

36  
2ej.



# Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ZARAGOZA

## ANALISIS FITOPLANTONICO E HIDROLOGICO DE UN CUERPO DE AGUA DULCE TROPICAL: LAGUNA DE AMELA, COLIMA, MEXICO.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A N :

SARA  
MIGUEL

PATRICIA  
ANGEL

SANCHEZ  
LARA

GOMEZ  
VILLA



México

1986



## **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 está 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.

## INDICE GENERAL

|   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| INTRODUCCION.....                                     | 1             |
| OBJETIVOS.....  | 3             |
| ANTECEDENTES .....                                    | 4             |
| ZONA DE ESTUDIO.....                                  | 5             |
| METODOS.....  | 8             |
| RESULTADOS:   |               |
| I.-Fitoplancton                                       |               |
| a) Composición.....                                   | 13            |
| <i>Lista Taxonómica. Descripciones.</i>               |               |
| b) Abundancia y Distribución.....                     | 46            |
| c) Variación estacional.....                          | 55            |
| d) Diversidad.....                                    | 58            |
| II.- Hidrología                                       |               |
| a) Temperatura.....                                   | 59            |
| <i>Circulación y Estratificación.</i>                 |               |
| b) Oxígeno disuelto.....                              | 63            |
| <i>Perfiles verticales. Variación estacional</i>      |               |
| c) Carbono inorgánico, pH y Dureza total.....         | 68            |
| <i>Distribución vertical. Variación estacional.</i>   |               |
| d) Nitrógeno inorgánico.....                          | 75            |
| <i>Distribución vertical</i>                          |               |
| - Nitrificación.                                      |               |
| - Desnitrificación.                                   |               |
| - Asimilación de oxígeno.                             |               |
| - Oxidación aeróbica de la materia orgánica.          |               |
| - Otros casos.  |               |
| <i>Variación estacional.</i>                          |               |
| e) Fósforo.....                                       | 83            |
| <i>Distribución vertical. Variación estacional</i>    |               |
| III.- Fitoplancton y condiciones físico-químicas..... | 88            |

DISCUSION:

|  |     |
|--|-----|
| - Fitoplancton   |     |
| Composición.....                                       | 90  |
| Abundancia y Distribución.....                         | 91  |
| Variación estacional.....                              | 92  |
| Diversidad.....  | 94  |
| - Hidrología   |     |
| Temperatura.....                                       | 96  |
| Oxígeno.....   | 97  |
| Carbono inorgánico, pH y Dureza total.....             | 98  |
| Nitrógeno.....   | 102 |
| Fósforo.....   | 105 |
| - Relación fitoplancton-parámetros físico-químicos.... | 109 |
| CONCLUSIONES.....                                      | 111 |
| COMENTARIOS FINALES.....                               | 113 |
| APENDICE.....  | 115 |
| GLOSARIO.....  | 135 |
| BIBLIOGRAFIA.....                                      | 138 |

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Página

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.- Abundancia en porcentaje de los principales grupos de algas.....                               | 47 |
| Figura 2.- Abundancia media total en No. de células/ml.....   | 48 |
| Figura 3.- Matriz Q. Indices de similitud.....  | 50 |
| Figura 4.- Matriz R. Probabilidades conjuntas.....  | 51 |
| Figura 5.- Distribuciones de abundancia-frecuencia.....   | 56 |
| Figura 6.- Isotermas.....   | 60 |
| Figura 7.- Distribución mensual de la temperatura y el O <sub>2</sub> ....                                | 61 |
| Figura 8.- Perfiles de temperatura, O <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> .....                                | 65 |
| Figura 9.- Isolineas de Oxígeno disuelto.....   | 66 |
| Figura 10- Isolineas de pH.....   | 70 |
| Figura 11- Perfiles de pH, alcalinidad y O <sub>2</sub> .....   | 72 |
| Figura 12- Distribución mensual de pH, alcalinidad y dureza... 74   |    |
| Figura 13- Perfiles de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> y O <sub>2</sub> ..... | 79 |
| Figura 14- Distribución mensual de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....      | 82 |
| Figura 15- Perfiles de PO <sub>4</sub> <sup>=</sup> , P total y O <sub>2</sub> .....                      | 84 |
| Figura 16- Distribución mensual de PO <sub>4</sub> <sup>=</sup> y P total.....                            | 86 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla A.- Relación de especies en No. de células/ml.....  | 52 |
| Tabla B.- Presencia-ausencia de las especies de fitoplancton.   | 53 |
| Tabla C.- Parámetros estadísticos y estrategia demográfica de las treinta especies más abundantes de fitoplancton | 57 |

APENDICE A.

|   |           |
|---|-----------|
| Gráfica climática.....  | 115       |
| Tablas 1-A a 11-A.- Registro de los parámetros físico-químicos  | 116 a 126 |
| Tabla 12-A.- Resumen mensual de los parámetros muestreados...   | 127       |
| Tabla 13-A.- Test de Kruskal-Wallis para las diferencias en la abundancia de fitoplancton.....                  | 128       |
| Tabla 14-A.- Test de Kruskal-Wallis y Test SNK para las diferencias en la abundancia promedio mensual.....      | 129       |
| Tabla 15-A.- Análisis de varianza y pruebas de comparaciones múltiples para los parámetros físico-químicos..... | 130       |

APENDICE B.

|  |     |
|--|-----|
| Forma de calcular índices de similitud. Índice de Shannon-Weener. Índice de diversidad máxima..... | 133 |
|--|-----|

## RESUMEN

Se realizó un estudio del fitoplancton y de algunos parámetros físico-químicos en la Laguna de Amela, un cuerpo de agua dulce tropical, somero, a fin de conocer la composición, diversidad, abundancia y distribución del fitoplancton, el comportamiento hidrológico del sistema y las relaciones entre ambas variables.

El estudio del fitoplancton se realizó sobre una base bimensual, con muestras tomadas en cuatro estaciones y en tres niveles de profundidad dentro de la zona fótica.

Los parámetros físico-químicos: temperatura, pH, dióxido de carbono, oxígeno, alcalinidad, dureza, amonio, nitratos, orto-fosfatos y fósforo total, fueron muestreados mensualmente en nueve estaciones a diferentes niveles de profundidad comprendiendo toda la columna de agua.

La distribución vertical del fitoplancton fue analizada estadísticamente por medio del test de Kruskal-Wallis y la de los parámetros físico-químicos con análisis de varianza, a fin de determinar la homogeneidad del sistema en cuanto a tales variables.

El análisis de la composición del fitoplancton mostró que la comunidad está compuesta por 58 especies que incluyen: Cyanophyta (17), Bacillariophyceae (18), Chlorophyta (17), Euglenophyta (4), Dinophyceae (1) y Xantophyta (1).

Se observa una diversidad moderada, relacionada con la dominancia de unas cuantas especies de cianofíceas, cuya estrategia demográfica -basada en la interpretación de sus fluctuaciones estacionales, evaluadas a través de coeficientes de variación y asimetría- es conservativa (k) y la de las restantes especies, explosiva (r).

Los resultados también muestran que se trata de un cuerpo de agua caliente polimictico, de aguas duras, moderadamente alcalino y con baja concentración de nutrientes.

Se observa una estratificación química dada por el oxígeno y el pH que, sin embargo, no afecta la distribución del fitoplancton en la zona fótica ni la de los nutrientes en toda la columna de agua.

Las condiciones físico-químicas observadas explican ampliamente la dominancia de cianofíceas en la laguna y por esto, se concluye que se encuentra en un estado de eutrofia moderada.

## INTRODUCCIÓN

La Limnología de regiones tropicales aún no ha sido objeto de investigaciones extensas y continuadas. Sin embargo, en los últimos años, las investigaciones en esta área se han venido incrementando en algunos países a raíz de la sobreexplotación y contaminación a que han sido expuestos los recursos de agua dulce, a consecuencia del desarrollo urbano e industrial y que amenaza su existencia.

En el plano ecológico, los lagos tropicales presentan especial interés debido a que contienen biotas muy diversificadas y es concluyente el hecho de que son mucho más productivos que los lagos de otras regiones (Lewis, 1978 a).

