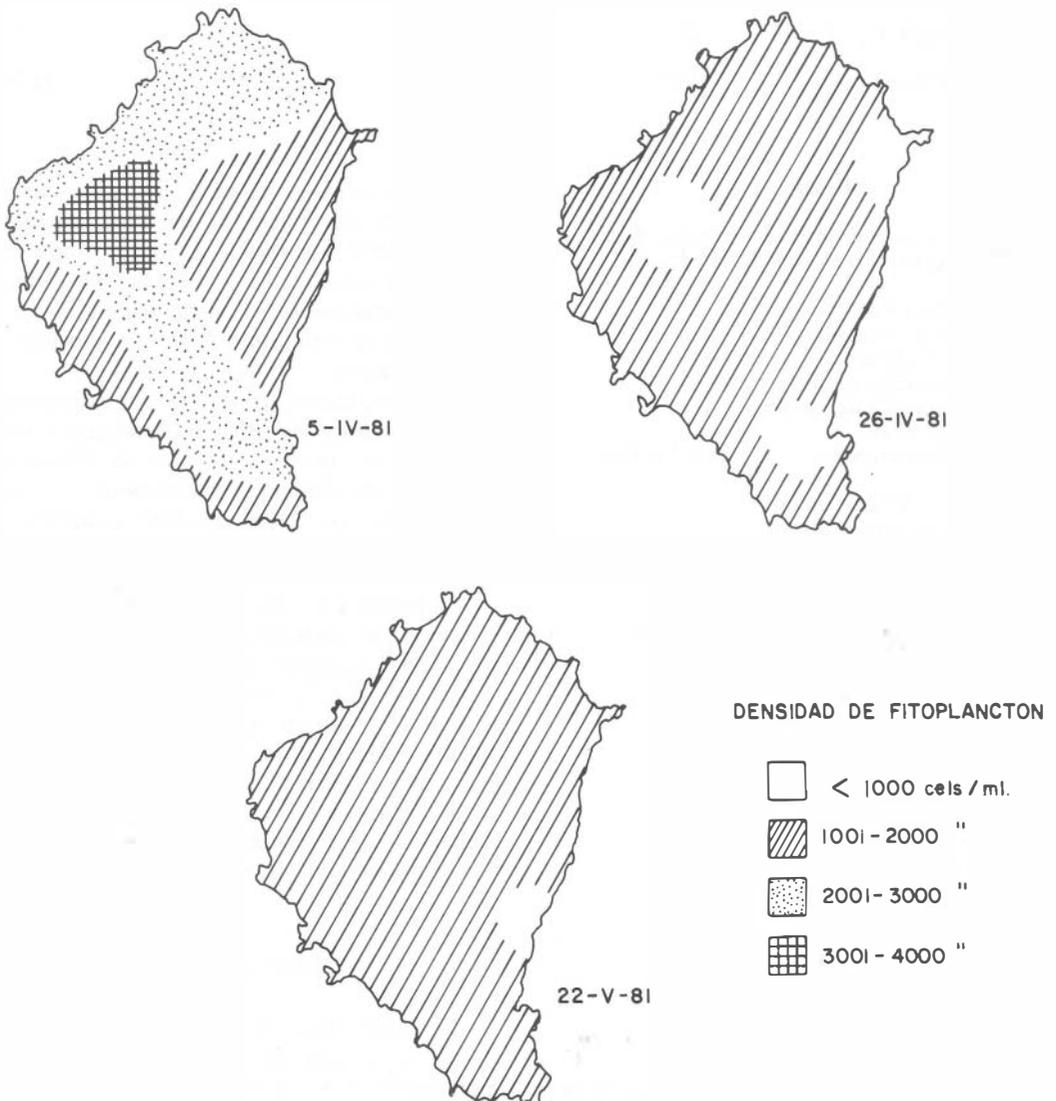


Fig. 2. Distribución superficial de fitoplancton (cels/l) para cada salida.

