



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

179
Reg.

VARIACION ESTACIONAL EN LA ABUNDANCIA DE ESPECIES
FITOPLANCTONICAS DEL LAGO CATEMACO, VERACRUZ.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
BIOLOGA

P R E S E N T A

DELIA VAZQUEZ GALICIA

México, D.F.

1995

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE

Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

Los abajo firmantes, comunicamos a Usted, que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realiz(ó)ron la pasante(s) VAZQUEZ GALICIA DELIA

con número de cuenta 8304374 - 7 con el Título: Variación estacional en la abundancia de las especies fitoplanctónicas del lago Catemaco, Veracruz.

Otorgamos nuestro **Voto Aprobatorio** y consideramos que a la brevedad deberá presentar su Examen Profesional para obtener el título de BIÓLOGO

GRADO	NOMBRE(S)	APELLIDOS COMPLETOS	FIRMA
M en C.	Rosa Luz	Tavera Sierra	<i>R. Tavera</i>
Director de Tesis			
M. en C.	Eberto	Novelo Maldonado	<i>E. Novelo</i>
M. en C.	Gustavo	Montejano Zurita	<i>G. Montejano</i>
Biol.	Francisco	Valadéz Cruz	<i>F. Valadéz</i>
Suplente			
Biol.	Claudia	Ibarra Vázquez	<i>C. Ibarra</i>
Suplente			

INDICE

Dedicatoria	1
Agradecimientos	3
Resumen	4
Introducción	5
Antecedentes	7
Objetivo	9
Zona de estudio (Mapa Fig. 1)	10
Metodología	12
Listado de especies	
Cambios climáticos en el lago	
Resultados	20
Análisis de Resultados y Discusión	22
Conclusiones	28
Perspectivas	29

Tablas:

1. Especies abundantes de lago Catemaco.	20
2. Determinaciones realizadas en el campo.	30
3. Análisis químicos realizados por el IMTA	31
4. Abundancias absolutas (mayo).	32
5. Abundancias absolutas (agosto).	34
6. Frecuencia de especies abundantes (FLEXCLUS) mayo.	36
7. Frecuencia de especies abundantes (FLEXCLUS) agosto.	37
8. Frecuencia de especies abundantes (FLEXCLUS) may - agos	38

Gráficas:

1. Abundancias absolutas de las especies abundantes (mayo).	40
2. Abundancias absolutas de las especies abundantes (agos).	41
3. Determinaciones en el campo (mayo).	42
4. Determinaciones en el campo (agosto).	43
5. Abundancias absolutas de algunas otras especies (mayo)	44
7. Abundancias absolutas de algunas otras especies (agos)	46
9. Parámetros químicos (N_{org} , N - NH_4 , N - NO_3).	48
10. Parámetros químicos (DQO).	49
11. Distribución de las especies en mayo (DECORANA).	50
12. Distribución de las especies en agosto (DECORANA).	51
13. Distribución de las especies mayo - agosto (DECORANA).	52

Bibliografía	53
---------------------	----

Apéndices:

I. Determinaciones realizadas en el campo.	57
II. Preservación con lugol.	58
III. Conteos en cámaras de Kolkwitz - Utermöhl.	59
IV. Cuantificación de clorofila.	60

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Della:

Por haberme guiado y apoyado en el camino que me lleva a lograr una de las metas más importantes en mi vida profesional.

A mis hermanos:

Marisa, Laura, José Luis, Alejandro:

Por todo su apoyo y el ejemplo personal de cada uno de ellos de ser feliz.

Ulises:

Nacimos del mismo vientre, pero somos tan diferentes
crecimos de la misma tierra, y andamos por caminos distintos
juntos lloramos, ahora nos reímos de nuestro llanto
mil travesuras realizamos, ahora poco tiempo convivimos
aveces nos distanciamos, sin embargo nunca nos olvidamos.
Ahora no es como ayer, porque el tiempo ha pasado....
Por todo lo buen y mal que la hemos pasado, te quiero
te quiero hermano.

Xochiquetzal y Ligia:

Como estímulo para seguir adelante en su vida profesional.

A mis ahora hermanos:

Roberto, Gustavo y Alicia:

Por formar parte de esta gran familia.

A Alicia y Gustavito:

Esperando que algún día lleguen a disfrutar de la naturaleza que está ahí y que muchas veces no conocemos.

A Guillermo:

Por cada minuto y cada momento de su tiempo; todo su amor, comprensión y sobre todo paciencia en una gran parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Ficología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial al Dr. Jorge González González, Coordinador del mismo, por todo el apoyo de material e infraestructura para la realización de la presente tesis.

A los Dr. Jirf Komárek y Dra. Jaroslava Komárková por su participación y aportación en la determinación de las especies del lago, su amistad y ayuda en el trabajo de campo.

Al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, por la determinación de los Análisis químicos de las muestras y por el apoyo económico que me brindó durante la realización de la presente.

A la M. en C. Silvia Castillo Argüero por su orientación y ayuda en la aplicación de los análisis multivariados.

A los señores Adrián De Lucio Quintero y José María Dávila Silvas, por toda su ayuda y facilidades brindadas en el trabajo de campo.

A cada uno de mis compañeros del Laboratorio: porque siempre estuvieron ahí, en cada duda y en cada consulta.

Al Jurado Evaluador por tomarse el tiempo y la molestía en la revisión de esta tesis.

Y de manera muy, pero muy especial a la M. en C. Rosa Luz Tavera Sierra, por ser la persona que es y guiarme en el conocimiento ficológico.

Gracias Rosy

RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos en los conteos realizados en muestras tomadas de 4 puntos del lago Catemaco. El objetivo de efectuar una comparación espacial y temporal a través de estos conteos es explicar la posible variación en la distribución de las especies, considerando que en lagos tropicales en general, se presentan las mayores variaciones estacionales en un ciclo anual muy marcadas como son las épocas de secas y lluvias (Payne, 1986).

Los muestreos realizados en el año de 1993 durante los meses de febrero a agosto permitieron caracterizar al lago como un cuerpo de agua eutrófico, polimictico y tropical. Las especies abundantes en muestras de red correspondieron a la División Cyanoprokaryota como *Cylindrospermopsis catemaco*, *Cylindrospermopsis philippinensis*, *Planktolyngbya taillingii*, *Planktolyngbya arthrospiroides*, *Planktolyngbya circumcreta* y especies de la División Bacillariophyte como *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira italica* y *Achnanthes minutissima*, mismas que se presentan con valores de abundancia constantes. Esta afirmación fue constatada en términos cuantitativos en muestras tomadas con botella Van Dorn y fue apoyada por la determinación de concentración de pigmentos como una estimación indirecta de la biomasa.

Se obtuvieron las abundancias absolutas de cada punto de colecta a diferentes profundidades. El análisis de los resultados llevó al uso de programas y paquetes estadísticos que ayudó a explicar la variación espacial y temporal en el lago (época calurosa de secas y lluvias). Los análisis reflejan que no existe variación espacial ni estacional en la abundancia de las especies del fitoplancton, dado por la mezcla constante del lago por el viento, lo cual se manifiesta a través de la formación constante de corrientes de Langmuir.

INTRODUCCION

Los lagos, cuerpos de agua continentales, son depósitos de agua dulce que se caracterizan por no presentar contacto alguno con cuerpos de agua salina en general, sus aguas se mezclan de manera vertical periódicamente y son de profundidad variada. Diversas han sido las formas de clasificación de estos cuerpos de agua con base en características y diferencias que estos presentan (Margalef, 1991; Hutchinson, 1975). Una de estas diferencias es la referida a aquellos lagos donde sus aguas han sufrido aporte de partes sólidas de la corteza recientemente formada. Los lagos más importantes dentro de este grupo son los de la fosa africana, la cual se eleva entre el Mioceno y Pleistoceno, hace unos doce millones de años. Así, los lagos de tierras altas de Africa, por su posición geográfica, son registrados como los únicos lagos grandes tropicales más antiguos ($> 100 \text{ Km}^2$; Reynolds, 1984); como por ejemplo el lago Victoria ($69\ 000 \text{ Km}^2$), el lago Tanganyka ($1\ 470 \text{ Km}^2$) y el lago Malawi.

El lago Victoria (79 m de prof. aprox.), considerado como un lago relativamente poco profundo (Margalef, op. cit.), mantiene una temperatura en la superficie de alrededor de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y no presenta fluctuaciones marcadas en un ciclo anual; presenta una mezcla vertical producto de la actividad fotosintética y el viento genera movimientos en la columna de agua creando turbulencias irregulares. En profundidad, se presentan pequeñas diferencias en temperatura y la circulación vertical es irregular o nula. En lagos más profundos, como Tanganyka por ejemplo ($> 200 \text{ m}$ de prof.) se registran mayores diferencias en la temperatura, la mezcla vertical es irregular y existe anoxidad basada en la profundidad.

Además de la caracterización física, estacional y movimientos del cuerpo de agua también podemos clasificarlos en base a otras características que presentan, por ejemplo el grado de estratificación y la frecuencia con que ésta se interrumpe, es decir, la forma en que se mezclan; monomícticos, amícticos y dimícticos, son los términos que tienen que ver con la zona climática donde se distribuyen estos cuerpos de agua. Los lagos monomícticos se encuentran en regiones templadas y latitudes medias; los dimícticos son característicos de zonas templadas frías y los amícticos son lagos cubiertos permanentemente por hielo; otros

lagos se caracterizan solamente por mezclarse de manera irregular y son llamados polimícticos, los cuales se presentan en condiciones climáticas diferentes a los tipos anteriores, en latitudes muy altas donde la temperatura de la superficie raramente excede los 4°C o bien en los países tropicales donde la temperatura superficial es constantemente elevada (superior a los 20°C).

Estudios recientes de interés biológico y de producción han propuesto en primer plano la clasificación con respecto al nivel trófico, así encontramos lagos oligotróficos, eutróficos y distróficos. Los dos primeros reflejan la influencia de la actividad humana y los distróficos (lagos ácidos turbosos) se limitan a regiones geográficamente definidas. Además, existen otros puntos importantes a tratar dentro del estudio de los lagos como lo son los factores fisicoquímicos que influyen en estos. Los estudiados con mayor frecuencia son la luz, la temperatura y los diversos elementos esenciales que afectan de forma directa a las especies y el entorno de éstas. La luz, relacionada con la actividad fotosintética, tiene que ver con la distribución de los organismos, la cual guarda una relación más estrecha con los períodos de luz - oscuridad que con nutrientes. La temperatura, propiedad termodinámica que influye con las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los cuerpos de agua, se relaciona con la latitud y épocas del año, las cuales tienen que ver con la distribución y abundancia de las especies, por lo que muchas veces se pueden señalar límites térmicos. En Catemaco diferenciamos una termoclina en la columna de agua, pero sí se observa una estratificación en los primeros metros, esto consideramos se debe a la zona fótica. En lo que respecta a elementos limitantes se consideran aquellos que forman parte de la materia viva de los organismos. Además del agua se considera el carbono, el nitrógeno y el fósforo. Teóricamente el fósforo es el elemento limitante y el nitrógeno sólo puede serlo temporalmente por la presencia de organismos como cianofitas, por ejemplo, que pueden pasar nitrógeno de la atmósfera al agua. Otros elementos son menos importantes, pero algunos se han considerado como limitantes como el Si, en relación con diatomeas, El Ca, el cual controla la disponibilidad del fósforo, por ejemplo; el K el cual en concentraciones muy elevadas se ha dicho que inhibe el desarrollo de algunas especies al igual que el sodio (Payne, op.cit.).

Los gradientes verticales más estudiados son la temperatura, el oxígeno, el pH y la conductividad. El oxígeno tiene que ver con la actividad fotosintética del lago y guarda una estrecha relación con la turbidez, es decir con la zona fótica, el pH influye en la determinación de compuestos químicos, además de encontrarse íntimamente relacionado con la temperatura; y la conductividad tiene que ver con la concentración de partículas que se encuentran en suspensión. También hay que tomar en cuenta la forma en que se presenta la distribución de las especies que puede presentarse en ellos, además de los fenómenos que la ocasionan. En los grandes lagos ($> 100 \text{ km}^2$) se han reconocido discontinuidades que a menudo se relacionan con características limnológicas tales como puntos de enriquecimientos de nutrientes y patrones de circulación estacionalmente dominantes que pueden influir en la distribución de los organismos sobre varios kilómetros y sobre varios meses consecutivos en un período anual. En lagos pequeños ($< 100 \text{ km}^2$) se observan variaciones significativas en la distribución de las especies planctónicas que se relacionan con la velocidad y la dirección del viento, la estacionalidad, la estabilidad termal de la columna de agua y las surgencias cercanas a la orilla o corrientes producidas por recambios en la masa de agua en los que una parte se sumerge conocidas como circulación de Langmuir (Reynolds, 1984). Esta variación (cambios que se dan en el tiempo), en relación con la estacionalidad (época del año), son factores que influyen en la distribución y la abundancia relativa de los organismos que forman el fitoplancton (comunidad biótica formada por todos aquellos organismos algales que se hallan en suspensión en la columna de agua).

ANTECEDENTES

El estudio de lagos tropicales en nuestro país es escaso, actualmente se vienen realizando estudios geomorfológico, batimétrico e ictiológico y, en lo que a plancton se refiere, éstos han sido pocos y no tan recientes (Suárez, 1986); sin embargo, las características particulares que estos presentan (profundidad, turbidez, concentración de pigmentos, entre otros) hace que se tenga que tomar en cuenta otro tipo de factores fisicoquímicos y biológicos para abundar más en el estudio y en el conocimiento de estos lagos. Los lagos eutróficos, lagos ricos en nutrientes, presentan altos niveles de biomasa ($10^2 - 10^4$ células por ml), frecuentemente presentan florecimientos algales y son lagos que están constantemente mezclados (Margalef, op. cit).

El lago Catemaco es una depresión inclinada hacia el oeste que se ubica en el centro de la Sierra de los Tuxtlas, al sureste del estado de Veracruz. Se trata de un cuerpo fluvial dispuesto a lo largo del contacto de dos emisiones volcánicas del Terciario Superior que afectaron a la región durante el Pleistoceno (Pérez, 1984). Se ubica en un área de tipo poligénico (Atlas Nacional de México, 1990) y, posiblemente a la riqueza de nutrientes inorgánicos y a que los suelos de la zona poseen horizontes humíferos densos (Pérez y Torres, 1992), es un lago naturalmente eutrófico con una composición fitoplanctónica compuesta principalmente por cianofitas y diatomeas, que parecen prevalecer a lo largo del año, una concentración de clorofila de $20 - 60 \mu\text{m}\cdot\text{gl}^{-1}$ y una transparencia de 0.60 m (Komárková y Tavera, 1993); también se observa la presencia de espumas flotantes de manera constante, lo que indica que se trata de un lago permanentemente mezclado por el viento (polimíctico).