Los extensos estudios sobre lagos templados y polares no proporcionan puntos de comparación, debido a que en los lagos tropicales destacan factores que en aquellos, o no tienen tanta importancia, como la biología de los organismos bentónicos o no se dan con la misma intensidad, como la alta fluvialidad, entre otros (Margalef, 1983; Hill y Rai, 1982).

La investigación limnológica de estos cuerpos de agua tiene por esto, gran importancia en nuestro país, ya que sus características de fluviabilidad y orografía pueden dar lugar a diferencias muy importantes entre unas y otras regiones.

En este contexto, los estudios sobre la composición y ecología del fitoplancton, así como de los parámetros físico-químicos y ambientales que rigen la dinámica de los ecosistemas acuáticos, son fundamentales para conocer sus respuestas metabólicas funcionales (Wetzel, 1975).

El fitoplancton constituye, generalmente, la principal puerta de entrada de energía a los ecosistemas acuáticos y la base de su mantenimiento. Los problemas mostrados por la distribución y sucesión estacional de las especies presentes, no son solo de interés por ellos mismos sino porque las diferencias cualitativas entre las especies fitoplanctónicas presentes pueden tener efectos sobre los componentes más altos de la cadena alimenticia y de esta manera ser también de importancia eco-

nómica (Margalef, 1983; Zeitzchel, 1978).

De hecho, para las especies ícticas que dependen de alimentos naturales, el fitoplancton representa la base de la cadena alimenticia que culmina en la producción pesquera (Boyd, 1979).

La importancia de la laguna de Amela en el estado de Colima, radica tanto en su producción piscícola como en su papel como reservorio de agua de riego -solo en caso necesario-, y además por ser el de mayor extensión de los cuerpos de agua dulce del estado.

Por su localización y por el clima de la región, constituye un excelente ejemplo de un cuerpo de agua dulce somero tropical. La investigación de los aspectos tratados en este trabajo contribuirá, sin duda, al mejor conocimiento de esta clase de ecosistemas, permitiendo el aprovechamiento racional de sus recursos.



## OBJETIVOS

Los propósitos de esta investigación consisten, por una parte, en el análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton; por otra, en el estudio del comportamiento hidrológico del sistema y por último en el análisis de las relaciones dinámicas existentes entre estos dos factores a lo largo de un ciclo anual.

Con esta finalidad se han propuesto los siguientes objetivos:

- Conocer la composición fitoplanctónica de la laguna de Amela.
- Efectuar una caracterización general de la abundancia y distribución vertical y estacional de la comunidad fitoplanctónica.
- Determinar el comportamiento espacial y temporal de algunos parámetros físico-químicos en el sistema.
- Relacionar la dinámica del fitoplancton con las condiciones hidrológicas del sistema.

## ANTECEDENTES

Los primeros estudios sobre lagos tropicales fueron realizados por Thienemann y Ruttner en aguas dulces del archipiélago Indo-Malayo en los años de 1928 y 1929 (Margalef, 1983). Posteriormente, hubo algunos estudios desconectados y solo en la India se han publicado recientemente diversos trabajos sobre taxonomía y ecología de las algas; por ejemplo, el excelente trabajo de Desikachary sobre algas verde-azules (1959).

Los estudios de Talling (1966), Baxter (1970) y Melack (1979) en lagos africanos, han contribuido significativamente a la caracterización de las especies fitoplanctónicas y sobre todo han sido enfocados a aspectos de su productividad.

Del mismo orden son algunos trabajos realizados en Sudamérica por Caro et al (1979) y Hill y Rai (1982). Estos últimos hicieron una interesante comparación entre los lagos tropicales y los de las zonas polares y templadas, atendiendo a diversos aspectos.

Lewis (1977a, 1977b) en sus estudios sobre el lago Lanao, Filipinas, hace referencia a la significancia ecológica de las especies de fitoplancton y a su velocidad de crecimiento a través del tiempo; también (1978a, 1978b) hace un análisis estructural del fitoplancton y de su distribución espacial.

En México, los primeros estudios sobre fitoplancton se deben a Sámano (1933, 1934 y 1940) y De Buen (1941, 1943 y 1944) en lagos del valle de México y los lagos de Pátzcuaro y Chapala, respectivamente. Los estudios taxonómicos se abordaron de nuevo hasta 1958 con Pérez Reyes y Salas Gómez (1958, 1960a y 1960b). Los trabajos más recientes acerca de la abundancia, distribución y taxonomía del fitoplancton y otros aspectos referentes a su relación con parámetros hidrológicos son los de López (1977), Mangain (1979) y Flores (1983). Sin embargo, casi todos estos estudios han sido realizados en cuerpos de agua de la región del altiplano o de regiones montañosas del país, en climas templados o subtropicales (tipo C o B, de acuerdo a

la clasificación de Köppen).

Solo el trabajo de López (1977) y el presente, se refieren al estudio de cuerpos de agua dulce tropicales en nuestro país.

## ZONA DE ESTUDIO

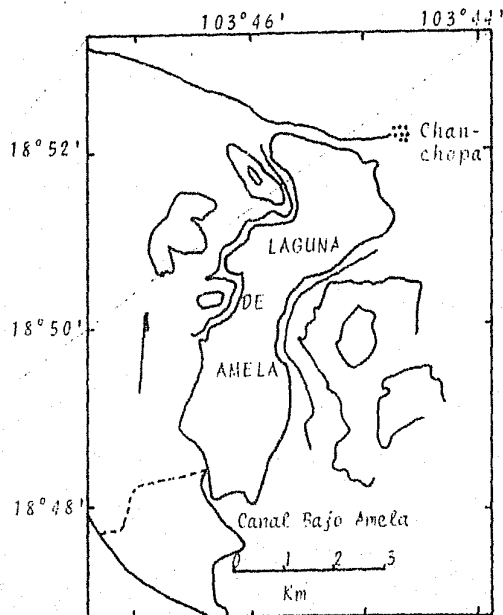
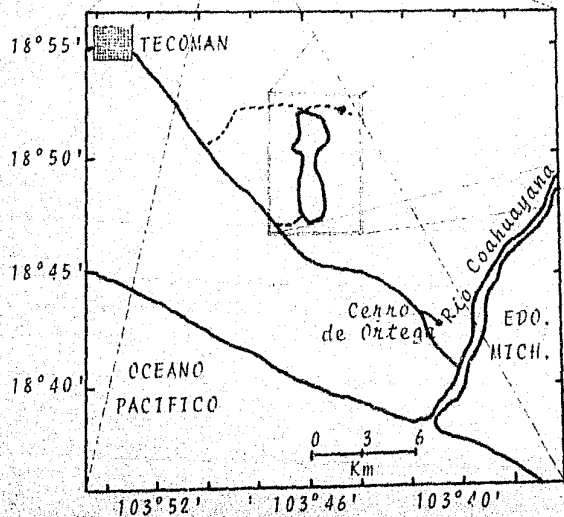
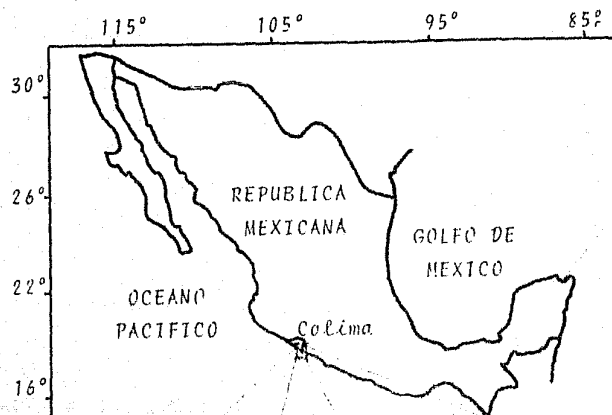
La laguna de Amela se encuentra delimitada entre los  $18^{\circ} 48'$  y  $18^{\circ} 52'$  de latitud norte y entre los  $103^{\circ} 45'$  y  $103^{\circ} 47'$  - de longitud oeste, a una altura de 33 m.s.n.m., en el Municipio de Tecomán, Colima (Mapa 1).