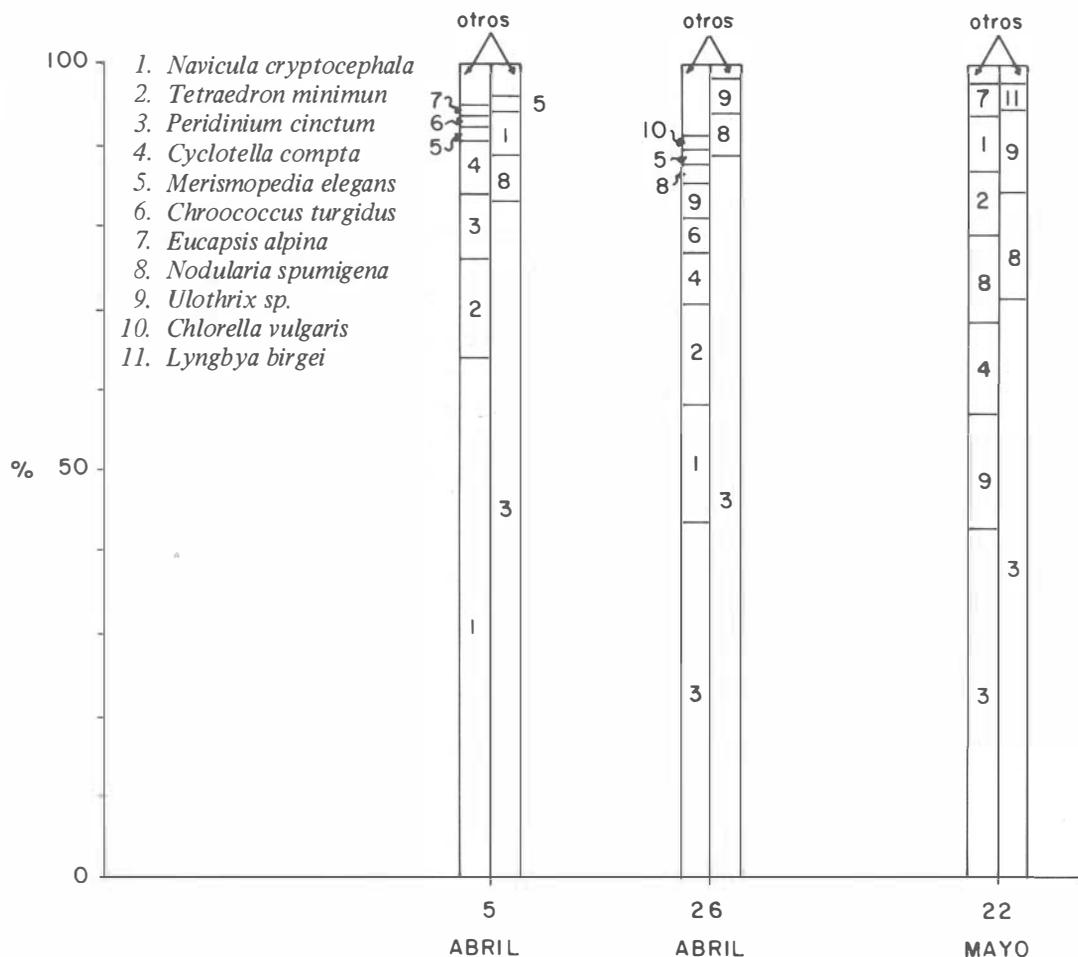


Fig. 3. Variaciones de densidad (izquierda) y biomasa (derecha) por especies de fitoplancton en porcentajes.

aparente (Cuadro I); los valores de oxígeno disuelto muestran una variación de 7.5 mg/l a 8.5 mg/l, disminuyendo hacia el 22 de Mayo (Cuadro I) y encontrando todos los valores cercanos al 90% de saturación; el pH varió, sin patrón aparente, de 7.69 a 8.50 (Cuadro I). Tanto la dureza como la alcalinidad mostraron tendencia a disminuir a través del período de este estudio, notándose un mayor decremento en la dureza: de 1951 a 1177 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  (Cuadro I), estos valores indican un tipo de agua muy dura.

Dentro del análisis cualitativo del fitoplancton se identificaron 15 especies en total, correspondientes a 13 especies en muestras de botella y 2 en lances de red, quedando 5 taxa a nivel de género en ambos tipos de muestreo, perteneciendo todos los taxa a cinco clases algales (Cuadro II). La abundancia y biomasa del fito-

plancton se presentan en el Cuadro III, notándose el decremento en densidad celular, caso contrario de la biomasa. La distribución superficial de densidades muestra la mayor densidad en la estación 8 el 5 de Abril, haciéndose más homogénea hacia el 22 de Mayo (Fig. 2). La diatomea *Navicula cryptocephala* fue dominante numérica el 5 de Abril y el dinoflagelado *Peridinium cinctum* lo fue el 26 de Abril y el 22 de Mayo, en tanto que el mismo *P. cinctum* fue dominante en biomasa durante todo el período estudiado (Fig. 3). Otros organismos abundantes fueron *Tetraedron minimum*, *Cyclotella compta* y *Ulothrix sp.*; *Nodularia spumigena* y *Ulothrix sp.* fueron importantes en cuanto a biomasa (Fig. 3). Los cambios estructurales del fitoplancton se aprecian en la Fig. 4, observándose el 5 de Abril una gran abundancia de dia-