En el lago se realizaron muestreos de red de $10 \mu\text{m}$ de abertura de malla de manera superficial; con la revisión de estas muestras al microscopio se obtuvo el listado de especies presentes en el lago Catemaco, Veracruz las cuales fueron determinadas y descritas por la Dra. Jaroslava Komárková y la M. en C. Rosa Luz Tavera Sierra, 1993 (Listado de especies, pág. 16). Esta apreciación cualitativa mostró una variación en la distribución y abundancia de las especies en el cuerpo del lago, ya que se observaron ciertas especies dominantes (aquellas que son muy abundantes y aparecen en todos los puntos de colecta y en todas las profundidades), y algunas otras no dominantes (aquellas que no son tan abundantes y están presentes sólo en algunos puntos del lago y/o sólo en algunas profundidades). Para saber si dicha apreciación cualitativa es correcta, es importante realizar tanto un análisis cuantitativo como alguna estimación de la biomasa; así mismo, para poder interpretar la variación en la distribución, es importante conocer si existe una correlación con otros parámetros físicos (no sólo profundidad) ó químicos.

Este trabajo se divide en la presentación de la parte metodológica que abarca el trabajo efectuado en el campo (colecta de muestras y registro de parámetros ambientales), el trabajo realizado en el laboratorio (conteos y concentración de pigmentos), los análisis químicos efectuados a cada una de las muestras por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para los meses de mayo y agosto, el análisis de los resultados a partir de la unificación de los mismos y su procesamiento con programas y paquetes que expliquen la similitud entre

los puntos de colecta en un período estacional.

Los grupos algales abundantes pertenecen a la División Cyanoprokaryota como *Cylindrospermopsis catemaco*, *Cylindrospermopsis philippinensis*, *Planktolyngbya taillingii*, *Planktolyngbya arthrospiroides*, *Planktolyngbya circumcreta* y en la División Bacillariophyta encontramos *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira italica* y *Achnanthes minutissima*. Esta situación parece predominar a lo largo del año en muestras de red revisadas al microscopio, lo que hace pensar que el lago no presenta variaciones. Es importante constatar esta afirmación en términos cuantitativos y esto nos llevó a plantear el siguiente objetivo:

OBJETIVO

Caracterizar el fitoplancton del lago Catemaco en términos cualitativos y cuantitativos tanto espacial como temporalmente en función de la variación de la composición ficoflorística en un período estacional correspondiente a los períodos seco y lluvioso.

UBICACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

(Fig. 1)

Del náhuatl "calli", casa; "tema", casa; y "co", locativo: "Donde están esparcidas las casas", el poblado Catemaco forma parte del Macizo Volcánico de los Tuxtlas, unidad tectónica descrita por Alvarez, Jr. (1949) como Macizo de San Andrés o Levantamiento Tuxtla (Murray, 1961) y se localiza a 165 Km hacia el SE del Puerto de Veracruz. A esta región la limitan las cuencas de Veracruz al O y NO, la Salina del Istmo hacia el S y SE y el Golfo de México al N.

Localizado en el extremo suroriental del estado de Veracruz a los 18° 34', 18° 21' de latitud norte y 95° 07', 95° 00' de longitud oeste (Fig. 1), el lago Catemaco presenta una traza aproximadamente cuadrangular de 1 647 m² con un eje mayor de 12 320 m de longitud en dirección OSO-ENE y una anchura máxima de 10 250 m. La superficie es de 72 543 Km² y el volumen de 551.52 millones de m³. La profundidad media es de 7.6 m y se registra una profundidad de 22 m sólo para un punto del lago (Pérez y Torres, op. cit.). Presenta una periferia irregular, con remanentes de varias estructuras volcánicas, el perímetro es de 49.754 m. En su interior aloja varias islas, producto de explosiones piroclásticas (Pérez y Torres, op. cit.). El clima de la región es cálido húmedo; la precipitación pluvial promedio anual es de 1 935 mm. Existe un mínimo de lluvias en febrero ó marzo y un máximo en agosto y octubre. La temperatura promedio anual es de 24.1°C con una mínima de 16.2°C y una máxima de 34.3°C. En los meses de enero a abril, los vientos dominantes emanan del N y de julio a octubre del NE.

Los recursos naturales de la zona son muy abundantes. Los suelos se derivan en gran parte de material volcánico; son ricos en nutrientes orgánicos y poseen horizontes humíferos densos, lo que conlleva al desarrollo de cultivos de importancia económica como maíz, arroz, caña de azúcar, vainilla, café, plátano, mango, aguacate y tabaco; sin embargo, la vegetación natural de la zona corresponde a la Selva Baja Perenifolia; pero, la alta deforestación de terrenos adyacentes al lago a dado como resultado que los bosques hayan sufrido una alta explotación forestal para la construcción de potreros y cultivos de frutales. La actividad ganadera se inclina hacia la cría de ganado de tipo bovino, porcino, caprino y caballar, además de la avicultura y la apicultura (Gran. Enc. de Méx. 1990).

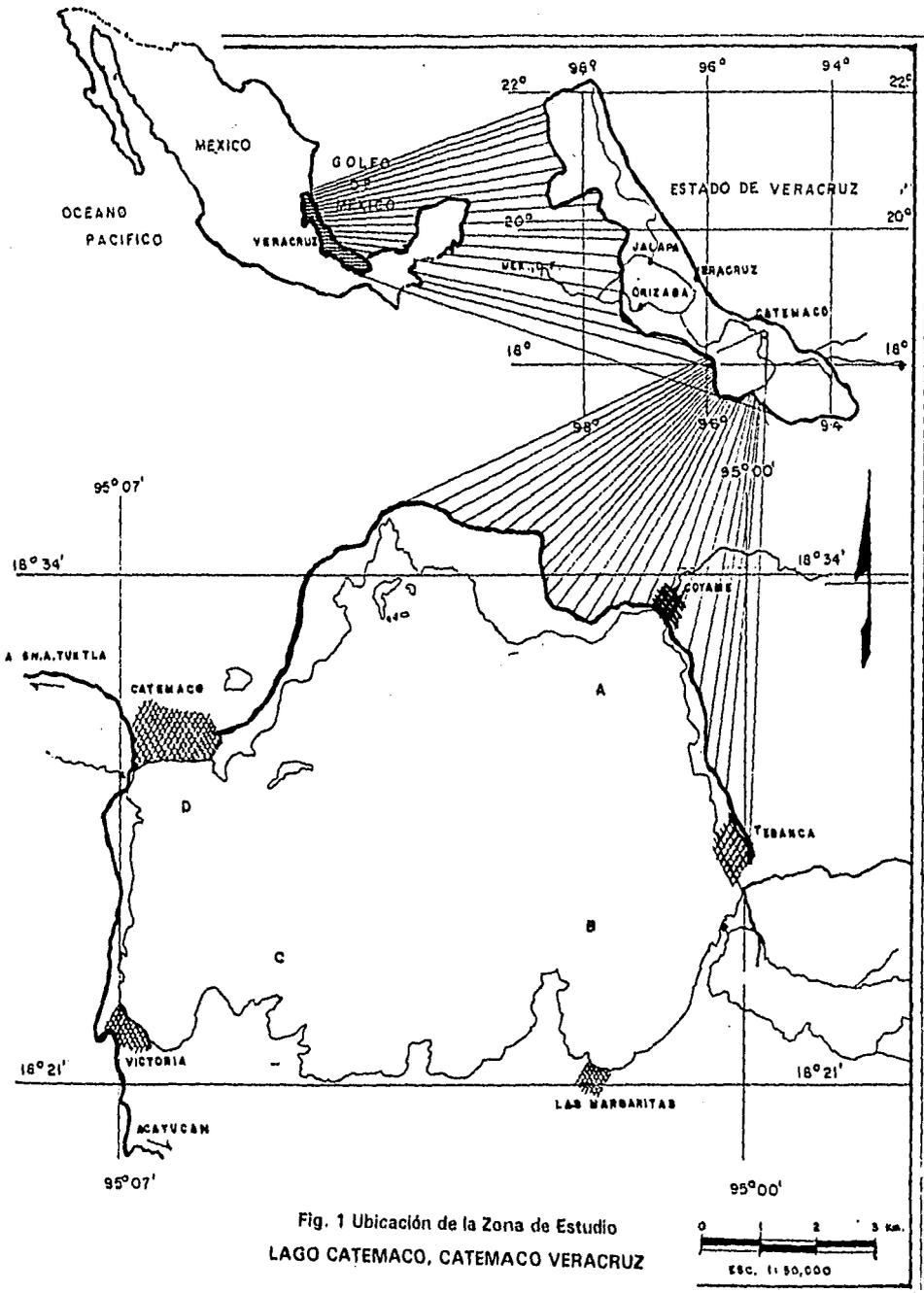


Fig. 1 Ubicación de la Zona de Estudio
LAGO CATÉMACO, CATÉMACO VERACRUZ

METODOLOGIA

Con el objetivo de caracterizar el fitoplancton tanto espacial como temporalmente, se realizaron muestreos mensuales durante febrero y agosto de 1993, exceptuando el mes de julio, y se establecieron cuatro puntos permanentes de muestreo en la zona pelágica del lago que fueron designados de acuerdo a la existencia de algún agente externo que pudiera alterar la presencia o distribución de las especies en el lago como son las zonas de mayor actividad humana (poblados), zonas en donde se presentaran aportes al lago y efluentes de éste y la dirección del viento que tiene que ver con la dirección del movimiento del agua.

Las colectas se realizaron a 1 Km de la orilla aproximadamente en los siguientes puntos (Fig.1):

a) COYAME

c) LA VICTORIA

b) LA MARGARITA

d) CATEMACO

El muestreo superficial (entre la superficie y los primeros 30 cm. de profundidad) se llevó a cabo de manera manual en frascos de plástico de 1 lt. Para la caracterización espacial se tomaron muestras de profundidad con botella de Van-Dorn a 3 y 9 m y fueron vertidas en frascos de 1 lt; estas muestras se emplearon para efectuar los análisis químicos correspondientes a cada uno de los sitios de colecta como son: Alcalinidad, dureza total, fósforo total, nitratos y nitrógeno amoniacal, DQO, SO_4 , Si y metales pesados. De la misma muestra de la botella de Van Dorn se colectaron duplicados en frascos de 250 ml. para la realización de los conteos. También de esta muestra se hizo la determinación de concentración de pigmentos.

En cada punto se efectuaron muestreos adicionales con red de mano de $10 \mu m$ de abertura de malla para fitoplancton y fueron colocadas en frascos de plástico de 40 ml. La preservación de las muestras se realizó con formol al 2 %; las muestras de los conteos fueron fijadas con lugol, un preservador temporal (alrededor de seis meses) adecuado para efectuar conteos. Esta

técnica es adecuada ya que conserva las estructuras internas mucho mejor que el formol, además, evita el amontonamiento de las cianofitas por la presencia de mucílago, característico de esta División, lográndose así una distribución homogénea en las cámaras. La técnica de preservación con lugol se describe detalladamente en el Apéndice II.

Las muestras para los análisis químicos fueron transportadas en hielo y procesadas por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) del estado de Morelos en base a técnicas descritas en forma detallada en el manual editado por la misma Institución (SARH, 1982).

En cada punto de colecta se midieron parámetros ambientales con aparatos descritos en el Apéndice I y se consideró temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto y turbidez.

El material de referencia (muestras de red preservadas con formos al 2 % y muestras de conteos preservadas con lugol) está depositado en la colección del proyecto Flora Ficológica de la Cuenca del río Papaloapan (Clave PAP) en el Herbario de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (FCME).

Trabajo de Laboratorio

Consistió en la revisión de las muestras de red de 10 μm de abertura de malla con el objetivo de identificar la ficoflore del lago (Ver Listado de especies, pág. 16); para esto se efectuaron preparaciones permanentes del material colectado con gelatina glicerinada al 50 %. Para las especies de la división Bacillariophyta la limpieza se efectuó con base en la técnica de oxidación ácida descrita por Rushforth, Kaczmarzka y Johansen (1984). El montaje se realizó con resina Naphrax.

La cuantificación de los grupos abundantes con el objetivo de registrar la variación espacial y temporal se realizó a través de conteos en cámaras de Kolkwitz-Utermöhl de 1 ml y 3 ml.

Las muestras fijadas con lugol eran colocadas en una de las cámaras de un volúmen determinado y se sedimentaron durante 2 hrs mínimamente. Los conteos se realizaron con ayuda de un microscopio invertido con el objetivo de 40x. Las abundancias absolutas se obtuvieron mediante los cálculos explicados en el apéndice III y fueron graficadas para cada una de las especies abundantes en cada profundidad y en cada punto de colecta. Como complemento de la información obtenida por los conteos (abundancia absoluta) se realizó la cuantificación de clorofila por el método de Lorenzen, 1967; pues ésta puede interpretarse como una estimación indirecta de la biomasa que se relaciona con la cuantificación de los individuos. Para ello se filtraron 200 ml de muestra en un sistema de vacío para campo empleando filtros de fibra de vidrio. Los filtros fueron etiquetados y colocados en un frasco de vidrio con gel de sílice granulado y cloruro de cobalto como un indicador de deshidratación. Estos fueron transportados en hielo y se mantuvieron en refrigeración hasta su procesamiento. La técnica detallada para la cuantificación se describe en el Apéndice IV. (Vease la pág. mm para el tratamiento de las muestras).

Se elaboró un análisis de varianza multifactorial para muestras al azar para ver si existe variación espacial y temporal en la distribución de las especies. Esto se realizó sólo para dos especies del lago (*C. catemaco* y *C. philippinensis*). Para la elaboración de este análisis se eligieron 25 campos al azar de una cámara de Utermöhl tomada de la muestra de lugol de 250 ml. Estos campos representan la abundancia de una especie en cada uno de los 4 tratamientos (puntos colectados en el lago). El análisis se efectuó para mayo y agosto. Posteriormente se aplicó un método multivariado con el objetivo de explicar esta distribución entre puntos de colecta y no en profundidad (0, 3, 9 m) que asignara valores de frecuencia a las especies. El método de clasificación empleado para la representación de frecuencias y distribución fue FLEXCLUS, un programa para agrupamientos no jerárquicos, es decir, no pondera valores y agrupa muestras de acuerdo a su similitud.

Los valores de frecuencia fueron asignados con base en el número de individuos por campo con los siguientes valores:

Número de individuos (por campo)		Valor asignado (frecuencia)
> 100 - 80	=	9
79 - 60	=	8
59 - 40	=	7
39 - 20	=	6
19 - 15	=	5
14 - 10	=	4
9 - 7	=	3
6 - 4	=	2
3 - 1	=	1

Como método de ordenación en distribución de las especies se uso el paquete estadístico DECORANA.

I.LISTADO DE ESPECIES PRESENTES EN EL LAGO DE
CATEMACO, VERACRUZ

El siguiente listado se basa en el esquema de clasificación propuesto por K. Anagnostidis y J. Komárek (1985, 1986, 1988) para el grupo de las cianofitas; J. Komárek y B. Fott (1983) para las clorofitas y K.Krammer y H. Lange-Bertalot (1986) para el grupo de las diatomeas.