La extensión de la laguna es de 7 Km y en sus partes más anchas mide 2 Km. Su área promedio es de  $11.6 \text{ Km}^2$  y su profundidad máxima de 6 m. Una fracción de esta área, aproximadamente un 20%, esta ocupada por una densa vegetación de tule y abundan también los lirios acuáticos.

En cuanto a su uso, cumple dos objetivos: uno como fuente suplementaria de agua para riego y otro con fines de producción piscícola. A fin de servir como reservorio de agua, su volumen fue aumentado al ser conectado con el río Coahuayana, su único afluente, a través de un canal alimentador.

Las vías de acceso a la laguna son dos, ambas pueden ser abordadas por la carretera que va de Tecomán a Cerro de Ortega; la primera, a 11 kms de la ciudad de Tecomán por un camino de terracería y que conduce por el norte de la laguna al poblado de Chanchopa, la segunda 6 kms más adelante, pasando por el camino adyacente al canal llamado Bajo Amela y que conduce a la laguna por el extremo sur (Mapa 1).

El clima de la región es  $Aw_0(w)i$ , es decir, del tipo de los climas cálidos subhúmedos con lluvias en Verano, la precipitación del mes más seco es menor a 60 mm con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm e isotermal, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1980)



Mapa 1. Localización geográfica de la Laguna de Amela.

(Mapa Detenal, Tecomán E13B54: Clímático).

Los suelos son de tres tipos, de acuerdo a la clasificación de la FAO-UNESCO modificada por Detenal: Gleisol vértico, Litosol con rendzina y Litosol con rendzina y regozol calcárico; todos con textura media a fina, cubiertos por una fase lítica y pedregosa (Mapa Detenal, Edafológico).

Las rocas son principalmente sedimentarias entre las que se cuentan: calizas grises, gravas y arcillas poco consolidadas, tobas alteradas y yeso redepositado. Una pequeña fracción son rocas ígneas intrusivas graníticas (Carta Geológica del - Estado de Colima, Inst. Geol. U.N.A.M.).

## MÉTODOS

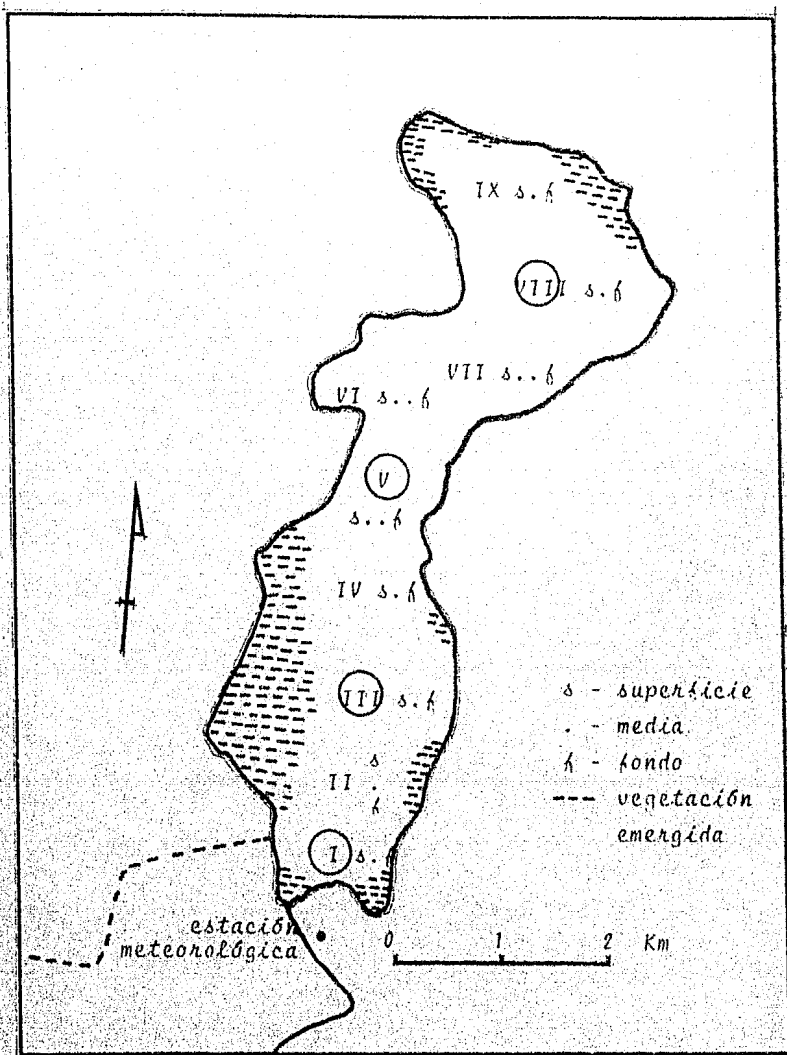
### Procedimiento de muestreo y técnicas de laboratorio.

Para determinar la localización y el número de estaciones de muestreo, se realizó un muestreo preliminar a fin de determinar en forma aproximada la variación espacial de la temperatura y el pH, la visibilidad con el disco de Secchi y el perfil batimétrico del cuerpo de agua y con esta base se escogieron nueve estaciones para el muestreo mensual de los parámetros físico-químicos de Octubre de 1984 a Agosto de 1985 y cuatro para la colecta del fitoplancton que se llevó a cabo de Diciembre de 1984 a Agosto de 1985 bimestralmente. Estas últimas se indican encerradas en un círculo en el Mapa 2. Se distribuyeron de manera que abarcaran las principales zonas de la laguna.

Las muestras de fitoplancton fueron tomadas con una botella Van-Dorn transparente de cinco litros de capacidad a 0.30, 1.0 y 1.5 metros de profundidad, dentro de la zona fótica, donde se considera que existe la mayor abundancia de especies y se fijaron inmediatamente con unas gotas de acetato de lugol.

El material así colectado y preservado, fue llevado al laboratorio para su revisión y cuantificación. La revisión del material se efectuó con un microscopio óptico, con objetivos de 10X, 40X y 100X y de cada organismo se hizo un esquema a observación directa, fue medido con ayuda de un ocular micrométrico y determinado utilizando claves especializadas: Bournelly 1968, 1970 y 1972; Desikachary 1959; Hustedt, 1930; Patrick y Reimer, 1966; entre otras.

Las estimaciones cuantitativas se realizaron usando la técnica de sedimentación de Utermohl en conjunción con un microscopio invertido; el conteo se hizo por revisión de 10 campos escogidos al azar en cada una de tres cámaras de sedimentación por muestra con el objetivo de 40X, según las recomendaciones de Margalef (1983).



Mapa 2. Localización de las estaciones de muestreo.

Las muestras para los análisis de fitoplancton - fueron tomadas en las estaciones encerradas en un círculo. En las estaciones V, VI y VII, se tomaron dos muestras intermedias para el muestreo de los parámetros físico-químicos.

Las muestras para los análisis químicos se tomaron con la misma botella en tres niveles de profundidad en las estaciones I a IV, VIII y IX (superficie, media y fondo) dado que en éstas se presenta una profundidad promedio de 3 m y en cuatro niveles en las estaciones V, VI y VII (superficie, dos intermedias y fondo) en las que la profundidad máxima varía alrededor de los 6 m, procurando hacer coincidir el muestreo de los tres primeros niveles con los de las demás estaciones.

En la zona de muestreo se registraron los siguientes parámetros :

Transparencia, con el disco de Secchi,

Profundidad, mediante una sonda marcada en metros,

Temperatura, con termómetro de mercurio marca Griffin, graduado de - 5 a 50 °C, con precisión de 0.2 °C,

pH, con un potenciómetro marca Corning, con precisión de 0.01 unidades,

Oxígeno disuelto, con el método de Winckler modificado por Carrut y Carpenter (Strickland y Parsons, 1972) y

Dióxido de Carbono libre, con el método titrimétrico (A.P.H.A., 1980).