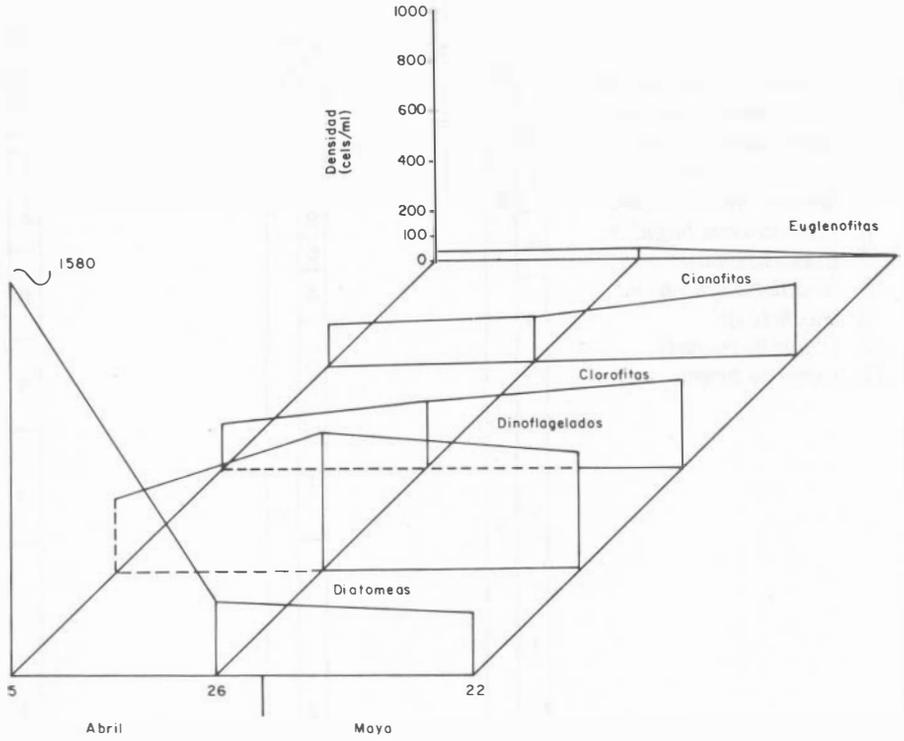


Fig. 4. Cambios en la estructura del fitoplancton por grupos algales.