Cyanoprokaryota

Cyanophyceae

Oscillatoriales

Pseudoanabaenaceae

Leptolyngbyoideae

Planktolyngbya circumcreta (G.S. WEST) 1907.

Planktolyngbya arthrospiroides KOM.-LEGN et TAVERA 1993.

Planktolyngbya taillingii KOM. & KLING 1991.

Nostocales

Nostocaceae

Anabaenoideae

Cylindrospermopsis catemaco KOM.-LEGN. et TAVERA 1995.

Cylindrospermopsis philippinensis TAYLOR 1932.

Chroococcales

Microcystaceae

Aphanothecoideae

Aphanothece comasii KOM.-LEGN. et TAVERA 1995.

Cyanodictyon imperfectum CRONB. et WEIB. 1981.

Radiocystis geminata SKUJA 1948.

Microcystoideae

Microcystis wesenbergii (KOM.) KOM. in KOND. 1968.

Merismopedioideae

Aphanocapsa delicatissima KOM.-LEGN. et CRONB. 1994.

Merismopedia punctata MEYEN 1839.

Chroococcaceae

Chroococcus microscopicum KOM.-LEGN. et CRONB. 1994.

Chroococcus distans (G. M. SMITH 1920) KOM.-LEGN. et CRONB. 1994.

Chlorophyta**Chlorophyceae****Chlorococcales****Hydrodictyaceae**

Pediastrum simplex var. *simplex* (EHRENB.) A.BP. 1855.

Pediastrum simplex var. *biwaense* FUKUSH 1956.

Pediastrum duplex KÜTZ. 1845.

Pediastrum boryanum (TURP.) MENEGH 1840.

Micractiniaceae

Golenkinia viridis (FRENZEL) PRINTZ 1927.

Botryococcaceae**Botryococcoideae**

Botryococcus braunii KÜTZ. 1849.

Oocystaceae**Lagerheimioidae**

Lagerheimia ciliata (LAG.) CHOD. 1895.

Oocystoidea

Oocystis marssonii LEMM. 1898.

Chlorellaceae**Ankistrodesmoideae**

Kirchneriella obesa (W. WEST) SCHMID. 1893.

Kirchneriella mayori (G.S. WEST) KOM.-LEGN. in KOM. 1979.

Kirchneriella diana (BOHL.) COMAS 1980.

Ankistrodesmus fusiformis CORDA 1838.

Quadrigula closteroides (BOHL.) PRINTZ 1915.

Monoraphidium contortum (THUR.) KOM.-LEGN. 1969.

Coelastraceae

Coelastrum microporum NÄGELI en A. BR. 1855.

Coelastrum pseudomicroporum KORSH. 1953.

Coelastrum pulchrum SCHM. 1892.

Scenedesmaceae**Scenedesmoideae**

Scenedesmus acuminatus (LAG.) CHOD. 1902.

Scenedesmus verrucosus ROLL 1925.

Scenedesmus sempervirens CHOD. 1913.

Scenedesmus hystrix LAG. 1882.

Dimorphococcoideae

Dimorphococcus lunatus A. BR. 1855.

Chrysophyta**Bacillariophyceae****Centrales****Coscinodiscineae****Thalassiosiraceae**

Cyclotella meneghiniana KÜTZ. 1844.

Cyclotella stelligera CL. & GRUN. 1862.

Aulacoseira granulata (EHR.) SIM. 1979.

Aulacoseira italica (EHR.) SIM. 1979.

Pennales**Araphidineae****Fragilariaceae**

Fragilaria pinnata var. *trigona* (BRUN & HERIB.) HUST. in A. SCHM. 1913.

Fragilaria construens f. *exigua* (W. SMITH) HUST. 1959.

Fragilaria crotonensis KITTON 1869.

Synedra ulna EHR. 1832.

Synedra goulardi BERB. 1880.

Raphidineae**Achnanthaceae**

Achnantes minutissima KÜTZ. 1844.

Naviculaceae

Amphora ovalis (KÜTZ.) KÜTZ. 1844.

Cymbella silesiaca BLEISCH IN RAB. 1864.

Gomphonema parvulum (KÜTZ.) KÜTZ. 1849.

Navicula goeppertiana (BLE.) H.L. SMITH 1879.

Navicula lanceolata (AG.) EHR. 1838.

Rhoicosphenia abbreviata (AQ.) LANGE-BERT. 1980.

Bacillariaceae

Denticula kuetzingii GRUNOW 1862.

Nitzschia gracilis HANTZ. H 1860.

Nitzschia elegantula GRUN. in V. H. 1881.

Nitzschia amphibioides HUS. 1942.

Nitzschia fonticula GRUN. en CL. & MÖL. 1879.

Nitzschia clausii HANTZ. 1860.

Nitzschia reversa W. SMITH 1853.

Nitzschia amphibia GRUN. 1862.

CAMBIOS CLIMATICOS EN EL LAGO CATEMACO

OTOÑO

Sept. 23 a Dic. 23

Período de masas de aire frío del norte
con vientos fuertes de octubre a mayo

Estación fría

INVIERNO

Dic. 23 a Mar. 20

PRIMAVERA

Mar. 21 a Jun 22

Epoca de secas

Período de ciclones de julio a septiembre

Estación calurosa

VERANO

Jun. 23 a Sep. 22

Epoca de lluvias

Temperatura máxima: 34.3 °C

Temperatura mínima: 16.1 °C

De: Atlas Nacional de México (1990). Inst. Geogr. UNAM, Pérez - Rojas & Torres - Orozco Bermeo (1992). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM.

Cuadro 1. Cambios Climáticos en el lago Catemaco

RESULTADOS

Como se mencionó las especies abundantes en el lago fueron:

Cyanoprokariota	Bacillariophyta
<i>Cylindropermopsis catemaco</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>
<i>Cylindropermopsis philippinensis</i>	<i>Aulacoseira italica</i>
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>
<i>Planktolyngbya taillingii</i>	
<i>Planktolyngbya arthrospiroides</i>	

Tabla 1. Especies abundantes en el lago Catemaco

En la revisión de muestras de red y las muestras de los conteos se observó que tanto la presencia de estas especies (Tabla 1) como la relación de abundancias relativas no parecía variar apreciablemente, razón por la cual se decidió realizar los conteos para los meses en los cuales se mostrara una mayor diferencia en los parámetros físicos y químicos considerados. (Tablas 2 y 3 respectivamente). Los meses que presentaron mayores diferencias en dichos parámetros fueron mayo y agosto, en los cuales observamos un aumento en los nitratos y pigmentos del 100 % (Tabla 2; Cuadro 2); hay que considerar que estos meses coinciden con los períodos seco y lluvioso (Cuadro 1), sin embargo en lo que respecta a las determinaciones realizadas en el campo (parámetros físicos) no se presenta una diferencia marcada en ellos (Ver Gráf. 3 y 4) en cuanto a profundidad, punto de colecta y período estacional, ya que como podemos observar en la Tabla 2 la temperatura se mantiene constante entre los 28 y 30 °C, el pH siempre es alcalino (entre 8 y 9.5), la turbidez no varía (0.60 m) y las concentraciones de oxígeno registran cambios de acuerdo a la zona fótica del lago.

Los resultados de la Cuantificación de Pigmentos de Clorofila_A para los meses de mayo y agosto son:

Cuadro 2

MAYO	AGOSTO
40.06 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	16.53 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

Las abundancias absolutas obtenidas en los conteos (Tablas 4 y 5) fueron graficadas (Graf. 1 y Graf. 2) en relación a la profundidad y al punto de colecta observándose una gran homogeneidad en las barras de acuerdo a la abundancia. Se aplicó un análisis para conocer si las poblaciones presentaban homogeneidad en sus abundancias y si esta homogeneidad también se presentaba entre puntos de colecta. Este sólo se aplicó para las especies *C. catemaco* y *C. philippinensis*, obteniéndose las diferencias en la distribución para estas especies. Se registraron diferencias mínimas que no fueron posibles explicar sólo en términos de abundancia por lo que con la aplicación de métodos multivariados se obtuvo la frecuencia de las especies de fitoplancton con base a los valores de abundancia (FLEX CLUS: Tablas 6 - 8) y la abundancia y distribución de las especies para cada profundidad y para cada punto de colecta (DECORANA: Gráf. 11 - 13). En las Tablas 6 - 8 observamos como las especies de *C. catemaco* y *C. philippinensis* presentan valores de frecuencia altos, mientras que las demás especies muestran valores de 1. En las gráficas de DECORANA observamos la agrupación de ciertas especies y dos de ellas salen de este grupo. Estas especies (*P. circumcreta* y *P. arthrospiroides*) son las especies poco abundantes y poco frecuentes (Gráf. 5 - 8), al igual que las especies restantes, mencionadas en el listado de especies, pero no incluidas en este trabajo.

ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION

La comparación de resultados durante un período estacional nos lleva a la confrontación de los mismos con el objetivo de explicar la variación estacional de las especies fitoplanctónicas abundantes del lago Catemaco. Dicha confrontación permite ubicar al lago en base a las características determinadas de la siguiente forma:

Como podemos observar en el cuadro 1, existen 2 épocas de cambios climáticos marcadas en el lago para la estación calurosa: La época de secas y la época de lluvias por lo que en este estudio podemos hablar de una estacionalidad en términos de épocas del año y cambios climáticos propios de cada una de ellas.

Como observamos en el Listado de Especies (Ver pág. mm), son 59 las especies que forman el fitoplancton del lago, pero en la tabla 1 se presenta el listado de aquellas especies que son abundantes en el lago, es decir, aquellas que presentan una abundancia cuantificable, y como observamos las gráficas 5 - 8 muestran algunas de las especies, que también conforman el fitoplancton del lago, que en algunas de las cámaras fueron cuantificables; sin embargo los valores de abundancia y frecuencia son bajos por lo que no fueron consideradas dentro del presente análisis.

C. catemaco se encuentra como la especie dominante del lago, ya que presenta abundancias mayores en comparación con los demás grupos algales (Gráf. 1 y 2). *C. philippinensis* lo encontramos como la especie acompañante (los conceptos de "dominante" y "acompañante" se utilizaron bajo las consideraciones generales en ecología; Kershaw, 1975) (Gráf. 1 y 2). Para las demás especies (*P. circumcreta*, *P. arthrospiroides*, *P. taillingii*, *A. granulata*, *A. italica* y *Achnanthes minutissima*) observamos que los valores de abundancia son menores a los de las especies dominante y acompañante (Gráf. 1 y 2). Este comportamiento se presenta constante durante los meses de estudio no encontrándose cambios entre puntos de colecta ni en profundidad.

Las variaciones presentadas en las abundancias absolutas de estas especies, en relación a los meses de mayo y agosto, se deben a los cambios estacionales de la región y a la constante mezcla del lago por la acción del viento. En el mes de mayo se observa una abundancia homogénea de las especies a las diferentes profundidades, encontrándose abundancias mayores a los tres metros para *C. catemaco* y una abundancia homogénea para *C. philippinensis* a todas las profundidades. Para las demás especies las abundancias se muestran con una gran homogeneidad. Esto pudiera deberse a que, como vimos en el cuadro 1, en el mes de mayo aún se presentan vientos fuertes, además en el lago observamos constantes cúmulos de espumas flotantes provocando con ello una distribución al azar de las partículas flotantes por movimientos constantes (corrientes de Langmuir).

Para el mes de agosto se observó nuevamente homogeneidad en la distribución espacial y temporal de las especies. Nuevamente *C. catemaco* se presenta como la especie dominante y *C. philippinensis* como la especie acompañante; las especies restantes siguen el mismo comportamiento del mes de mayo y su abundancia sigue siendo homogénea. Esta homogeneidad en la distribución durante el mes de agosto podría atribuirse a que nos encontramos en un período de lluvia, por lo que el lago puede encontrarse mayormente mezclado; sin embargo, en las gráficas 1 y 2 observamos que las abundancias absolutas para las especies dominante y acompañante son menores en agosto que en mayo.

Esta variación se registra nuevamente en la concentración de pigmentos como una apreciación indirecta de la biomasa, donde la concentración de clorofila es mayor para el mes de mayo ($40.06 \mu\text{m}\cdot\text{l}^{-1}$) que para el mes de agosto ($16.53 \mu\text{m}\cdot\text{l}^{-1}$). Esto se debe a que en el mes de mayo (época de secas) el lago se encuentra más homogéneo mientras que en el mes de agosto se encuentra mayormente mezclado y probablemente la actividad fotosintética se reduzca, ya que la mayoría de la energía solar es absorbida entre los tres primeros metros de la columna de agua, causa por la cual la biomasa disminuye; además, si observamos las tablas de abundancias para cada una de las especies (Tabla 4) vemos que la cantidad de organismos por mililitro en el mes de agosto disminuye en relación a la especie dominante y en mayo este número es mayor; sin embargo, el notable aumento de DQO en el mes de agosto (Gráf. 10) podría deberse al ingreso a la cuenca de materia orgánica arrastrada por la lluvia.

También se observan diferencias marcadas para algunos parámetros físicos como son T° , pH, O_2 y turbidez del lago. En el mes de mayo se presenta una temperatura entre los $27 - 30^{\circ}C$, superior a la registrada en meses anteriores ($23 - 25^{\circ}C$) que coincide con los cambios climáticos presentados en el Cuadro 1. En agosto se tiene un registro de temperatura constante de $28^{\circ}C$. El pH en general es alcalino durante todo el año, sin embargo en el mes de mayo se presenta con mayores fluctuaciones ($7.7 - 9.4$) (Gráf. 3) y en agosto se presenta más estable ($8 - 9$) (Gráf. 4).

En las determinaciones de O_2 para los meses anteriores al mes de mayo, las concentraciones son muy bajas ($0.60 - 3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), a partir de mayo dicha concentración aumenta encontrándose en superficie casi $8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ que van disminuyendo en relación a la zona fótica hasta casi los $6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. En relación a esto en las gráficas 3 y 4 se observa que no existe una termoclina que pudiera estar influyendo en la distribución y abundancia de los organismos. Tanto en mayo como en agosto observamos un comportamiento constante de la temperatura. En lo que corresponde al oxígeno para ambos meses existe un oxiclín en los puntos B, C y D, sin embargo éste no es efecto de la temperatura sino probablemente de la actividad fotosintética del lago (Ver Gráf. 3 y 4).

En cuanto a la concentración de nutrientes (Tabla 3) estos meses fueron los que presentaron las mayores diferencias siendo el nitrógeno (como N_{org} , $N-NH_4$ y $N-NO_3$), el nutriente que presenta esta diferencia más clara (Gráf. 9), y si consideramos que tanto *C. catemaco* como *C. philippinensis* son especies heterocistas fijadoras de nitrógeno, tenemos que para el mes de mayo la concentración de nitrógeno como nitrato es menor y podría haber una relación con la abundancia de *C. catemaco* en este mes, si acaso le favorecieran las bajas concentraciones de nitrógeno combinado (nótese que el N_{TOT} de mayo es mayor que el de agosto). Con respecto a la respuesta fisiológica de especies de cianofitas a concentraciones de nitrógeno, sólo han sido estudiadas algunas especies de *Nostoc* y *Anabaena* (Carr & Whitton, 1982; Fogg et al, 1973). Aunque esta respuesta particular al nitrógeno sea común en especies de estos géneros no podemos decir si esto sucede en el caso del género *Cylindrospermopsis* en Catemaco.