Se tomaron muestras adicionales en botellas de plástico de 500 ml y éstas fueron conservadas en hielo para su procesamiento en el laboratorio donde se realizaron los siguientes análisis :

Alcalinidad, por titulación con ácido sulfúrico 0.02 N e indicadores de fenoftaleína y naranja de metilo,

Dureza total, por titulación con EDTA 0.01 M e indicador negro de eriocromo-T (ambos según A.P.H.A., 1980),

Amonio, con la técnica del fenol-hipoclorito de acuerdo con Solórzano (1969),

Nitritos, con reactivos de sulfanilamida y N-Naftiletendiamina (Benschneider y Robinson, 1952; cit. Rosales, 1980),

Nitratos, con el método anterior siendo previamente reducidos a nitritos en una columna de Cadmio amalgamada con Cobre (Morris y Riley, 1963; cit. Rosales, 1980),



Ortofosfatos, con reactivos de molibdato de amonio, ácido ascórbico y tartrato de antimonio y potasio (de acuerdo al método de Greenfield y Kalber (1955) modificado por Murphy y Riley (1962); cit. Rosales, 1980) y

Fósforo total, con el método anterior, previa digestión de las muestras en autoclave a 15 atm durante 30 minutos con persulfato de potasio y ácido sulfúrico (Rosales, 1980).

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica cercana a la Laguna (ver Mapa 2).

#### Tratamientos estadísticos.

La mayor parte de los análisis estadísticos fueron realizados con la ayuda de una computadora Onix C5000 - XI en la Unidad de Informática de la E.N.E.P. Zaragoza.

Los análisis tuvieron como finalidad investigar si existían o no, estadísticamente, diferencias significativas en la distribución vertical y en algunos casos temporal del fitoplancton y de los parámetros físico-químicos muestreados a través de la ponderación de sus promedios.

Con el fitoplancton, se optó por utilizar métodos no paramétricos (test de Kruskal-Wallis) a fin de evitar cualquier tipo de transformación a los datos que pudiera complicar posteriormente la interpretación de los resultados.

Para los parámetros físico-químicos, se utilizó Análisis de Varianza (ANOVA), después de haber comprobado la homocedasticidad (igualdad de varianzas) y el ajuste a la Normalidad de los datos a través de las pruebas F de Snedecor y de Kolmogorov-Smirnov, respectivamente. En los casos de desigualdad de varianzas, se aplicó un ANOVA especial con sumas de cuadrados y cuadrados medios ponderados (Sokal y Rohlf, 1979).

Una vez obtenida la significancia del ANOVA o del test de Kruskal-Wallis, se realizaron comparaciones múltiples entre medias por medio de la prueba de Scheffé y alternativamente, la de Student-Newman-Keuls, esta última de manera preferente con los datos de fitoplancton y confirmatoria con los de los

parámetros físico-químicos.

Para el análisis de las fluctuaciones estacionales de las especies de fitoplancton, se obtuvieron los coeficientes de variación y de asimetría (Remington y Schork, 1977) cuya interpretación se hizo directamente de los valores obtenidos.

## RESULTADOS

### FITOPLANCTON

#### Composición :

La comunidad fitoplanctónica limnética de la Laguna de Amela está compuesta de 58 especies, predominando las cianofíceas, seguidas por las diatomeas, las clorofíceas. Las pirrofitáceas y finalmente las euglenofíceas.

La lista taxonómica de las especies determinadas se expone en las tres siguientes páginas. La clasificación se ha hecho en base al criterio de Bourrelly (1968, 1970 y 1972). En la misma, se ha indicado cuales de estas especies aparecen como nuevos reportes para México, de acuerdo a la revisión hecha por Ortega (1984) y por Margain (com. per.).

La descripción morfológica y la representación gráfica de estas especies se da a partir de la página 17 junto con la bibliografía utilizada para su determinación. Las descripciones son importantes para el reconocimiento taxonómico preciso de las especies. Solo se hace mención de la sinonimia en los casos en que se encontró reportada.

Los géneros representativos de las cianofíceas son : Oscillatoria, Aphanizomenon, Lyngbya, Merismopedia y Spirulina. En las diatomeas los géneros : Dictiosphaerium, Scenedesmus y Ankistrodesmus y en las Euglenofíceas el género Phacus. Hay un solo género para las pirrofitáceas: Peridinium y uno solo en las xantofíceas: Ophocytium.

LISTA TAXONOMICA

Arreglo sistemático según Bourrelly (1968, 1970 y 1972)

División: CYANOPHYTA

Clase: Cyanophyceae

Subclase: Coccogonophycidae

Orden: Chroococcales

Familia: Chroococcaceae

Especies: Synechocystis aquatilis

Merismopedia punctata

Merismopedia tenuissima

Microcystis flos-aquae

Chroococcus turgidus

Subclase: Hormogonophycidae

Orden: Nostocales

Familia: Nostocaceae

Especies: Anabaena sp.

\* Aphanizomenon gracile

Familia: Oscillatoriaceae

Especies: \* Lyngbya contorta

Lyngbya limnetica

Lyngbya sp.

Oscillatoria amphigranulata

Oscillatoria annae

Oscillatoria limnetica

Oscillatoria subbrevis

Oscillatoria sp-1

Oscillatoria sp-2

Spirulina laxissima f. major ?

División: CHLOROPHYTA

Clase: Chlorophyceae

Subclase: Chlorophycidae

Orden: Chlorococcales

Familia: Chlorococcaceae

Especie: Tetraedron caudatum

\* Nuevas especies reportadas para México.

Familia: Oocystaceae

Especies: Oocystis lacustris  
Ankistrodesmus fusiformis  
Ankistrodesmus spiralis  
Monoraphydium arcuatum  
Monoraphydium contortum  
\* Monoraphydium tortile

Familia: Dictyosphaeriaceae

Especie: Dictyosphaerium pulchellum

Familia: Scenedesmaceae

Especies: Scenedesmus acuminatus var. minor  
\* Scenedesmus lunatus  
Scenedesmus quadricauda var. maximus  
Crucigenia tetrapedia

Familia: Hydrodictyaceae

Especie: Pediastrum duplex var. duplex  
Pediastrum simplex var. simplex  
Pediastrum tetras

Orden: Syngnematales

Familia: Desmidiaceae

Especies: Euastrum sp.  
Staurastrum tetracerum

Division: XANTOPHYTA

Clase: Xantophyceae

Orden: Mischococcales

Familia: Sciadaceae

Especie: Ophyocytium capitatum

Division: PYRROPHYTA

Clase: Dinophyceae

Subclase: Dinophycidae

Orden: Peridiniales

Familia: Peridiniaceae

Especie: Peridinium cinctum

\* Nuevas especies reportadas para México.

División: EUGLENOPHYTA  
Clase: Euglenophyceae  
Orden: Euglenales  
Suborden: Eugleninea  
Familia: Euglenaceae

Especies: Euglena acus  
Phacus curvicauda  
Phacus longicauda  
Phacus tortus

División: CHROMOPHYTA  
Clase: Diatomophyceae  
Subclase: Centrophycideae  
Orden: Coscinodiscales  
Familia: Coscinodiscaceae

Especies: Melosira granulata  
Cyclotella meneghiniana

Subclase: Pennatophycideae  
Orden: Diatomales  
Familia: Diatomaceae

Especie: Synedra ulna

Orden: Naviculales  
Familia: Naviculaceae

Especies: \* Diploneis smithii  
Stauroneis anceps  
Anomoeoneis sphaerophora  
Navicula capitata var. hungarica  
Pinnularia viridis  
Cymbella minuta

Suborden: Surirellinea  
Familia: Nitzchiaceae

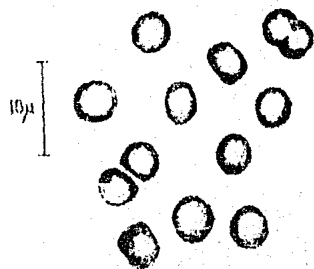
Especies: Nitzchia amphibia  
\* Nitzchia acicularis var. closterioides  
\* Nitzchia gracilis  
\* Nitzchia palea  
\* Nitzchia paleacea  
Nitzchia sp-1  
Nitzchia sp-2  
Nitzchia sp-3

\* Nuevas especies reportadas para México.