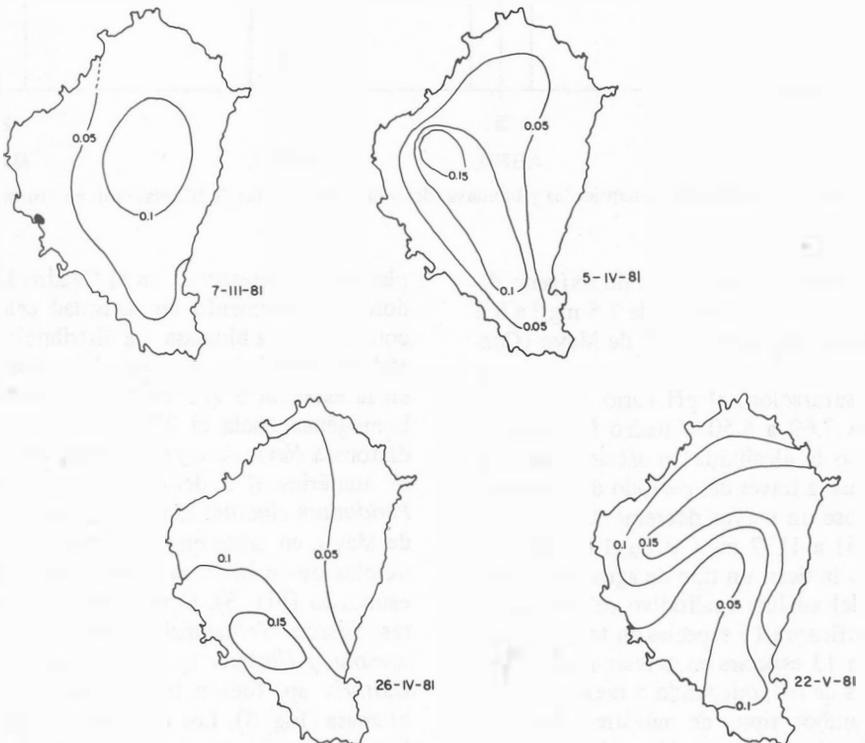


Fig. 5. Distribución superficial de producción por grupos algales (mgC/hr) para cada salida.

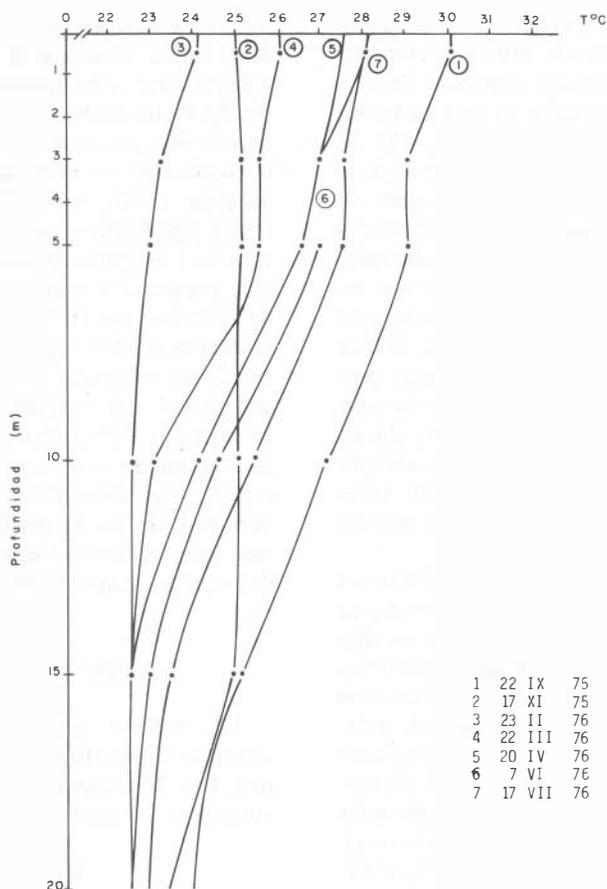


Fig. 6. Variabilidad de la temperatura con la profundidad entre el 22 de Septiembre de 1975 y el 17 de Julio de 1976 (construido basado en datos de la S.R.H., 1976).

tomeas, el 26 de Abril esta disminuye y aumenta la de los dinoflagelados (una sola especie), incrementándose desde esta fecha y hasta el 22 de Mayo la importancia numérica de las algas verde-azules (cianofitas).

A pesar de disminuir ligeramente el 5 de Abril, los valores de producción primaria bruta tienden a aumentar, así como los de producción primaria neta, estos últimos disminuyeron el 22 de Mayo (Cuadro III). La distribución superficial de producción primaria bruta fue heterogénea en el lago y a través del tiempo (Fig. 5), encontrándose alta producción en la estación 8 el 5 de Abril, misma donde se localizó alta densidad de fitoplancton ese día (Fig. 2). Entre el 26 de Abril y el 22 de Mayo se notan condiciones contrarias: El 26 de Abril la mayor producción es en la orilla suroccidental (Estación 2) y la menor en la nororiental (Estación 6), mien-

tras que en la otra fecha sucede todo inversamente (Fig. 5).

Los índices de diversidad y equitabilidad mostraron tendencia a aumentar (Cuadro III) en concordancia con la disminución en dominancia dentro de la comunidad, pues *Navicula chytocephala* contribuye en más del 60% a la densidad del fitoplancton el 5 de Abril y la contribución de *Peridinium cinctum* en las otras fechas no llegó al 50% (Fig. 3).