Por otra parte, al graficar la abundancia total de cada una de las especies abundantes (Gráf. 1 y 2), es decir, todos los campos contados para cada profundidad y cada punto de colecta, se observó que las abundancias eran muy homogéneas por lo que se pensó en la realización de un análisis que permitiera conocer si en realidad las poblaciones tenían abundancias tan poco variables y si dichas abundancias eran tan homogéneas entre los puntos de colecta, es decir, si las medias poblacionales de las especies son estadísticamente iguales, por lo que se aplicó una prueba estadística de distribución normal (Kolmogorov - Smirnov) con el objetivo de observar el comportamiento de los conteos individuales y todas mostraron una distribución normal y, partiendo de esta hipótesis, se elaboró un análisis de varianza multifactorial para muestras al azar. La aplicación de este análisis determinó la existencia de diferencias mínimas significativas por lo que se aplicó un análisis que pudiera explicar la existencia de dicha diferencia. Esta prueba es conocida como LSD (Least Significant Difference Analysis) (Steel, 1993).

Para el mes de mayo la especie *C. catemaco* no presentó diferencias significativas entre los puntos de colecta y existe una homogeneidad entre los grupos. Sin embargo, en las profundidades 0 - 3 y 3 - 9 metros no se presentan diferencias y, en 0 - 9 sí existen diferencias significativas. Para el mes de agosto no existe una gran homogeneidad en cuanto a la distribución de la especie ya que entre los puntos A - C, A - D y B - C, existen diferencias significativas mínimas y homogeneidad entre los puntos A - B y C - D. En la profundidad la distribución de las especies se da de la misma forma para el mes de mayo es decir en 0 - 3 y 3 - 9 presentan homogeneidad y en 0 - 9 existe una diferencia en la distribución de esta especie.

Para la especie *C. philippinensis*, durante el mes de mayo, la homogeneidad por estación se presenta entre los puntos A - B, A - C y B - C; mientras que para los puntos A - D, B - D y C - D existen diferencias; en cuanto a profundidad las diferencias se presentan a todos los niveles (0, 3 y 9 metros). En el mes de agosto esta especie presenta diferencias significativas entre los puntos A - C, A - D, B - C y B - D, mientras que entre los puntos A - B y C - D éstas diferencias no se presentan. En cuanto a la profundidad estas diferencias se presentan entre los 0 - 3 y 3 - 9 metros de profundidad, y entre los 0 - 9 no existen diferencias estadísticamente significativa.

La aplicación del análisis de varianza multifactorial de forma exploratoria con el objetivo de observar que tan significativa era la diferencia entre las muestras demostró que no es posible explicar las diferencias en distribución (por mínimas que sean) sólo con base en la abundancia. Esto nos llevó a considerar el uso de paquetes y programas de análisis multivariado porque incorporan la frecuencia y presencia a la abundancia de las especies.

Dichos paquetes y programas explicaron satisfactoriamente la similitud que existía entre los sitios de colecta y la variación en la distribución y abundancia de las especies. También mostraron que las especies del fitoplancton de este lago tienen papeles ecológicos distintos. Aquí sólo se presentan los resultados y análisis para el punto C pero el comportamiento en los puntos restantes es el mismo.

El paquete DECORANA, un paquete de ordenación, presenta gráficamente la similitud que existe entre las muestras, de tal forma que la distancia entre las especies graficadas indica la semejanza en términos de una composición florística. En la gráficas de DECORANA (Gráf. 11 - 13) observamos un agrupamiento de las especies más o menos homogéneo, excepto 2 especies, *P. taillingii* y *P. arthrospiroides*, ya que estas presentan valores de presencia muy bajos o nulos, por lo que la distribución de estas especies en relación a los valores de varianza polariza los grupos dejando un centro con casi todas las especies reunidas y muy alejadas de las dos especies poco abundantes y poco frecuentes; esto significa que de las ocho especies, la dominante y la acompañante juegan el papel principal que se relaciona con los valores de turbidez, pigmentos, etc. en comparación con las seis especies restantes; y de ellas, las especies de *Planctolyngbya* antes mencionadas, tienen un papel ecológico inapreciable en los términos explicados con anterioridad.

El programa FLEXCLUS, un programa de clasificación, divide un conjunto de muestras y las agrupa de acuerdo a su similitud además obtiene valores de dominancia interna (es decir, dentro de ese grupo) y frecuencia de las especies en cada muestra. Este programa presentó los valores de abundancia de cada una de las especies en cada una de las muestras (Tabla 5, 6 y 7). En estas tablas podemos observar nuevamente como los renglones correspondientes a las especies de *C. catemaco* (1 Cylc a) y *C. philippinensis* (2 Cylp h) presentan valores de frecuencia entre 1 y 9 de acuerdo a los valores de frecuencia asignados (pág. 38). En lo que

respecta a las especies restantes, cuando éstas presentan valores de abundancia es de 1 en la mayoría de los casos y los valores de frecuencia son altamente variables; además, éste demostró nuevamente como la dominancia de la especie *C. catemaco* es constante para los meses de estudio en todos los puntos y como la especie *C. philippinensis* se encuentra como la especie acompañante; sin embargo los valores de frecuencia y abundancia para estas dos especies, en algunos casos, se invierten, lo que significa que, cuando *C. catemaco* presenta valores de frecuencia altos *C. philippinensis* presenta valores bajos y viceversa. Esto posiblemente está relacionado con algún factor químico que pudiera influenciar en la abundancia de estas especies. Para esto sería necesario realizar estudios más detallados acerca de estas especies como por ejemplo ciclos anuales de muestreo, cultivos en donde los parámetros fisicoquímicos fueran controlados, etc.

En relación a las demás especies abundantes en el lago, estas diferencias no se dan ya que sus valores de frecuencia fueron de 1 y en ocasiones se carece de este valor, además los valores de varianza son muy pequeños (entre 0.25 - 0.027) y la agrupación de las especies en las gráficas de distribución deja alejadas a las especies que presentan valores de 1 y poca frecuencia, por lo que la caracterización del lago no se puede dar en función de estas especies; esto mismo podemos extrapolarlo al resto de las especies cuantificables (Gráf. 5 - B), donde se observa baja abundancia y poca frecuencia.

CONCLUSIONES

El análisis de la dinámica del fitoplancton de el lago Catemaco mostró que no existe una variación en la composición algal del lago en términos cualitativos, es decir en composición, distribución y abundancia relativa, aún cuando los análisis se hayan realizado sólo para las especies abundantes como fueron *Cylindrospermopsis catemaco*, *Cylindrospermopsis philippinensis*, *Planktolyngbya taillingii*, *Planktolyngbya arthrospiroides*, *Planktolyngbya circumcreta*, *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira italica* y *Achnanthes minutissima*. Esto quiere decir que en el lago Catemaco no existe una variación espacial ni temporal en la abundancia de las especies, misma aceveración que se confirma con la caracterización cuantitativa apoyada en los resultados de concentración de pigmentos, concentración de nutrientes en el lago y factores fisicoquímicos que tiene que ver con el comportamiento polimíctico del lago que se refleja en los movimientos continuos dado por la constante aparición de corrientes de Langmuir, en donde no se registra ninguna estratificación importante es decir, no hay formación de termoclinas ni oxiclinas, además de los cambios climáticos que se presentan en la zona (vientos de la región y época de norte y ciclones).

PERSPECTIVAS

Como se mencionó en un principio, el estudio de los lagos en nuestro país es escaso, por ello la importancia de estudiarlos y que mejor manera de hacerlo que empezando por la composición ficoflorística de éstos apoyada por el estudio de los factores fisicoquímicos que conforman este tipo de ambiente.

Una de las herramientas estadísticas en las cuales se apoyó este trabajo fueron los métodos multivariados los que permitieron observar una contraposición en la distribución y frecuencia de las especies de *C. catemaco* y *C. philippinensis* y considerando que uno de los objetivos de la aplicación de métodos multivariados es la de generar hipótesis que permitan abordar de forma mas específica el estudio de ecosistemas habría que tomar en cuenta que posiblemente entre estas especies se este dando un tipo de fenómeno ecológico (competencia, por ejemplo) o como se planteo pudiera existir algún factor limitante que pudiera estar influyendo en la distribución de estas especies, misma que sería importante considerar para estudios posteriores en el lago o en cuerpos de agua que cumplieran con las mismas características antes mencionadas y profundizar en el estudio de estos.

TABLAS

ESTACION "A" COYAME

Determinaciones en el campo	MAYO			AGOSTO		
	sup	tres	nueve	sup	tres	nueve
Temperatura (°C)	26.8	27.3	27.0	29.0	28.0	28.0
pH	8.9	8.8	7.8	8.8	8.8	8.8
Conductividad ($\mu S l^{-1}$)	160	160	160	160	148	160
Oxígeno disuelto ($mg l^{-1}$)	10.3	9.3	7.3	7.1	6.8	6.4
Turbidez (nt)	.80	.80	.80	.55	.55	.55

ESTACION "B" LA MARGARITA

Determinaciones en el campo	MAYO			AGOSTO		
	sup	tres	nueve	sup	tres	nueve
Temperatura (°C)	29.8	27.2	27.0	28.0	28.0	28.0
pH	8.8	8.8	7.7	8.2	8.8	8.2
Conductividad ($\mu S l^{-1}$)	180	180	180	148	150	180
Oxígeno disuelto ($mg l^{-1}$)	10.4	10.1	7.1	8.7	8.8	6.8
Turbidez (nt)	.80	.80	.80	.55	.55	.55

ESTACION "C" LA VICTORIA

Determinaciones en el campo	MAYO			AGOSTO		
	sup	tres	nueve	sup	tres	nueve
Temperatura (°C)	30.1	27.8	27.0	28.0	28.8	28.8
pH	9.3	8.8	7.7	8.5	8.8	8.8
Conductividad ($\mu S l^{-1}$)	180	180	180	150	152	182
Oxígeno disuelto ($mg l^{-1}$)	18.4	10.4	7.1	7.8	7.1	7.4
Turbidez (nt)	.80	.80	.80	.55	.55	.55

ESTACION "D" CATEMACO

Determinaciones en el campo	MAYO			AGOSTO		
	sup	tres	nueve	sup	tres	nueve
Temperatura (°C)	27.9	27.8	27.0	28.0	20.0	27.5
pH	8.4	7.7	8.8	8.2	9.0	9.0
Conductividad ($\mu S l^{-1}$)	180	160	180	161	160	180
Oxígeno disuelto ($mg l^{-1}$)	11.8	8.8	8.8	7.8	7.8	8.8
Turbidez (nt)	.80	.80	.80	.55	.55	.55

Tabla 2. Determinaciones realizadas en el campo para los meses de mayo (secas) y agosto (lluvias) en superficie y a prof. de 3 y 9 metros.

MAYO

	ALC. TOTAL (CaCO ₃)	DUREZA Ca mg l ⁻¹	P-PO ₄ mg l ⁻¹	N _{tot} mg l ⁻¹	N-NH ₃ mg l ⁻¹	N-NO ₃ mg l ⁻¹	SO ₄ mg l ⁻¹	DOO TOTAL mg l ⁻¹
Est. A 3 m	62.061	30.66	<0.01	0.62	<0.164	0.026	2.31	61.22
Est. B 3 m	61.600	27.49	0.02	0.69	<0.164	0.036	2.78	40.89
Est. C 3 m	67.260	24.44	<0.01	0.62	<0.164	0.060	1.78	61.22
Est. D 3 m	63.720	24.44	<0.01	0.77	<0.164	0.021	2.44	40.89
TOTAL	61.321	28.72	0.01	0.61	<0.164	0.076	2.32	61.10

METALES Y NO METALES

	Mg ⁺⁺ mg l ⁻¹	K ⁺ mg l ⁻¹	Na ⁺ mg l ⁻¹	Si ⁺ mg l ⁻¹	Ca ⁺⁺ mg l ⁻¹
Est. A 3 m	9.9	2.2	14.0	1.00	6.4
Est. B 3 m	6.9	2.2	16.6	1.60	6.4
Est. C 3 m	6.7	2.1	14.0	0.81	6.2
Est. D 3 m	7.0	2.2	14.0	0.96	6.6
TOTAL	9.9	2.2	14.3	1.06	6.4

AGOSTO

	ALC. TOTAL (CaCO ₃)	DUREZA Ca mg l ⁻¹	P-PO ₄ mg l ⁻¹	N _{tot} mg l ⁻¹	N-NH ₃ mg l ⁻¹	N-NO ₃ mg l ⁻¹	SO ₄ mg l ⁻¹	DOO TOTAL mg l ⁻¹
Est. A 3 m		161.933	<0.01	0.28	0.14	0.046	4.16	328.84
Est. B 3 m		166.777	<0.01	0.74	0.14	0.042	6.20	69.06
Est. C 3 m		161.933	<0.01	0.28	0.14	0.172	7.84	72.04
Est. D 3 m		166.222	<0.01	0.44	0.29	0.042	3.33	117.12
TOTAL		166.66	<0.01	0.61	0.17	0.076	6.69	146.26

METALES Y NO METALES

	Mg ⁺⁺ mg l ⁻¹	K ⁺ mg l ⁻¹	Na ⁺ mg l ⁻¹	Si ⁺ mg l ⁻¹	Ca ⁺⁺ mg l ⁻¹
Est. A 3 m	6.7	2.9	21.0	1.20	6.2
Est. B 3 m	6.1	6.3	310.6	<0.01	6.1
Est. C 3 m	6.6	34.0	380.0	1.10	6.6
Est. D 3 m	7.2	4.7	39.0	1.20	6.8
TOTAL	6.6	12.7	166.60	1.06	6.1

Tabla 3. Análisis Químicos realizados en los períodos seco (MAYO) y lluvioso (AGOSTO) expresados en mg l⁻¹

MAYO

ESTACION "A" COYAME

Especie	cero metros org.ml ⁻¹	tres metros org.ml ⁻¹	nueve metros org.ml ⁻¹
<i>Cylindropermopsis catemaco</i>	187 664	289 475	201 319
<i>Cylindropermopsis philippinensis</i>	16 942	13 020	9 273
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	1 979	2 365	1 458
<i>Planktolyngbya taillingii</i>	52	23	78
<i>Planktolyngbya arthrospiroides</i>	78	95	208
<i>Aulacoseira granulata</i>	2 787	4 109	4 324
<i>Aulacoseira italica</i>	1 771	3 129	4 584
<i>Achnanthes minutissima</i>	5 001	5 230	4 454

ESTACION "B" LA MARGARITA

Especie	cero metros org.ml ⁻¹	tres metros org.ml ⁻¹	nueve metros org.ml ⁻¹
<i>Cylindropermopsis catemaco</i>	192 144	156 053	230 282
<i>Cylindropermopsis philippinensis</i>	14 842	16 583	7 956
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	1 877	2 053	1 189
<i>Planktolyngbya taillingii</i>	181	84	151
<i>Planktolyngbya arthrospiroides</i>	393	190	212
<i>Aulacoseira granulata</i>	2 483	3 450	4 513
<i>Aulacoseira italica</i>	1 120	2 942	2 302
<i>Achnanthes minutissima</i>	4 692	3 450	5 149

Tabla 4. Abundancias absolutas de las especies abundantes para el mes de mayo a diferentes profundidades.