Especie: Synechocystis aquatilis  
Sauvageau

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Células esféricas, solitarias o en pares cuando se encuentran en proceso de división; contenido homogéneo de 4 a 5 u de diámetro; colonias de pocas células. 1000X

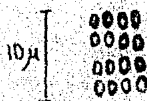


Observaciones: Su multiplicación se favorece a temperatura y pH altos, con abundancia de carbonatos en el Verano.

Especie: Merismopedia tenuissima  
Lemmermann

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Colonias de 16 células empaquetadas de forma plana; de 8 u de largo por 6 u de ancho; células subsféricas de 1 a 1.5 u de diámetro; color azul-verde pálido. 1000X

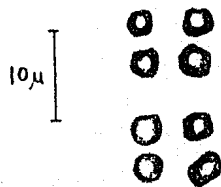


Observaciones: su mayor abundancia se registró a 1.5 m, donde la penetración de la luz es baja; y a un pH de 8.2, en Primavera.

Especie: Merismopedia punctata  
Meyen

Bibliografía: Desikachary, 1959

Descripción: Colonia de ocho células, de 18 u de largo y 10 de ancho; células esféricas o subesféricas, sin vacuolas de gas, color azul-verde pálido, de 2.5 a 2.9 u de diámetro. 1000X



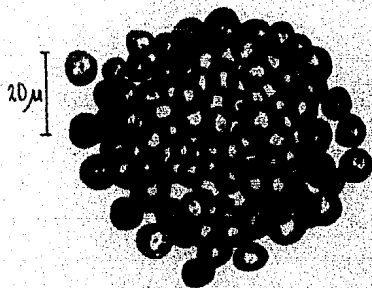
Observaciones: se multiplicaron al aumentar los carbonatos, el pH y los nitratos, en el Verano.

Especie: Microcystis flos-aquae  
(Wittrock) Kirchner

Bibliografía: Desikachary, 1959

Sinonimia: M. aeruginosa f. flos-aquae (Wittrock) Elenkin; Anacystis cyanea (Kützing) Drouët & Vailly.

Descripción: Células esféricas, en colonias redondeadas de 74-78 u de diámetro; células de 5-7 u de diámetro, con vacuolas de gas y sin vaina evidente. 400X

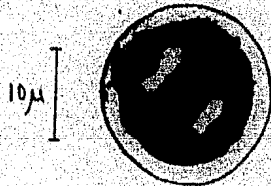


Observaciones: baja abundancia.

Especie: Chroococcus turgidus  
(Kützing) Nageli

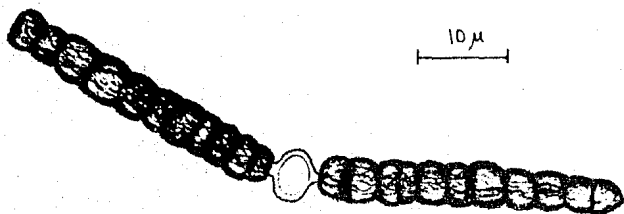
Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Colonias de dos células que miden de 14 a 18 u de diámetro; presentan una matriz hialina gelatinosa; las células son hemisféricas, de 8 u de diámetro; de color azul-verde brillante. 1000X



Observaciones: especie rara.



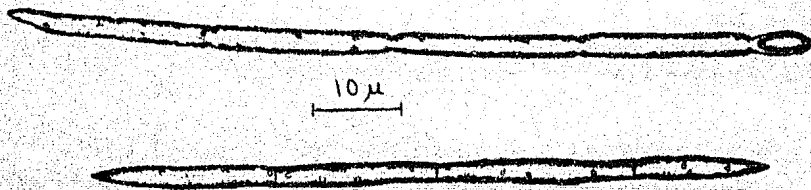


Especie: *Anabaena* sp.

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Tricomas uniformemente anchos en toda su longitud excepto en los ápices, donde están ligeramente atenuados; células tan largas como anchas de 3-5 u; vaina ausente; heterocistos ovalados de 3 u de ancho y 5 u de largo, intercalares; sin esporas, por lo que no fue posible la determinación de la especie. 1000X

Observaciones: especie rara.

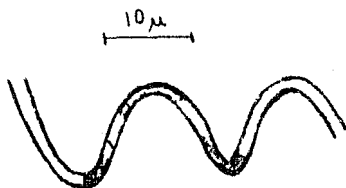


Especie: *Aphanizomenon gracile* Lemmermann

Bibliografía: Fjerdingsstad, 1966.

Descripción: Tricomas rectos de 2 a 2.5 u de ancho, atenuados en los extremos; generalmente, con un heterocisto terminal oval en la base y atenuado en su extremo distal, de 2 a 3 u de ancho y 5 a 9 u de largo, muchos carecen de éste y algunos presentan un heterocisto en cada extremo del tricoma; células de (5)-12-16-(28) u de largo; tricoma - hasta de 200 u de largo; con vacuolas de gas en densidad variable. 1000X

Observaciones: se distribuye homogéneamente en la zona fótica; mayor abundancia en Verano a pH y dureza altos y baja concentración de nutrientes.



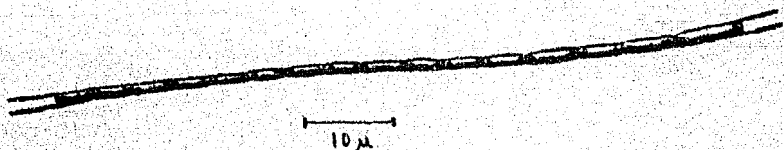
Especie: Lyngbya contorta Lemmermann

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Filamento simple en espiral, azul-verde pálido, sin gránulos evidentes; células de 1 u de ancho y 4-5 u de largo; células terminales con extremos redondeados; vaina corta, transparente, no lamelada, proyectada más allá de las células terminales; paredes no constreñidas.

1000X

Observaciones: mostró crecimiento explosivo en Verano, bajo condiciones de temperatura y pH moderados, baja dureza y abundancia de nutrientes.



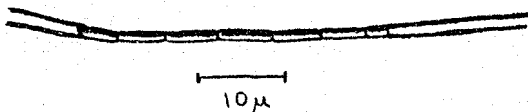
Especie: Lyngbya limnetica Lemmermann

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Filamentos rectos, simples, de 1-1.5 u de ancho; células de 2.5-5 u de largo; septos transversales ligeramente constreñidos; con o sin un gránulo en cada lado de los septos; células terminales no atenuadas, redondeadas; vaina delgada, incolora; color azul-verde pálido.

1000X

Observaciones: mantuvo una abundancia moderada durante los cinco muestreos; su mayor desarrollo se registró en Primavera a temperatura y pH moderados y baja concentración de nutrientes.



Especie: Lyngbya sp.

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Filamentos rectos, simples, flotando libremente, de 1 u de ancho; células de 5-8 u de largo, con constricciones evidentes, células terminales no atenuadas, redondeadas; contenido celular homogéneo; vaina delgada e incolora. Su determinación no fué posible debido a que no coinciden en su relación largo-ancho, con las especies reportadas. 1000X

Observaciones: abundancia moderada en los cinco muestreos.



Especie: Spirulina laxissima f. major ?

(West, G. S.) Desikachary

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Tricomas cilíndricos de 1-1.5 u de diámetro, sin vaina; espirales separadas de 4-5 u, de 6 u de ancho; células terminales redondeadas; contenido celular homogéneo, sin vacuolas de gas. 1000X

Observaciones: crecimiento explosivo en Primavera a temperatura y pH moderados y baja concentración de nutrientes.



10  $\mu$

Especie: Oscillatoria amphigranulata Van Goor

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Tricomas rectos, evidentemente constreñidos en las paredes transversales, de 1.5 u de diámetro, extremos no atenuados, no capitados; células de 9-10 u de largo, - con una vacuola de gas a cada lado de los septos; células terminales redondeadas; sin caliptra, color azul-verde pálido. 1000X

Observaciones: incrementó su abundancia en el Verano, en condiciones de pH y dureza altos y baja concentración de nutrientes.