## DISCUSION

Los datos del estudio de 1976 (S.R.H., 1976), en cuanto a distribución vertical de temperatura indican que entre los meses de Noviembre y Febrero existe en el Lago de Tequesquitengo una mezcla vertical, rompiendo el termoclina estacional que prevalece todo el resto del año (Fig. 6). Este tipo de lagos se clasifican

como caliente monomictico de acuerdo a Wetzel (1975), presentando estratificación térmica en primavera, verano y principios de otoño, habiendo una circulación o mezcla en invierno sin que la temperatura baje a 4°C. El efecto de mezcla y estratificación sobre algunas variables medidas es notable. A principios de Marzo, cuando se supone que el lago estaba mezclado verticalmente, los valores de dureza y alcalinidad fueron muy altos indicando una resuspensión de partículas como consecuencia de la mezcla invernal; para fines de Mayo, dichos valores habían disminuido, quizás como producto de la estratificación del lago, no obstante las aguas del lago son extremadamente duras, debido a bicarbonatos y carbonatos de acuerdo a Lind (1979), y los valores reportados antes (S.R.H., 1976) para alcalinidad y dureza son del mismo orden que los reportados aquí.

Se puede observar una dirección definida en la sucesión de especies del fitoplancton, que es aparente a partir de la gran abundancia de diatomeas en un período donde las condiciones podrían ser óptimas para el crecimiento de éstas (alta cantidad de nutrientes, turbulencia), es decir a final del período de mezcla; posteriormente en aguas más estables, especies móviles o con gran flotabilidad, como los dinoflagelados y las algas verde-azul, vienen a ser más importantes y sustituyen a las diatomeas (Round, 1973, 1981; Boney, 1975; Wetzel, 1975; Reynolds, 1976, 1984; Margalef, 1978). La relación inversa entre densidad y biomasa del fitoplancton puede explicarse por el hecho que la diatomea *Navicula cryptocephala* fue muy abundante, pero es una especie pequeña que no representa gran biomasa, en tanto que *Peridinium cinctum* es muy grande en talla y significa una contribución importante en biomasa, así la densidad más alta está representada por células pequeñas.

Los valores de producción primaria obtenidos en este trabajo son comparables con los reportados en otros lagos de zonas tropicales. Pérez Eiriz y Ortega (1978) presentaron valores de producción primaria para un embalse en Cuba (23° N), donde se detectaron las más altas entre Febrero y Mayo, siendo de los mismos órdenes de magnitud que los mostrados aquí.

Los índices de diversidad y equitabilidad dieron buena idea de la estructura del fitoplancton pues ambos respondieron a los cambios estructurales como número de especies y número de individuos por especies y fueron sensibles a la dominancia numérica de una sola especie, au-

mentando sus valores con la disminución de tal dominancia. El índice de diversidad también señala los estados de sucesión del fitoplancton, variando de un valor relativamente bajo en estado de sucesión primaria a valores más altos cuando la comunidad era más madura (Margalef, 1968; Smayda, 1980). No existieron correlaciones lineales significativas, a excepción de la temperatura y el oxígeno disuelto ( $r = -0.95$ ,  $P < 0.05$ ) y la producción primaria bruta con la biomasa del fitoplancton ( $r = -0.91$ ,  $P < 0.05$ ). Ambos efectos se pueden explicar subjetivamente conociendo la influencia de la temperatura sobre la solubilidad del oxígeno en el agua (Wetzel, 1975; Pérez Eiriz y Ortega, 1978), en tanto que la biomasa en términos de carbono celular es mejor índice de material fitoplanctónico que la densidad, de ahí la correlación con la producción primaria bruta. Las otras variables informadas aquí no manifiestan importancia significativa.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen profundamente el apoyo de Silvia Mille Pegaza (Lab. Ecología Marina, Esc. Nac. Cienc. Biol., I.P.N.), tanto en los muestreos como en los análisis.

#### RESUMEN

Se presentan datos físicos y químicos y referentes al fitoplancton del Lago de Tequesquitengo, Mor., entre el 7 de Marzo y el 2 de Mayo de 1981. Los resultados comprenden temperatura y transparencia del agua, pH, oxígeno disuelto, dureza y alcalinidad, así como medidas de la producción primaria y composición y abundancia del fitoplancton. Se identificaron 15 especies: 13 en muestras de botellas y 2 en una sola campaña con red, quedando cinco a nivel de género, todos pertenecientes a 5 clases algales; la diatomea *Navicula cryptocephala* y el dinoflagelado *Peridinium cinctum* fueron las especies más abundantes. Durante el estudio a medida que disminuyó la dominancia de una sola especie se incrementaron los índices de diversidad y equitabilidad. Al final de Mayo, las algas verdes y verde-azules aumentaron en importancia numérica. La producción primaria bruta se correlacionó significativamente con la biomasa del fitoplancton. Se discute la influencia de los períodos de estratificación y mezcla del lago sobre el comportamiento de algunas

variables y del fitoplancton en cuanto a la sucesión de especies.