ESTACION "C" LA VICTORIA

Especie	cero metros org·ml ⁻¹	tres metros org·ml ⁻¹	nueve metros org·ml ⁻¹
<i>Cylindrospermopsis catemaco</i>	139 006	612 904	249 246
<i>Cylindrospermopsis philippinensis</i>	9 912	7 012	8 583
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	1 328	885	2 775
<i>Planktolyngbya taillingii</i>	13	34	128
<i>Planktolyngbya arthrospiroides</i>	162	170	427
<i>Aulacoseira granulata</i>	1 672	2 069	4 739
<i>Aulacoseira italica</i>	1 817	2 995	2 690
<i>Achnanthes minutissima</i>	2 712	1 599	3 757

ESTACION "D" CATEMACO

Especie	cero metros org·ml ⁻¹	tres metros org·ml ⁻¹	nueve metros org·ml ⁻¹
<i>Cylindrospermopsis catemaco</i>	236 950	251 330	185 267
<i>Cylindrospermopsis philippinensis</i>	58 955	10 364	20 622
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	2 376	1 557	2 474
<i>Planktolyngbya taillingii</i>	91	0	86
<i>Planktolyngbya arthrospiroides</i>	274	268	130
<i>Aulacoseira granulata</i>	3 564	2 711	5 035
<i>Aulacoseira italica</i>	4 844	2 899	2 083
<i>Achnanthes minutissima</i>	4 844	3 893	4 601

AGOSTO

ESTACION "A" COYAME

Especie	cero metros org·mi ⁻¹	tres metros org·mi ⁻¹	nueve metros org·mi ⁻¹
<i>Cylindropermopsis catemaco</i>	109 201	122 122	157 758
<i>Cylindropermopsis philippinensis</i>	24 083	64 096	54 490
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	2 236	1 121	1 062
<i>Planktolyngbya taillingii</i>	153	20	68
<i>Planktolyngbya arthrospiroides</i>	30	80	17
<i>Aulacoseira granulata</i>	3 523	2 704	2 655
<i>Aulacoseira italica</i>	5 453	3 665	3 682
<i>Achnanthes minutissima</i>	459	1 962	4 059

ESTACION "B" LA MARGARITA

Especie	cero metros org·mi ⁻¹	tres metros org·mi ⁻¹	nueve metros org·mi ⁻¹
<i>Cylindropermopsis catemaco</i>	104 408	159 174	159 009
<i>Cylindropermopsis philippinensis</i>	29 574	63 439	45 249
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	1 429	1 130	7 956
<i>Planktolyngbya taillingii</i>	153	122	192
<i>Planktolyngbya arthrospiroides</i>	265	73	96
<i>Aulacoseira granulata</i>	3 779	2 628	4 052
<i>Aulacoseira italica</i>	4 085	3 046	1 061
<i>Achnanthes minutissima</i>	2 349	3 316	2 508

Tabla 5. Abundancias absolutas de las especies abundantes para el mes de agosto a diferentes profundidades.

ESTACION "C" LA VICTORIA

Especie	cero metros org·ml ⁻¹	tres metros org·ml ⁻¹	nueve metros org·ml ⁻¹
<i>Cylindrospermopsis catemaco</i>	157 758	182 558	223 404
<i>Cylindrospermopsis philippinensis</i>	60 977	74 984	68 334
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	1 193	1 289	1 683
<i>Planktolyngbya taillingii</i>	72	101	19
<i>Planktolyngbya arthrospiroides</i>	108	128	97
<i>Aulacoseira granulata</i>	4 015	3 085	2 408
<i>Aulacoseira italica</i>	7 923	3 060	3 250
<i>Achnanthes minutissima</i>	1 085	4 299	3 250

ESTACION "D" CATEMACO

Especie	cero metros org·ml ⁻¹	tres metros org·ml ⁻¹	nueve metros org·ml ⁻¹
<i>Cylindrospermopsis catemaco</i>	154 007	174 222	142 545
<i>Cylindrospermopsis philippinensis</i>	60 544	59 499	41 113
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	3 306	1 396	2 575
<i>Planktolyngbya taillingii</i>	352	53	140
<i>Planktolyngbya arthrospiroides</i>	281	134	211
<i>Aulacoseira granulata</i>	5 209	2 577	2 886
<i>Aulacoseira italica</i>	5 561	2 872	2 323
<i>Achnanthes minutissima</i>	4 716	2 953	3 238

TABLA 6. SE MUESTRAN LAS FRECUENCIA DE LAS ESPECIES ABUNDANTES EN EL LAGO
CATEMACO (FLEXCLUS) EN MAYO "C"

(el número de muestra (*) debe leerse con ambas líneas simultáneamente)

1*****	PARTE	1*****	75 datos mayo "C"											TC*CED**S													
		(*)	6756	225131	363	65335	41112	4	27775	4435443431	215																
			2523	3976176014465938732342												2844324	1560787621	109									
1 Cylc a		3344	5565666566665656666666												3444444	99999999989	222										
2 Cylp h		1111	22222222222232333333344												3433222	1111112224	443										
3 Augr a		1111	1111111111111111111111111111												1111111	1121111111	111										
4 Auit a		1111	1211111111111111111111111111												1111111	2111111	11	111									
5 Achn a			11 11111112 2 111211												111 1			111111	1	11							
6 Plac i		1121	11 1111	11	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111									
7 Plat a		1																									
8 Plaa r				1	1				1					1		1											

1*****	PARTE	2*****																			
		2	1364443	65	526	7526	622761	1													
		09	8849405	583	650	31169	787059215														
1 Cylc a		21	7777888	333	111	34444	555666666														
2 Cylp h		34	2211111	211	111	11211	111111111														
3 Augr a		11	1111111	111	111	11111	121111111														
4 Auit a		11	1111111	111	111	11111	111111111														
5 Achn a		21	11 1111	222	21	11113	111211112														
6 Plac i		1	11	111	111	11	11 11111														
7 Plat a																					
8 Plaa r																					

TABLA 8. SE MUESTRAN LAS FRECUENCIA DE LAS ESPECIES ABUNDANTES EN EL LAGO
 CATENACO (FLEXCLUS) EN MAYO-AGOSTO "C"
 (el número de muestra (*) debe leerse con ambas líneas simultaneamente)

1***** PARTE 1 *****	150 datos mayo y agosto "C"	TC*CED**S
	1	1 11
(*)	4 5 4 3 3 4 4 4 3 6 4 4 3 3 6 1 2 2 2 2 6 0 5 7 2 7 2 6 7 6 1 1 2 1 2 5 0 0 7 4 2	
	1 0 7 7 6 6 5 8 2 4 4 0 5 0 7 6 9 3 8 7 9 5 1 3 6 1 5 0 5 2 3 1 3 1 0 0 9 9 4 0 8 4 2 4	
1 Cylc a	9 9 9 9 9 9 9 9 8 7 8 8 8 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 1 1 3 3 3 9 8 2 2 2 2 1 4 4 4 4 3 4	
2 Cylp h	1 1 1 2 1 2 1 1 2 1 1 1 1 2 1 2 2 2 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 4 5 4 4 3 3 4 4 4 4 3 3 3	
3 Augr a	1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
4 Auit a	2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
5 Achn a	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1	
6 Plac i	1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
7 Plat a		
8 Plaa r	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	

1***** PARTE 2 *****	11 1 1 11	1 11
	5 6 5 1 7 4 6 1 6 3 3 1 3 1 6 3 5 0 1 9 7 2 9 3 5 0 7 9 9 5 4 9 1 2 1 5 4 1 3	
	6 5 8 3 5 0 9 5 9 2 1 6 8 9 8 1 7 6 1 4 4 7 7 2 6 9 3 9 3 5 3 7 7 3 0 1 5 2 2 4 8 3 7 3 2	
1 Cylc a	1 3 3 3 6 6 7 6 6 6 6 6 6 7 6 7 6 6 6 6 6 6 6 6 2 1 1 1 2 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	
2 Cylp h	1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 6 6 6 6 7 4 3 3 3 4 3 4 4 4 3 4 4 3 3 3 3 5	
3 Augr a	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
4 Auit a	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
5 Achn a	2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 2 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2	
6 Plac i	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
7 Plat a	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
8 Plaa r	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	

(Tabla 8. continuación)

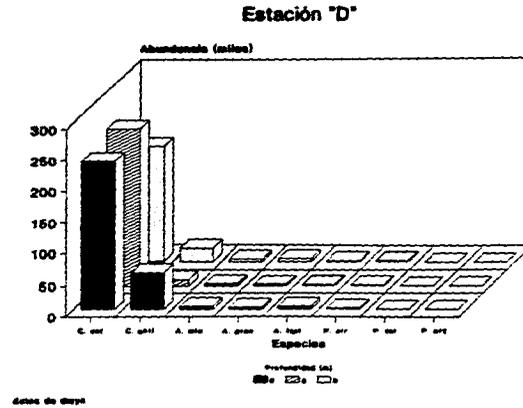
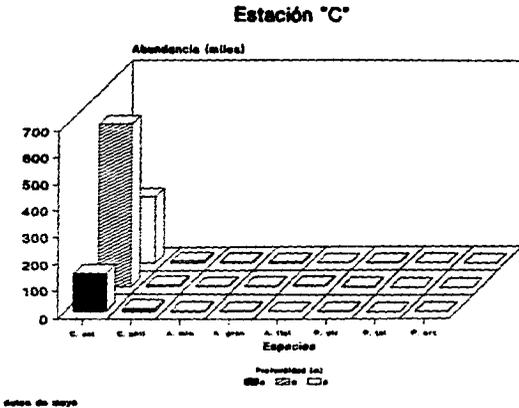
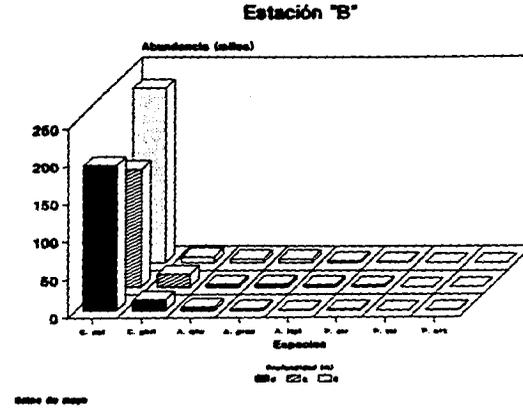
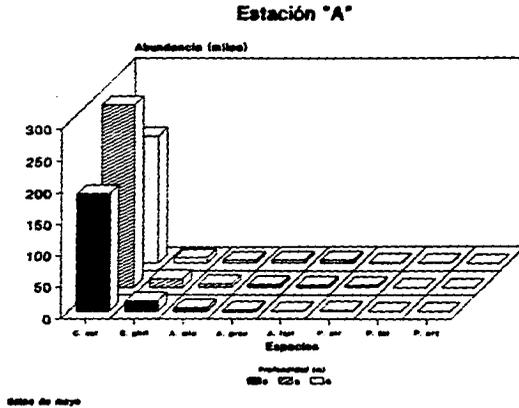
1**** PARTE 3 ****

	111	11111	1111111	11	111	111111111	111	1	1111
	1119811210998	24444	22882	198900384	233232	2843483	3443		
	6058671599209685	20848	22847	116516964	1170430738	9947			
1 Cylc a	666667777755	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	4444
2 Cylp h	555556666655	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	6666666666666666	8766
3 Augr a	11111	111111112	111111111	111111111	111111111	111111111	111111111	111111111	1111
4 Auit a	111111111111	111111111111	111111111111	111111111111	111111111111	111111111111	111111111111	111111111111	1111
5 Achn a	221	1 11	12111111111		121	22111		221 1	1111
6 Plac i		11	111		1				
7 Plat a			1						
8 Plaa r									

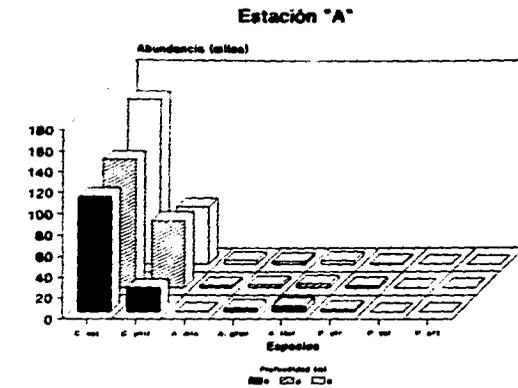
1**** PARTE 4 ****

	1	111		
	38871007	5765		
	35084826	4232		
1 Cylc a	44444344		4444	
2 Cylp h	66666655		2211	
3 Augr a	11111111		1111	
4 Auit a	11111111		1111	
5 Achn a	1	12		
6 Plac i				1112
7 Plat a		1		1
8 Plaa r				

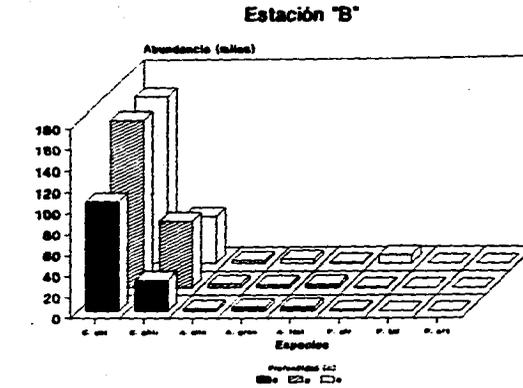
GRAFICAS



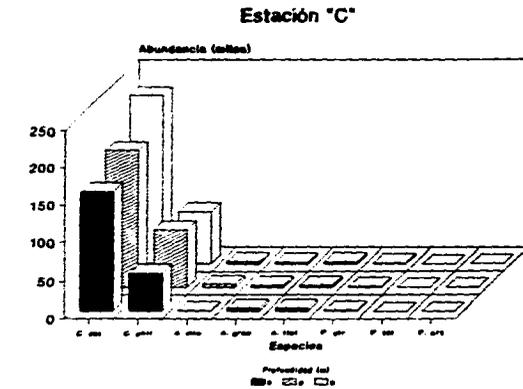
Gráfica 1. Abundancias absolutas de las especies abundantes en el lago Catemaco para el mes de mayo a 0, 3 y 9 m.