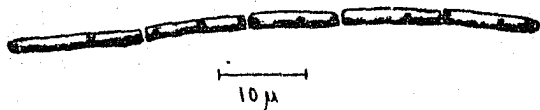
10  $\mu$

Especie: Oscillatoria annae Van Goor

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Tricomas cilíndricos, rectos, constreñidos en sus paredes, de 150 u de largo; las células individuales miden de 3-5 u de largo x 9 u de diámetro; las células terminales diferentes en tamaño de 7 u de largo x 7 u de ancho y con extremos redondeados; sin granulaciones evidentes; - color azul-verde pálido. 1000X

Observaciones: especie rara.



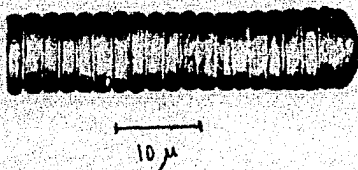
Especie: Oscillatoria limnetica Lemmermann

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Sinonimia: Oscillatoria splendida var. limnetica (Lemmermann) Playfair

Descripción: Tricomas rectos, evidentemente constreñidos; células de 5-8.5 veces más largas que anchas, de 10 a 17 u de largo y 1-2 u de ancho; células atenuadas; no capitadas; las células terminales redondeadas, sin caliptra; color azul-verde pálido. 1000X

Observaciones: su multiplicación fue favorecida en condiciones de baja concentración de nutrientes en Primavera, a temperatura y pH moderados, aunque mantiene una alta abundancia en otras condiciones.



Especie: Oscillatoria subbrevis Schmidle

Bibliografía: Desikachary, 1959.

Descripción: Tricomas rectos, cilíndricos, de 8 u de diámetro; células más anchas que largas, de 2 u de largo y 9 u de ancho; células terminales truncado cónicas. 400X

Observaciones: especie rara.



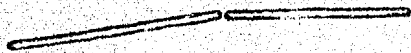
Especie: Oscillatoria sp-1

Bibliografía: Desikachary, 1959; Geitler, 1932.

Descripción: Tricomas rectos, sin constricciones evidentes, de 20-35 u de largo x 1 u de diámetro; las células miden de 11-25 u de largo; células terminales con extremos redondeados; vacuolas de gas a lo largo de todo el tricoma; color azul-verde pálido. No se determinó la especie, debido a que las dimensiones de las células no coincidieron con las de las especies reportadas en la bibliografía.

1000X

Observaciones: alta abundancia en todos los muestreos.



Especie: Oscillatoria sp-2

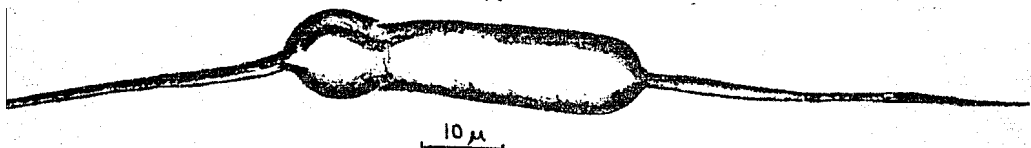
Bibliografía: Desikachary, 1959; Geitler, 1932.

Descripción: Tricomas rectos de color azul-verde pálido, de 40-50 u de largo y de aproximadamente 0.7 u de diámetro; células mucho más largas que anchas de 20-25 u de largo x 0.5-0.7 u de ancho; sin vacuolas de gas; células terminales con extremos redondeados. No se determinó la especie, debido a que las dimensiones de las células no coincidieron con las de las especies reportadas en la bibliografía.

1000X

Observaciones: alta abundancia en todos los muestreos.

XANTOPHYTA



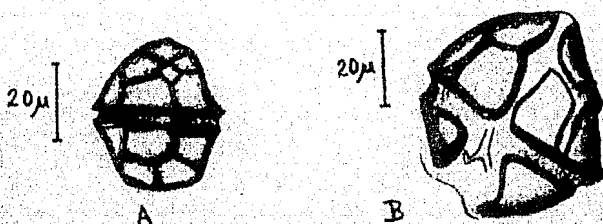
Especie: Ophyocytium capitatum Wolle

Bibliografía: Prescott, 1962.

Descripción: Células cilíndricas, casi rectas, con dos polos cada uno con una espina; células de 5-10 u de diámetro; largo del cuerpo: 27-42 u; largo de las espinas: 28-40 u.  
400X

Observaciones: especie rara.

PYRRHOPHYTA



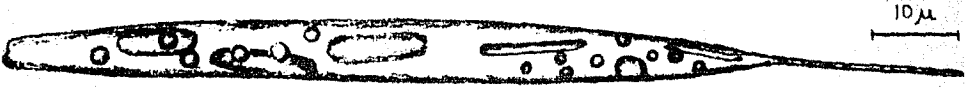
Especie: Peridinium ainctum (Mueller) Ehrenberg

Bibliografía: Prescott, 1962.

Descripción: Células globosas u ovoides en vista ventral, surco transversal ancho, placas gruesas y reticuladas burdamente; epicono alto y redondeado ampliamente; epiteca con 4 placas apicales, 5 intercalares y 7 precingulares; hipocono ampliamente redondeado en su parte posterior; hipoteca con 5 placas postcingulares y 2 antepicales; células de 40-60 u de largo x 35-58 u de ancho.  
A.- vista dorsal, 400X; B.- vista ventral, 400X.

Observaciones: se presentó con mayor abundancia en condiciones de pH, dureza y carbonatos altos y a bajas intensidades de luz (1.5 m) en Invierno.

EUGLENOPHYTA



Especie: Euglena acus Ehrenberg

Bibliografía: Prescott, 1962.

Descripción: Células elongadas en forma de espina, rematadas posteriormente en una punta larga y fina; la parte anterior es angosta y redondeada; contiene numerosos cloroplastos - discoïdales y dos o más cuerpos de paramylon; aproximadamente de 6 u de ancho y hasta más de 100 u de largo. 1000X

Observaciones: apariciones esporádicas durante los cinco muestreos, mostró un ligero incremento en el Verano.

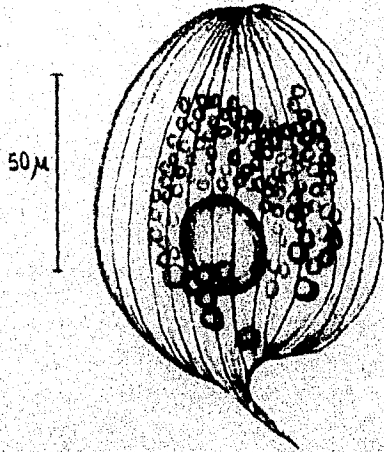
Especie: Phacus curvicauda

Swireenko

Bibliografía: Prescott, 1962.

Descripción: Células ovoides a subsféricas, con una cauda curvada, rígida y corta en su parte posterior; redondeada en su parte anterior; periplasto longitudinalmente estriado; paramylon discoïdal rodeado de numerosos cloroplastos; de 115 u de largo y 70 u de ancho. 400X

Observaciones: apareció esporádicamente en todos los muestreos y mostró un ligero aumento en la época de lluvias (Verano).





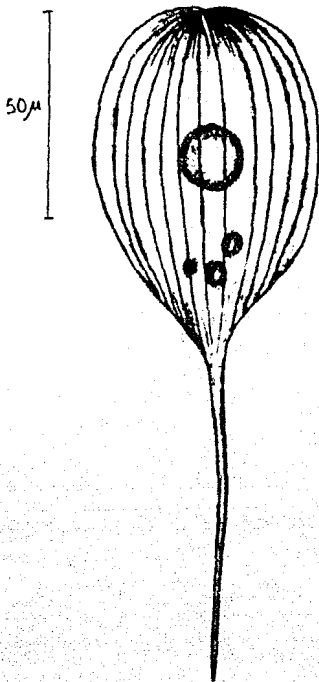
Especie: Phacus longicauda

(Ehrenberg) Dujardin

Bibliografía: Prescott, 1962.

Descripción: Células ovoides a piriiformes, rematadas gradualmente hacia una cauda larga, recta y aguda en la parte posterior y redondeadas en la parte anterior; periplasto longitudinalmente estriado; paramilum circular; células de 150 u de largo total y 60 u de ancho. 400X

Observaciones: especie rara.