## REFERENCIAS

- APHA. 1971. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13 th, ed. American Public Health Association. New York. 1057 pp.
- Arredondo Figueroa, J. L., Vera Mackintosh & A.O. Ortiz Linas. 1984. Análisis de componentes principales y cúmulos de datos limnológicos, en el Lago de Alchichica, Puebla. *Biotica* 9: 23-29.
- De Buen, F. 1944. Limnobiología de Patzcuaro. *An. Inst. Biol. UNAM.* 15: 284-289.
- Boney, A.D. 1975. Phytoplankton. Ed. Eward Arnold. London. 116 pp.
- Edmonson, W.T. 1974. A simplified method for counting phytoplankton. In: Vollenweider, R.A. (Ed.). A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP. Handbook No. 12 Blackwell Sci. Pub. Oxford, pp. 14-16.
- Lind, O.T. 1979. Handbook of common methods in Limnology. 2 nd. ed. C.V. Mosby. St. Louis. 199 pp.
- Manilla, D.M.M. 1978. Algunos aspectos generales sobre algas continentales y la contaminación. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. UNAM. México.
- Margalef, R. 1968. Perspectives in ecological theory. Univ. of Chicago Press. 111 pp.
- Margalef, R. 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta* 1: 993-509.
- Osorio-Tafall, B.F. 1941. Materiales para el estudio del microplancton del Lago de Patzcuaro (México). I Generalidades y fitoplancton. *An. Esc. Nal. Cienc. Biol.* 2: 331-383.
- Pielou, E.C. 1972. *Mathematical Ecology.* Wiley-Intersc. Pub. New York. 385 pp.
- Perez Eiriz, M. y J. Ortega. 1978. Las condiciones limnológicas en el embalse "Ejército Rebelde" (Paso seco). II. La producción primaria de materia orgánica por la fotosíntesis del fitoplancton y su destrucción en el agua. *Cienc. Biol.* 2: 109-128.
- Reynolds, C.R. 1976. Succession and vertical distribution of phytoplankton in response to thermal stratification in a Lowland Mere, with special reference to nutrient availability. *J. Ecol.* 64: 529-551.
- Reynolds, C.R. 1984. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwat. Biol.* 14: 111-142.
- Round, F.E. 1973. *The Biology of the algae.* 2 nd. ed. Edward Arnold. London. 278 pp.
- Round, F.E. 1981. *The Ecology of algae.* Cambridge Univ. Press. Cambridge. 653 pp.
- Samano-Bishop, A. 1934. Contribución al conocimiento de las algas verdes de los lagos del Valle de México. *An. Inst. Biol. UNAM.* 5: 149-177.
- Samano-Bishop, A. 1940. Algas del Valle de México. *An. Inst. Biol. UNAM.* 11: 41-50.
- Saraceni, C. 1974. Techniques for sampling water and phytoplankton. In: Vollenweider, R.A. (Ed.). A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments IBP. Handbook No. 12 Blackwell Sci. Pub. Oxford. pp. 5-7.
- Schwoerbel, J. 1975. *Métodos de Hidrobiología.* H. Blume. Madrid. 262 pp.
- Smayda, T. 1980. Phytoplankton species succession In: Morris, I. (Ed.) *The Physiological Ecology of phytoplankton.* Univ. California Press pp. 493-570.
- Soeder. C.J. & J.F. Talling. 1974. The enclosure of phytoplankton communities. In: Vollenweider, R.A. (Ed.). A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP. Handbook No. 12 Blackwell Sci. Pub. Oxford. pp. 80-88.
- S.R.H. Subsecr. de planeación. 1976. Estudio de la calidad del agua del Lago de Tequesquitengo. *Dir. Gral. de usos del agua y prevención de la contaminación.* Proyectos. Ingeniería y Construcción.
- Strathman, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnol Oceanogr.* 12: 411-418.
- Wetzel, R.G. 1975. *Limnology.* W.B. Saunders. Philadelphia. 743 pp.