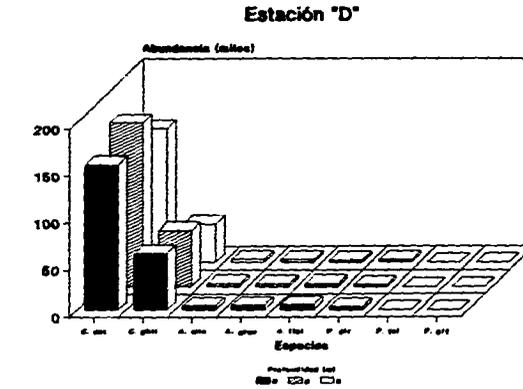
datos de agosto



datos de agosto

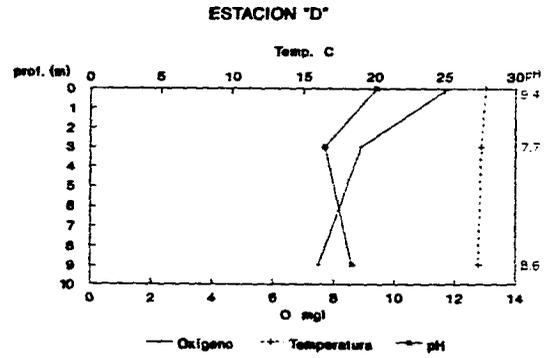
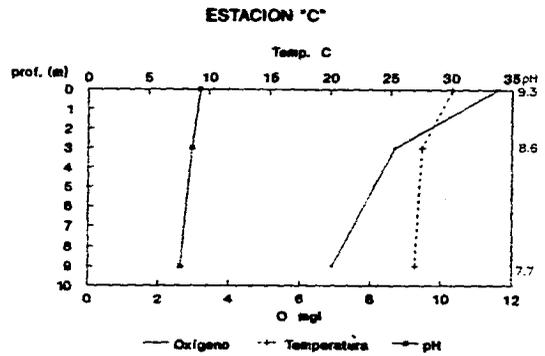
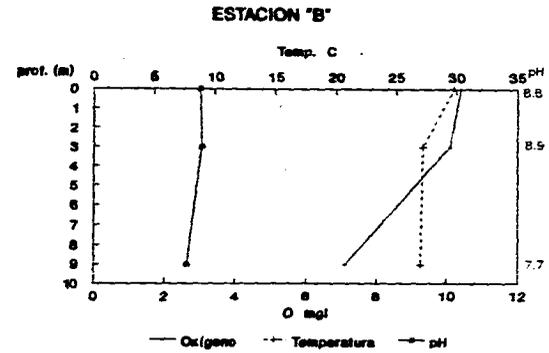
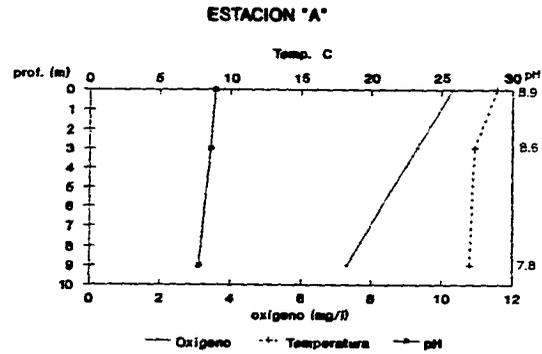


datos de agosto

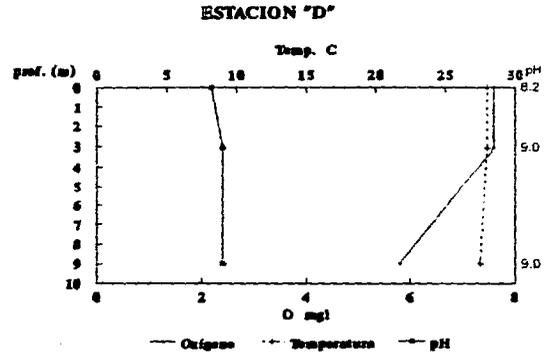
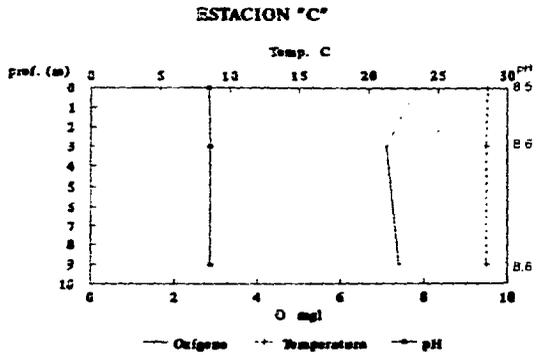
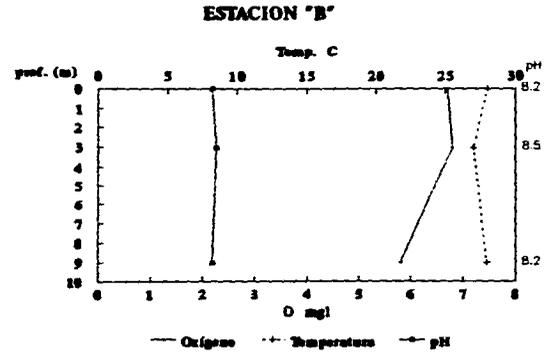
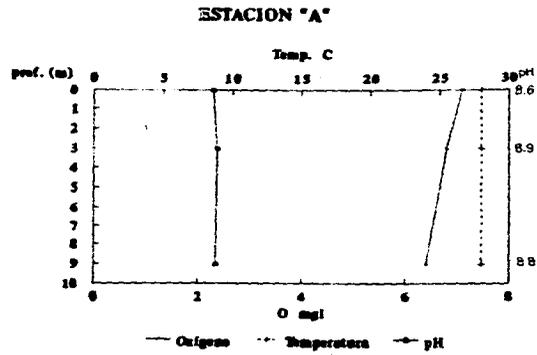


datos de agosto

Gráfica 2. Abundancias absolutas de las especies abundantes en el lago Catemaco para el mes de agosto a 0, 3 y 9 m.



Gráfica 3. Gráfica de oxígeno, temperatura, pH y profundidad (0, 3, y 9 m) para cada punto de colecta en el mes de mayo (secas).

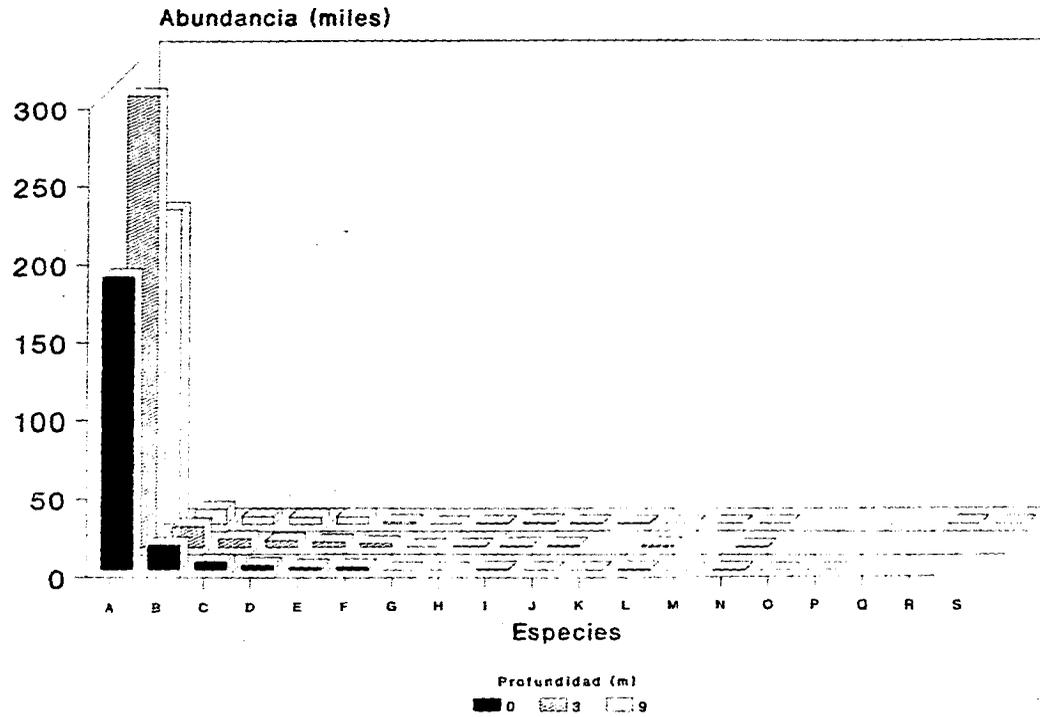


Gráfica 4. Gráfica de oxígeno, temperatura, pH y profundidad (0, 3, y 9 m) para cada punto de colecta en el mes de agosto (lluvias).

Especies representadas en las Gráf. 5 - 8 para los puntos A y C en los meses de mayo y agosto.

- A) *Cylindrospermopsis catemaco*
- B) *Cylindrospermopsis philippinensis*
- C) *Achnanthes minutissima*
- D) *Aulacoseira granulata*
- E) *Aulacoseira italica*
- F) *Planktolyngbya circumcreta*
- G) *Planktolyngbya taillingii*
- H) *Planktolyngbya arthrospiroides*
- I) *Aphanocapsa delicatissima*
- J) *Cyanodictyon imperfectum*
- K) *Coelomorum minimum*
- L) *Chroococcus microscopicum*
- M) *Oocystis marssonii*
- N) *Radiocystis geminata*
- O) *Aphanothece comasii*
- P) *Microcystis wesenbergii*
- Q) *Scenedesmus sempervirens*
- R) *Scenedesmus verrucosus*
- S) *Scenedesmus acuminatus*
- T) *Merismopedia punctata*

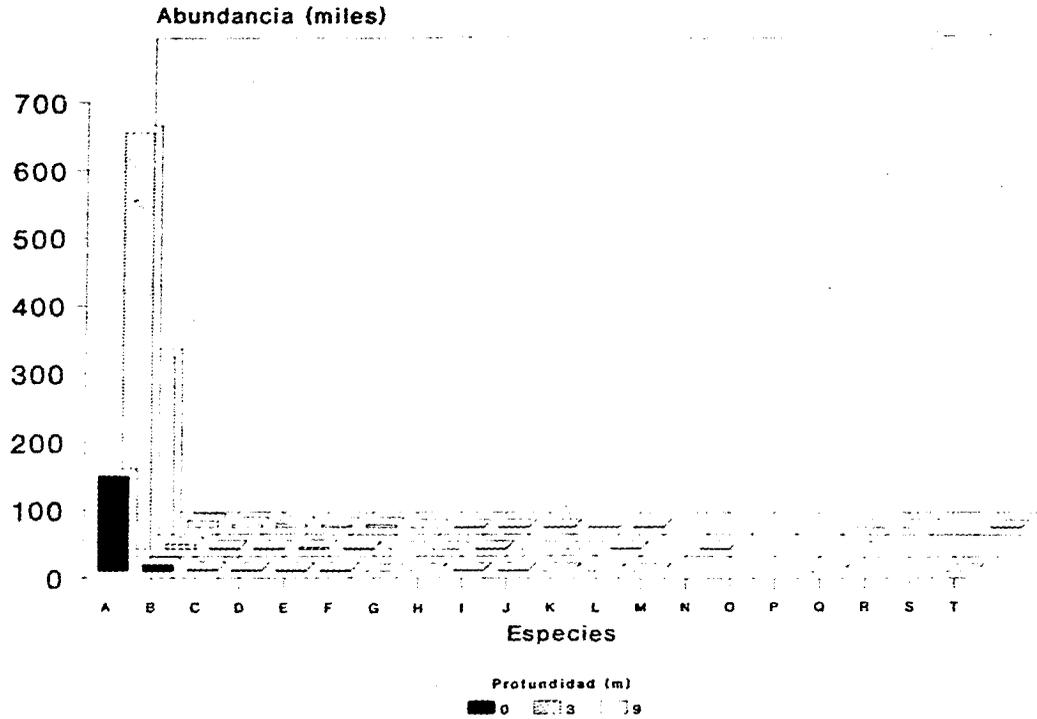
Estación "A"



datos de mayo

Gráfica 5. Abundancias absolutas de algunas especies del lago Catemaco para el mes de mayo punto A a 0, 3 y 9 m de profundidad

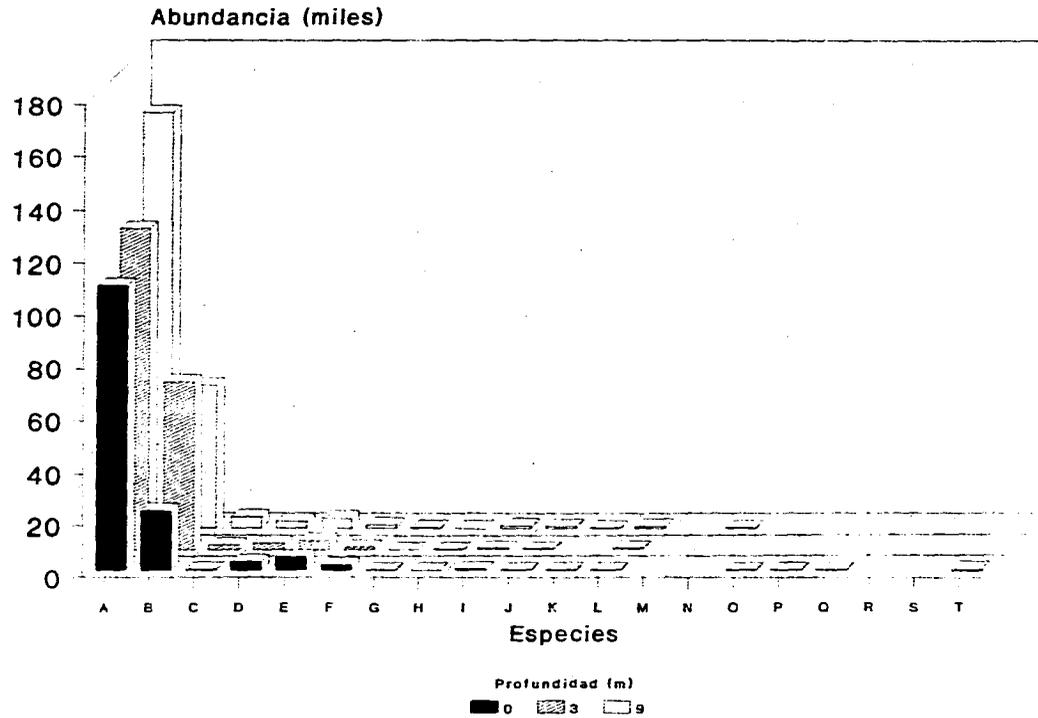
Estación "C"



datos de mayo

Gráfica 6. Abundancias absolutas de algunas especies del lago Catemaco para el mes de mayo punto C a 0, 3 y 9 m de profundidad