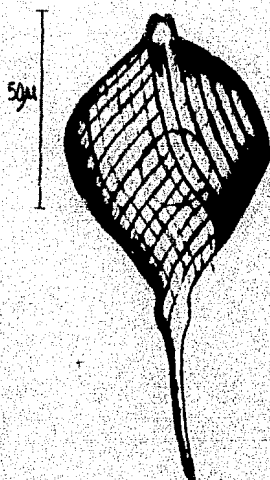
Especie: Phacus tortus

(Lemmermann) Skvortzow

Bibliografía: Prescott, 1978.

Descripción: Células ovoides a piriiformes, rematadas gradualmente hacia una cauda larga, recta y aguda en la parte posterior; con una pequeña protuberancia bifurcada en la parte anterior; periplasto longitudinalmente estriado; paramilum discoidal; de 118 u de largo total y 53 u en su parte más ancha. 400X

Observaciones: especie rara.



Especie: Tetraedron caudatum

(Corda) Hansgirg

Bibliografía: Komarek J. und B.  
Fott, 1983.

Sinonimia: Poliedrum pentagonum  
Reinsch

Descripción: Células planas de cinco lados, los ángulos redondeados y rematados; los lados entre los ángulos son cóncavos; con un istmo profundo en su parte posterior; de 8-10  $\mu$  en su máxima longitud, con una espina corta y aguda en cada uno de sus lados. 1000X



Observaciones: su crecimiento se favoreció en Verano, a temperatura, pH y dureza altos y baja concentración de nutrientes.

Especie: Oocystis lacustris

Chodat

Bibliografía: Komarek J. und B.  
Fott, 1983.

Sinonimia: Oocystis minima Lagerh  
O. arvenensis Chodat; O. exigua  
Van Gool; O. mongolica Antipova

Descripción: Colonias elipsoidales, asimétricas; de dos a cuatro células de 6.4-11.2  $\mu$  de largo x 3.2-6.4  $\mu$  de ancho, rodeadas de una matriz gelatinosa laxa. 1000X



Observaciones: su crecimiento se favoreció en Verano a temperatura, pH y dureza altos y baja concentración de nutrientes.

Especie: Ankistrodesmus fusiformis

Corda sensu Korsikov

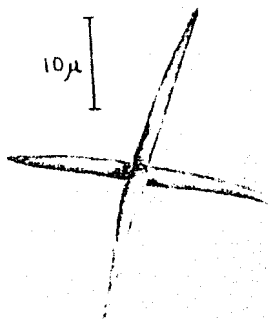
Bibliografía: Komárková-Legnerová,  
1969

Sinonimia: Raphidium fasciculatum  
Kützling sensu Nageli; R. polymor-  
phum var. aciculare (Fries) A. Braun

Descripción: Células cilíndricas, -  
rectas, disminuyendo gradualmente  
hacia las puntas. Las células for-  
man colonias cruciformes de dos -  
células. Sus dimensiones son: 34-  
35 u de longitud y 2 u de ancho -  
en el centro de las células.

1000X

Observaciones: solo apareció en baja  
abundancia en Invierno.



Especie: Ankistrodesmus spiralis

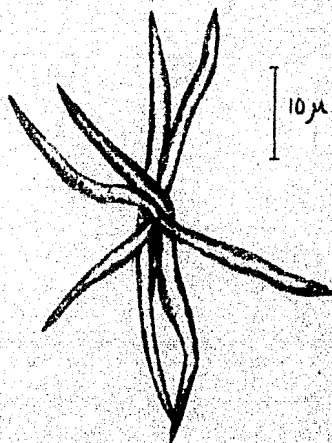
(Turner) Lemmermann

Bibliografía: Komárková-Legnerová,  
1969.

Sinonimia: Raphidium spirale Turner;  
R. turneri (W. West & G. S. West)  
Bernard; Ankistrodesmus falcatus  
var. spiralis (Turner) G. S. West.

Descripción: Células ligeramente ci-  
lindricas, elongadas, disminuyen-  
do gradualmente hacia las puntas,  
de 45-50 u de largo x 2-3 u de an-  
cho. Las células se encuentran -  
agrupadas en colonias de cuatro a  
seis células enrolladas en espi-  
rales. 1000X

Observaciones: especie rara.



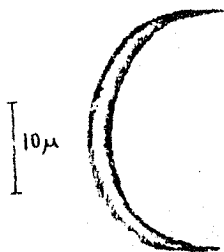
Especie: Monoraphidium arcuatum

(Korsikov) Hindák

Bibliografía: Komárková-Legnerová,  
1969.

Descripción: Células lunadas, disminuyendo gradualmente hacia los extremos y rematando en punta, de 35-38 u de longitud y 2-3 u de ancho. Contenido celular homogéneo. 1000X

Observaciones: baja abundancia, con un ligero aumento en Verano.



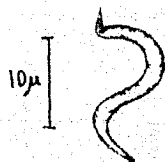
Especie: Monoraphidium contortum

(Thuret) Brebisson

Bibliografía: Komárková-Legnerová,  
1969.

Descripción: Células fusiformes, helicoidalmente espiraladas de 15-17 u de largo y 1.5 u de ancho. 1000X

Observaciones: mostró dos picos de abundancia: uno, en Invierno y otro en Primavera, en condiciones similares de temperatura, pH y dureza y baja concentración de nutrientes.



Especie: Monoraphidium tortile

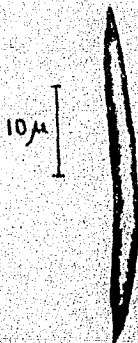
(W. West & G. S. West)

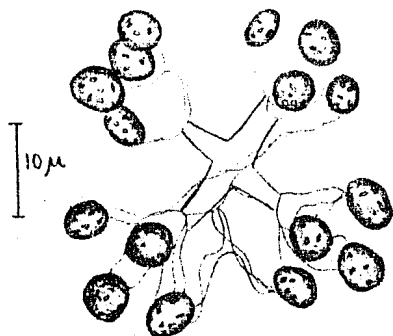
Komárková-Legnerová

Bibliografía: Komárková-Legnerová,  
1969.

Descripción: células fusiformes, con extremos atenuados y rematados en punta, sin estructuras internas evidentes; de 35 u de longitud x 2 u de ancho. 1000X

Observaciones: baja abundancia, con un ligero aumento en Verano.





Especie: Dictyosphaerium pulchellum var. pulchellum

(Wood) Komarek et Perman

Bibliografía: Komarek J. und B. Fott, 1983.

Sinonimia: Dictyosphaerium globosum var. pulchellum P. Richter

Descripción: Colonias irregulares compuestas de cuatro a dieciséis células esféricas, arregladas en series de cuatro sobre una ramificación dicotómica, inmersas en un mucílago; células de 5-6 u de diámetro; cada célula unida a las otras tres, por medio de tractos gelatinosos. 1000X

Observaciones: mantiene una abundancia moderada durante los cinco muestreos. Las condiciones de Primavera favorecieron un incremento.



Especie: Crucigenia tetrapedia (Kirchner) W. West & G. S. West

Bibliografía: Komarek J. und B. Fott, 1983.

Sinonimia: Staurogenia tetrapedia Kirchner; Tetrapedia kirchneri Lemmermann; Lemmermannia tetrapedia (Kirchner) Lemmermann; Crucigenia excavata Conrad

Descripción: Cenobios de cuatro células arreglados en forma cuadrada, la longitud de la colonia es hasta de 12 u en cada uno de los lados; las células miden de 10-12 u de largo y de 4.5-6.5 u de ancho. 1000X

Observaciones: aparece durante los cinco muestreos con baja abundancia.

Especie: Scenedesmus acuminatus  
var. minor G. M. Smith

Bibliografía: Komarek J. und B.  
Fott, 1983.

Sinonimia: Sc. falcatus Chodat

Descripción: Cenobios de cuatro células fusiformes, las células internas asimétricas, las externas lunadas; pared celular lisa sin espinas ni dientes; de 16 - 20 u de longitud x 2.5 u de diámetro. 1000X



Observaciones: aparece durante los cinco muestreos con baja abundancia.

Especie: Scenedesmus lunatus

(W. West & G. S. West) Chodat

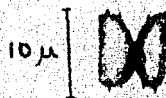
Bibliografía: Komarek J. und B.  
Fott, 1983.