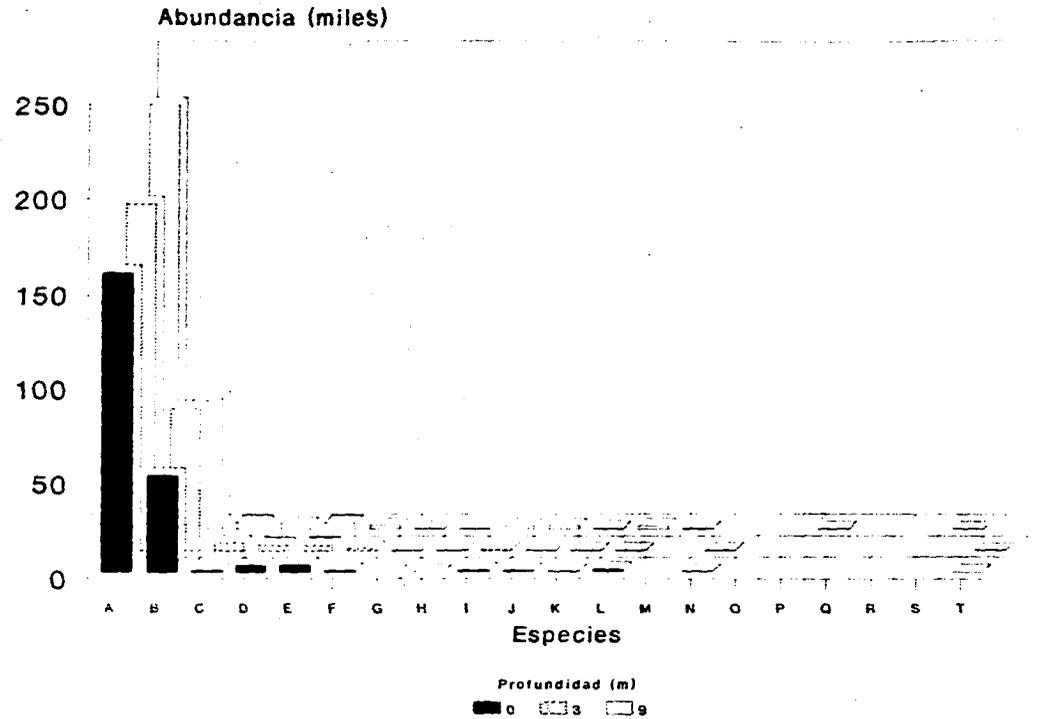
Estación "A"



datos de agosto

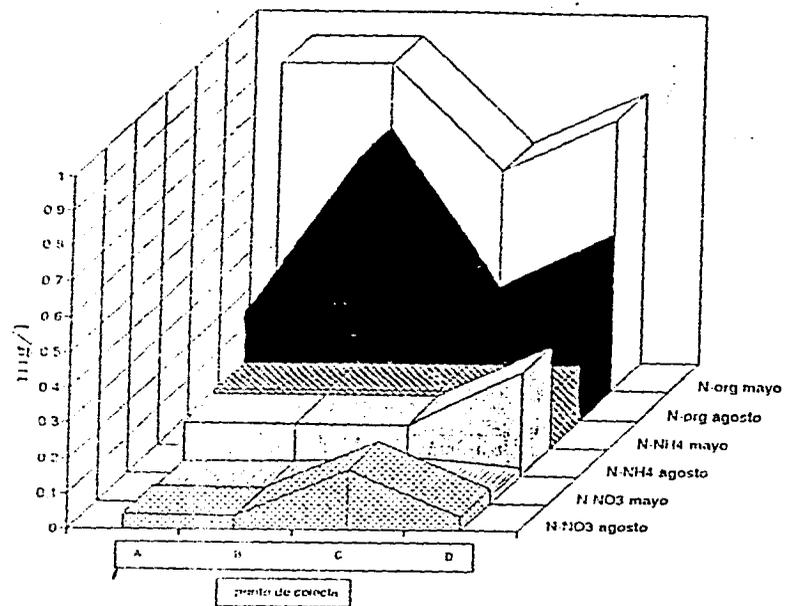
Gráfica 7. Abundancias absolutas de algunas especies del lago Catemaco para el mes de agosto punto A a 0, 3 y 9 m de profundidad

Estación "C"

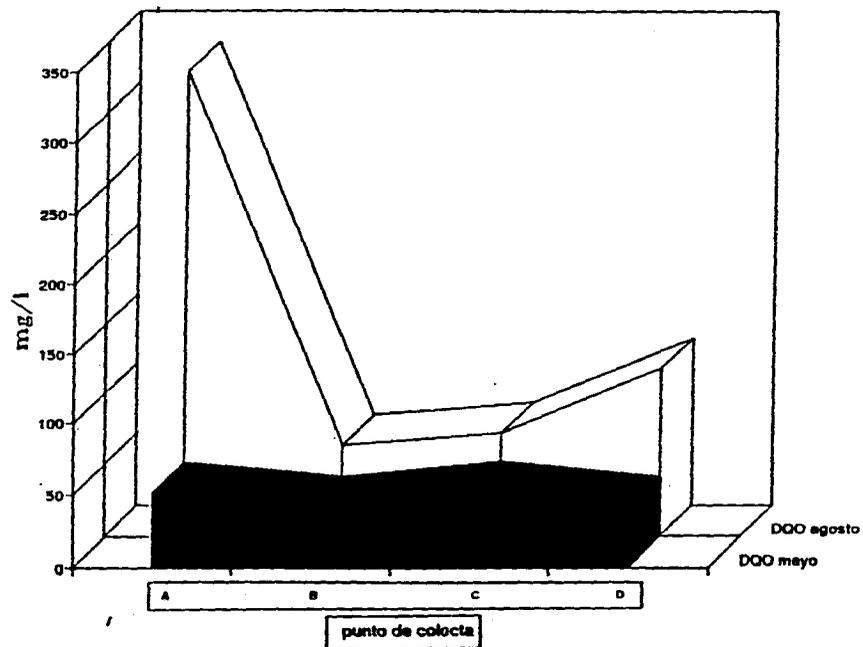


datos de agosto

Gráfica 8. Abundancias absolutas de algunas especies del lago Catemaco para el mes de agosto punto C a 0, 3 y 9 m de profundidad

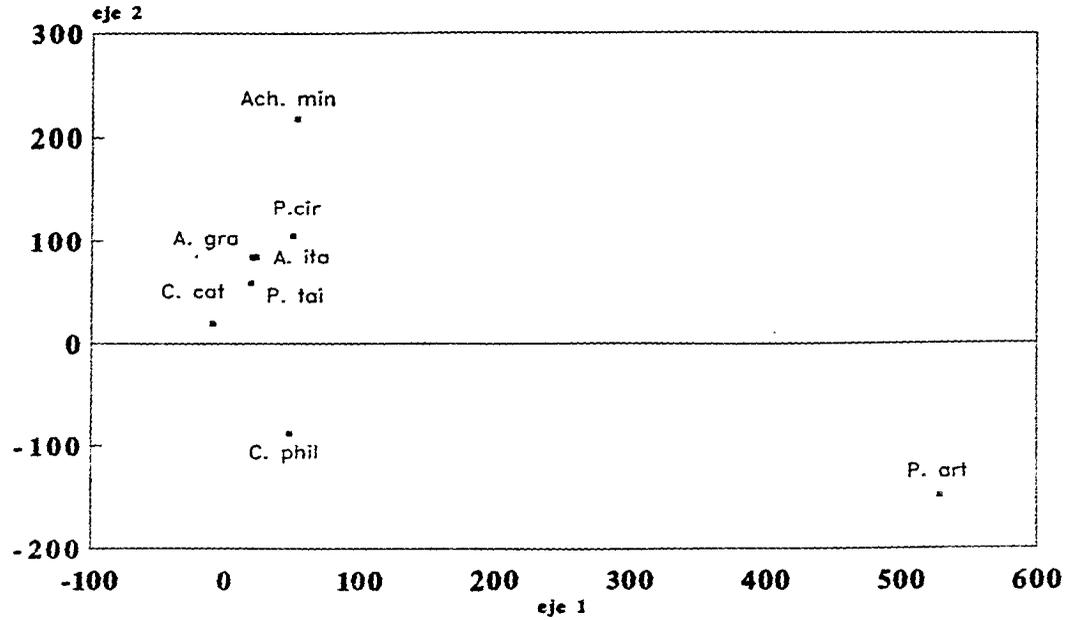


Gráfica 9. Parámetros químicos a 3 m de profundidad para los meses de mayo y agosto (N_{org} , $N-NH_4$ y $N-NO_3$)



Gráfica10 Parámetros químicos a 3 m de profundidad para los meses de mayo y agosto (DQO)

Dist. de especies en los ejes 2 y 3
GRUPOS DECORANA

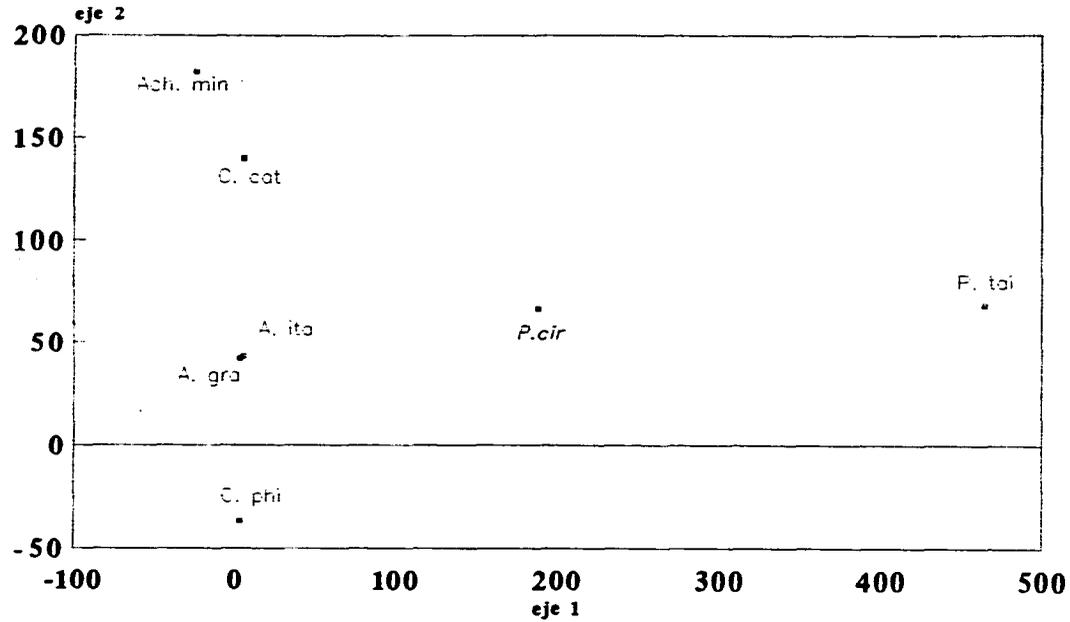


• Series 1

Punto C, Mayo (75 muestras)

Gráfica 11. Distribución de las especies abundantes del lago Catemaco
Grupos de DECORANA

Dist. de especies en los ejes 1 y 2
GRUPOS DECORANA

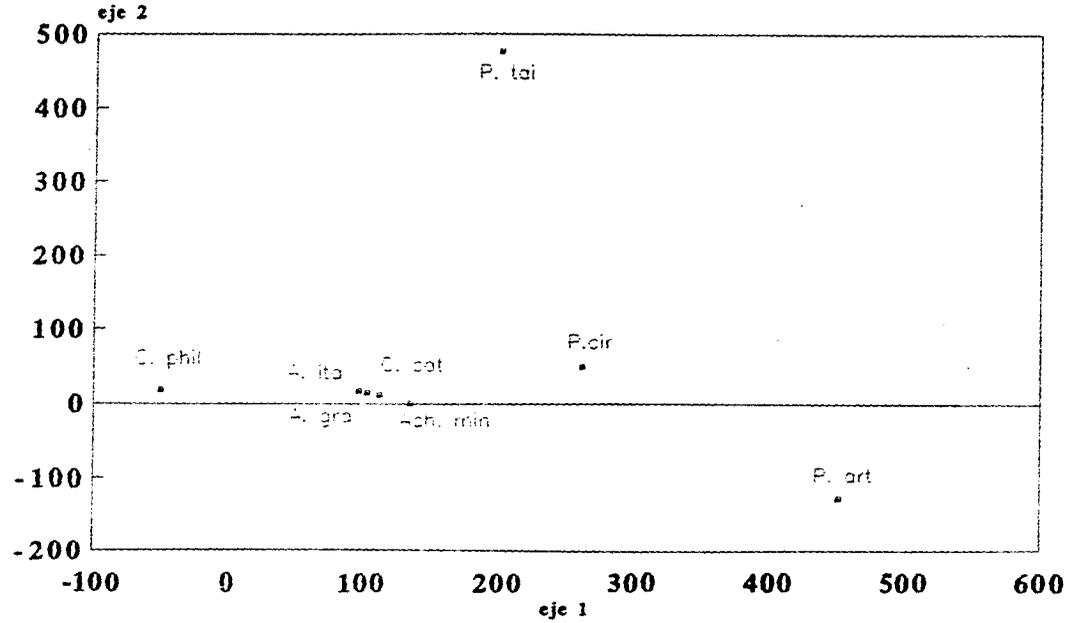


• **Series 1**

Punto C, Agosto (75 muestras)

Gráfica 12. Distribución de las especies abundantes del lago Catemaco
Grupos de DECORANA

Dist. de especies en los ejes 1 y 2
GRUPOS DECORANA



• Series 1

Punto C. Mayo y Agosto (150 muestras)

Gráfica 13. Distribución de las especies abundantes del lago Catemaco
Grupos de DECORANA

BIBLIOGRAFIA

- **ALVAREZ, JR. M.** 1949. Unidades Tectónicas de la República Mexicana. *Bol. Soc. Geol. Mexicana* 14:1 - 22.
- **ALVAREZ, J.** 1990. *Enciclopedia de México*. Tomo II. Ed. Impresora Mexicana S. A. de C. V. 1212pp.
- **ANACNOSTIDIS, K. & J. KOMAREK.** 1986. *Modern approach to the classification system of cyanophytes.* (I): 157-226.
- **ATLAS NACIONAL DE MEXICO.** 1990. Instituto de Geografía, UNAM. Vol. II Naturaleza. Cartas IV. 1.4 - IV. 8.10; IV. 1.1 - IV. 4 - 10.
- **BARRIE W. G.** 1972. *Elementary Statistical Methods*. Ed. Chapman and Hall. London. 349 pp.
- **CARR, G. N. & B. A. WHITTON,** 1982. *The Biology of Cyanobacteria*. Brackwell Scientific Publications . Great Britain. 685 pp.
- **FERNANDEZ, V. G.** 1990. *DEPFI Manual de Laboratorio de Química de Agua*. 2a.reimpresión. Facultad de Ingeniería, Univ. Nal. Autón. de Méx. 163 pp.
- **FOGG G. E et al.** 1973. *The Blue - Green Algae*. Academic Press - London and New York. London. 459 pp.
- **HILL, M. O.** 1979. *Decorana - A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging*. Cornell University Ithaca. New York. 237 pp.
- **HUTCHINSON, E. G.** 1975. *A Treatise on Limnology*. Ed. Wiley. USA. 133 pp.
- **KERSHAW, K.A.** 1975. *Quantitative and Dinamic Plant Ecology*. 2ª Ed. Edward Arnold Pub. 308 pp.

- **KOMAREK, J.** 1983. *Das Phytoplankton des Süßwasser*. Systematik und Biologie. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele U.) Obermiller, Germany. 1044 pp.
- **KOMAREK, J.** 1984. Sobre las cianofíceas de Cuba: 3) Especies planctónicas que forman florecimientos de las aguas. *Acta Bot. Cubana* 19 (1):1-33
- **KOMAREK, J. & H. KLING.** 1991. Variation in six planktonic cyanophyte genera in Lake Victoria (East Africa). *Algological Studies* 61(1): 21-45
- **KOMARKOVA J. & TAVERA R.** 1993. Cianoprocariontes del lago Catemaco. *III Congreso Latinoamericano de Ficología (Resúmenes)*. .
- **KRAMMER, K & H. LANGE - BERTALOT.** 1986. Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae .- von Mitteleuropa, Stuttgart, Gd. 2/1 876 pp.
- **LORENZEN, J. C.** 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. *Limnol. & Oceanog.* 12:343.
- **MARGALEF, R.** 1991. *Limnología*. Omega. Baecelona, España. 77 - 117; 247 - 331; 1022 pp.
- **MATTEUCCHI S & A. COLMA.** 1982. *Metadología para el estudio de Vegetación*. OEA. Washington. 168 pp.
- **MURRAY, G. E.** 1961. *Geology of the Atlantic and Gulf Coastal Province of North America*. New York, Harper. 692 pp.
- **PAYNE, A.I.** 1986. *The Ecology of Tropical Lakes and Rivers*. John Wiley & Sons. Great Britain. 183 pp.
- **PEREZ, R. A.** 1984. *Investigaciones Geológicas Preliminares en el lago Catemaco, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Univ. Nal. Auton. de Méx. 72 pp.

- **PEREZ - ROJAS, A. Y TORRES - OROZCO B.R.** (1992). Geomorfología y batimetría del lago Catemaco, Veracruz. México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* Univ. Nac. Autón. de Méx. 19 (1): 19-24.

- **REYNOLDS, C. S.** 1984. *The Ecology of freshwater phytoplankton.* Cambridge University Press. 384 pp.

- **RUSHFORTH, S. R., KACZMARSKA y J. R. JOHANSEN,** 1984. The subaerial diatom flora of Thurston Lava Tube, Hawaii. *Bacillaria.* 7: 135 - 157.

- **SARH.** 1982. *Técnicas de Análisis Fisicoquímicos Para Aguas.* Ed. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. México, D. F. 319 pp.

- **SECRETARIA DE PESCA (SEPESCA).** 1990. Dirección General de Acuicultura. Estudios para la determinación del potencial acuícola de los embalses mayores de 10,000 hectáreas (Primera Fase). Contrato DGE - EP - 18 - 90, Biotecs S XXI, S. A. de C. V. México, D. F.

- **SOTO, M.** 1979. Algunos aspectos climáticos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. En A.Gómez-Pompa, C. Vázquez-Yanes, S. del Amo y A Butanda (Eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México.* CECSA, México. 70 - 111 pp.

- **STEEL, G. R. et al.** 1993. *Bioestadística* (principios y procedimientos). 2ª ed. Mc. Gra Hill. México, D. F. 201 pp.

- **SUAREZ, M. E. et al.** 1986. Diversidad y abundancia del plancton en la laguna de Catemaco, Veracruz durante un ciclo anual. *An. Inst. de Cien. del Mar y Limnol.* Univ. Nal. Autón. de Méx. 13(3): 313 - 316.

- **TAVERA, S. R et al.** 1994. Diatoms from Papaloapan basin Communities, México. *Algological Studies* 74: 35 - 65.

- **VINIEGRA, O. F.** 1950. Breve Análisis Geológica de la llamada Cuenca de Veracruz (sus posibilidades petrolíferas). *Asoc. Méx. Geol. Petrol.* 11(4): 281 - 289.

- **TORGEREN, V. O.** 1986. FLEXCLUS An interactive program for clasification and tabulation of ecológical data. *Acta Botánica Neerl.* 35: 137 - 142.

- **WETZEL, R. G.** 1975. *Lymnology*. Philadelphia, Sanders, Co. 793 p.

APENDICES

I. DETERMINACIONES REALIZADAS EN EL CAMPO

POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

El aparato empleado en la determinación fue el medidor de pH, conductividad y temperatura Modelo P. C. - 18 , el cual tiene un rango de 0.00 a 14 unidades con una resolución de ± 0.01 p. H. y proporciona un intervalo de calibración de ± 1 unidad de pH.

TEMPERATURA

El aparato empleado para la medición de la misma fue el sensor de inmersión del aparato anterior (Modelo P. C. - 18) el cual permite obtener lecturas en un rango de -50 °C a 150 °C con una resolución de 0.1 °C y una precisión de 0.3 °C.

CONDUCTIVIDAD

Para la medición de la conductividad se empleó el mismo aparato (Med. Mod. PC-18) el cual consta de una celda de inmersión y electrodos de níquel platinizados con rangos de 0 a 200, de 0 a 2 000 y 0 a 20 000 μ siemens/cm y precisión de ± 1 %.

OXIGENO DISUELTO

En la medición del oxígeno disuelto en el lago se empleó el oxímetro YSI modelo 51 B el cual consta de un sistema de electrodos de membrana, polarográficos, compuestos por dos electrodos metálicos en contacto con un electrólito soporte que está separado de la solución de prueba mediante una membrana selectiva.

TURBIDEZ

Las mediciones de turbidez se efectuaron por medio de un disco de metal, pintado de blanco y negro, midiendo la profundidad a la que desaparece de nuestra vista al introducirse dentro del agua. En instrumento empleado con las características descritas anteriormente es el disco de Secchi.

II. PRESERVACION CON LUGOL

Rosa Luz Tavera Sierra
Laboratorio de Ficología
Facultad de Ciencias, UNAM
Julio de 1993

Se prepara una solución de:

100 g yoduro de potasio
50 g iodo
200 ml. agua destilada

Preparar ácido acético glacial al 10 % y añadir 500 ml a la solución anterior.

De la mezcla final se agregan dos o tres gotas a una muestra pequeña (aprox. 30 ml) que debe tomar un color de té negro diluido. La preservación con lugol es temporal (alrededor de seis meses) y es adecuada para contar porque conserva estructuras internas mucho mejor que el formol, y es el único preservador que conserva flagelos; además, el color oscuro que toman los organismos los hace más visibles. Por todo esto las especies pueden reconocerse fácilmente. Para conservación de ejemplares de herbario deben hacerse duplicados con formol al 1.5 - 2%. Si no se preparó un duplicado o si se perdió alguno, se puede agragar formol a una muestra preservada con lugol, para no perder el ejemplar de herbario.

III. CONTEOS EN CAMARAS DE Kolkwitz - Utermöhl

Cámara pequeña (1 ml):

$h = \text{altura} = 2\,500\ \mu\text{m}$

$A = \text{área} = 51\,874.8\ \mu\text{m}^2$ (del campo en 40x)

El Volúmen de la cámara = $h \times a = 129\,687\,000\ \mu\text{m}^3$ (sobre un campo)

$1\ \text{ml} = 10^{12}\ \mu\text{m}^3$, que es el volúmen de la cámara)

Pero, el volúmen que se cuenta en un campo no es traducible a mililitros por lo que hay que emplear un factor de conversión dependiendo del número de campos que se cuenta; entonces:

$$\frac{10^{12}\ \mu\text{m}^3}{\dots\dots\dots}$$

Volúmen de la cámara x número de campos

Así,

Sí se cuentan 10 campos el coeficiente es = 7 710. 873102

En este trabajo se contaron 37 campos y el coeficiente es = 208.402 123

Este factor se multiplicó por el número total de individuos contados en todos los campos y se obtuvo la abundancia de organismos en un mililitro.

Para la cámara mediana (3 ml), es procedimiento es el mismo:

$h = 7\,400\ \mu\text{m}$

$a = 51\,874\ \mu\text{m}^2$

$V = 383\,873\,520\ \mu\text{m}^3$

y el factor de conversión varía dependiendo del número de campos contados.

IV. CUANTIFICACION DE CLOROFILA

Rosa Luz Tavera Sierra

Taller de algas de cenotes

XII Congreso Mexicano de Botánica

3 - 8 octubre

Mérida, Yucatán

México

La cuantificación de clorofila puede ser una estimación indirecta de biomasa y puede usarse como complemento a la información que se obtiene de la estimación de abundancia por conteo de organismos con cámara de Kolkwitz-Utermöhl. Si en el fitoplancton existe una población dominante de un grupo definido, por ejemplo cianofitas, clorofitas, diatomeas, etc., es necesario considerar el peso que tendrán los valores de cada pigmento en particular, al relacionarlos con el número de individuos. Esta relación sin embargo, no es muy precisa, pero puede serlo aunque el método no es sencillo; requiere de cálculos particulares para convertir una fórmula biológica particular en una expresión numérica, a través de un programa computarizado.

Para un investigador que está explorando algún cuerpo de agua, la cuantificación de pigmentos corrobora la apreciación que seguramente tendrá al microscopio, y que se trata por ejemplo, de una evaluación con una sola colecta, este dato puede permitirle expresar resultados de una manera formal, sin tener que cuantificar organismos.

METODO

Se filtran 200 ml¹ de muestra colectada con botella de Van-Dorn, utilizando un sistema de vacío para campo y filtros *millipore* de 0.45 μm . Este filtro es adecuado porque se desintegra durante el tratamiento con acetona, pero si el investigador considera que podría dejar un residuo que enturbie la muestra, pueden usarse filtros tradicionales de fibra de vidrio, lo que implica moler, filtrar nuevamente y acidificar ligeramente la muestra, antes de medir en el espectrofotómetro.

Las muestras filtradas en el campo se etiquetan debidamente y se colocan en un frasco hermético de vidrio que contenga gel de sílice como deshidratador. Es preferible usar el tipo granulado para que el polvillo no se adhiera a la muestra. El gel puede mezclarse con cloruro de cobalto como indicador de humedad² (esta presentación se consigue directamente con un proveedor científico). Se recomienda separar el gel sobre una parrilla de laboratorio (hot plate), envuelta en papel aluminio, antes de transportarlo al campo.

Si el transporte al laboratorio toma más de 2 horas ó el clima es caluroso, el frasco debe mantenerse en refrigeración. Ya en el laboratorio puede mantenerse en refrigeración por dos o tres meses si no hay tiempo para procesar las muestras.

Al inicio del proceso se preparan tubos de ensayos suficientes para el número de muestras más el blanco. Los tubos deben de estar humedecidos previamente con DH_2O y llenarse con 10 ml. de acetona. Los filtros se colocan cada uno en un tubo y el blanco debe contener un filtro limpio. Se dejan reposar toda la noche en el refrigerador.

Si en el momento de medir el filtro no se ha desbaratado completamente, es necesario agitar los tubos y dejarlos sedimentar por un rato (este paso no se aplica a los filtros de fibra de vidrio). Las celdas se llenan con cuidado para no remover el sedimento.

¹ La cantidad varía dependiendo de la densidad de la población. Cuando hay un florecimiento puede usarse sólo 50 ml.

² Aproximadamente 250 g. de gel por un gramo de CoCl_2 .

El espectrofotómetro se calibra con el blanco preparado con acetona y la medición se hace en tres longitudes de onda para discernir entre pigmentos y turbidez causada por el tratamiento de la muestra y/o para distinguir entre los pigmentos "vivos" y la materia no viva que normalmente contiene pigmentos y que es arrastrada dentro de la red durante la colecta. Las longitudes de onda en las que se calibra el aparato son: Para clorofila a, 664nm y 630 nm; 664 nm y 630 nm para clorofila b y para distinguir la medida de esos pigmentos y de los no vivos se mide a 720 nm. Posteriormente hay que restar los valores para "restar el efecto"³

FORMULAS

$$\text{Chl}_A (\mu\text{m} \cdot \text{l}^{-1}) = (11.64 \times A_{663} - 2.16 \times A_{645} + 0.10 \times A_{630}) \times v/V \cdot d$$

$$\text{Chl}_B (\mu\text{m} \cdot \text{l}^{-1}) = (20.97 \times A_{645} - 3.94 \times A_{663} - 3.66 \times A_{630}) \times v/V \cdot d$$

$$\text{Chl}_C (\mu\text{m} \cdot \text{l}^{-1}) = (54.22 \times A_{630} - 5.53 \times A_{663} - 14.81 \times A_{645}) \times v/V \cdot d$$

En donde v = el volúmen del extracto usado (muestra) ;

V = el volúmen filtrado en el campo ;

d = la abertura de la celda (cubeta) ;

a = absorbancia

³ Si el valor fuera negativo significa que no hay tal efecto.

TECNICA PARA LA CUANTIFICACION DE CLOROFILA

(J. C. Lorencen, 1967)

- 1.- Filtrar 200 ml. de muestra fresca con filtros de fibra de vidrio o millipore de 0.45 μm .
- 2.- Mantener los filtros en refrigeración hasta ser procesados utilizando silicagel como conservador. (Nota: Revisar periódicamente que la silica permanezca seca, de no ser así colocarla en la plancha para el secado).

Al efectuar la Técnica:

- 3.- Colocar los filtros que se encuentran húmedos en pedazos pequeños y colocarlos en una cápsula de porcelana.
- 4.- Agregar unas gotas de acetona al 90 % y molerlos perfectamente. (Para preparar el blanco cortar un filtro limpio y molerlo).
- 5.- Vaciar el contenido de la cápsula en un tubo de ensayo y enjuagar con acetona hasta 5 ml.
- 6.- Reposar por 12 hrs. en refrigeración. (Intermedio)
- 7.- Agitar la muestra y filtrarla en vacío enjuagando el tubo con acetona. (El filtro se cambia cada 2 ó 3 muestras según se sea necesario).
- 8.- Enjuagar el tubo perfectamente con acetona y vaciar el filtrado en éste mismo.

- 9.- Aforar todos los tubos con acetona hasta 10 ml.
- 10.- Agregar a cada uno de los tubos 2 gotas de ácido clorhídrico 1N. (Al tubo que contiene el blanco no).
- 11.- Leer en el espectrofotómetro a 630 nm , 643 nm , 663 nm, y 720 nm de longitud de onda. (Nota: Con el blanco calibro a 0 de Absorbancia y 100 de transmitancia en cada longitud de onda).