Sinonimia: Sc. denticulatus var.

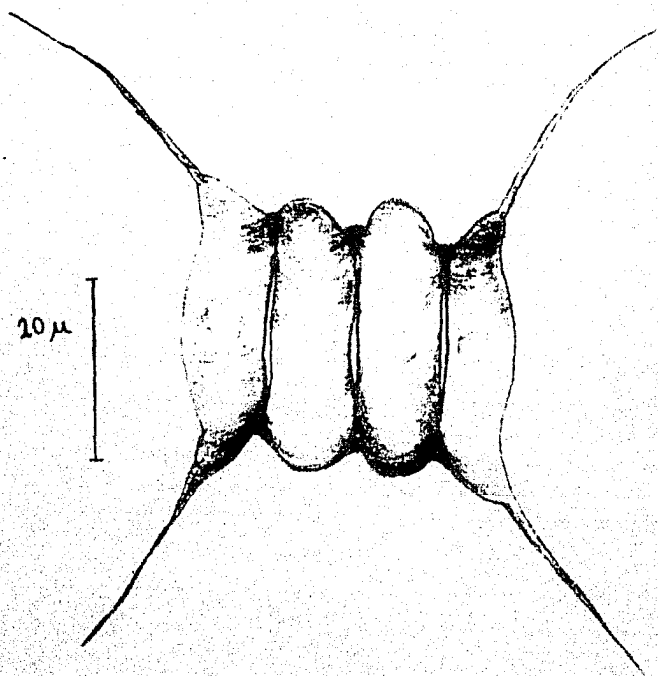
lunatus W. West & G. S. West;

Sc. smithii var. linearis Philippi.

Descripción: Cenobios de dos células dispuestas en serie de 10 u de longitud y 8 u de ancho; células de forma elíptica semilunadas; los ápices de las células con tres dientes; células de 8-10 u de largo y 3.5-4 u de diámetro. 1000X



Observaciones: se mantuvo con ligeras variaciones de abundancia a través de los muestreos.



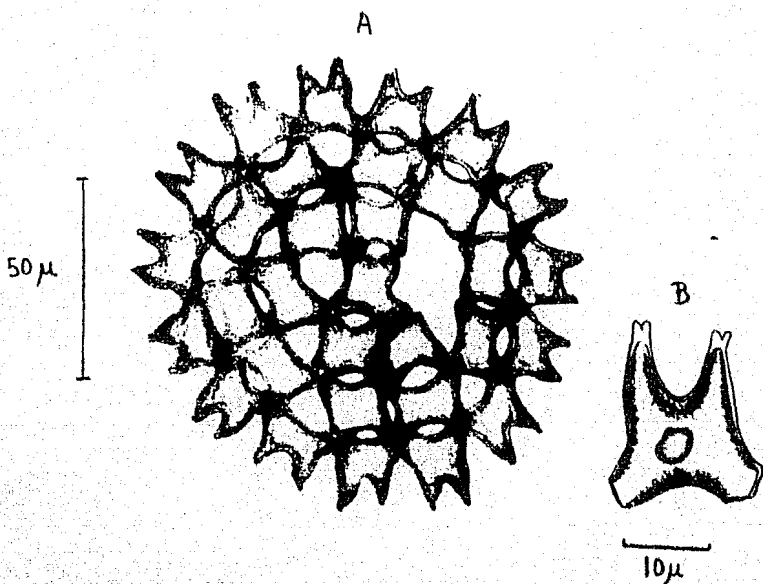
Especie: Scenedesmus quadricauda var. maximus

W. West & G. S. West

Bibliografía: Uherkovich, 1966.

Descripción: Cenobios de cuatro células en serie horizontal, células cilíndrico-ovoides con los extremos redondeados, - polos de las células externas con largas espinas, células internas sin espinas, de 26-32 u de largo y 10 u de diámetro; espinas de 25-28 u de longitud. 1000X

Observaciones: aparece en Invierno y Verano en baja abundancia.



Especie: *Pediasstrum duplex* var. *duplex* (Meyen) Parra Barrientos

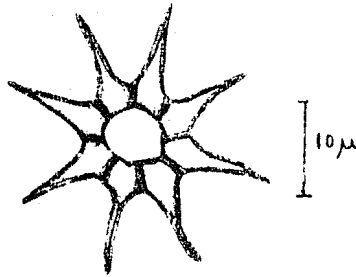
Bibliografía: Komárek J. und B. Fott, 1983.

Sinonimia: *P. pertusum* Kutzing; *P. napoleonis* Ralfs; *P. diodom* Corda; *P. limneticum* Thunm.

Descripción: Cenobios esféricos de 16-32 células; las células periféricas de 15-35  $\mu$  de longitud x 16-25  $\mu$  de ancho; las células centrales de 6-10  $\mu$  de longitud x 15-22  $\mu$  de ancho. Las células periféricas con una profunda invaginación que separa dos proyecciones lobuladas; presenta perforaciones entre las células. A- cenobio, 400X; B- detalle, 1000X

Observaciones: especie rara.





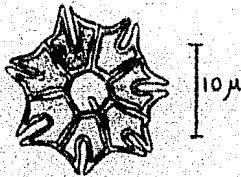
Especie: Pediastrum simplex var. simplex (Meyen) Parra Barrientos

Bibliografía: Komarek J. und B. Fott, 1983.

Sinonimia: Pediastrum ovatum Ehrenberg; P. triangulum Ehrenberg; P. duodenarium (Bail) Rabenhorst; P. enoplon W. West & G. S. West; P. clathratum (Schrot) Lemmermann.

Descripción: Cenobios de ocho células, todas ellas periféricas de 24-30 u de longitud x 12-16 u de ancho, con una sola proyección. Presenta una perforación central. 1000X

Observaciones: especie rara.



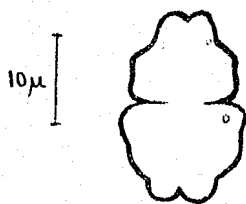
Especie: Pediastrum tetras (Ehrenberg) Ralfs

Bibliografía: Komarek, J. und B. Fott, 1983.

Sinonimia: Pediastrum rotula Kützinger; P. ehrenbergii (Corda) A. Braun; P. incavatum Turner

Descripción: Cenobios esféricos formados de ocho células, siete periféricas y una central; las células miden de 8-12 u de longitud x 4-6 u de ancho; en el margen exterior de las células se presentan dos proyecciones y una profunda incisión; sin perforaciones entre las células. 1000X

Observaciones: especie rara.



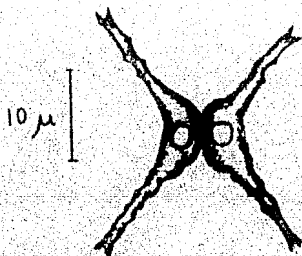
Especie: Euastrum sp.

Bibliografía: Prescott, 1977.

Descripción: Dos semicélulas pequeñas, cuadrangulares en su línea exterior, lobulos basales y polares ampliamente redondeados, los márgenes apicales biconvexos con una ligera invaginación; sinus estrecho y cerrado; 15 u de ancho y 20.5 de largo. No fué posible verlo en sus vistas lateral y vertical, por lo que no se determinó la especie.

1000X

Observaciones: especie rara.



Especie: Staurastrum tetracerum Ralfs

Bibliografía: West, W. & G. S. West, 1923.

Descripción: Dos hemicélulas, cada una con dos apéndices, los cuales rematan en dos o tres espinas cada una; células de 1.5 a 2.5 veces más largas que anchas excluyendo los procesos, con una constricción moderadamente profunda. Longitud con procesos: 22-28 u; sin procesos: 8-10 u; ancho del istmo: 4-6 u.

1000X

Observaciones: especie rara.

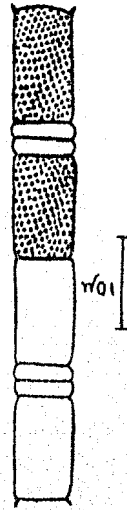
Especie: Melosira granulata

(Ehrenberg) Ralfs

Bibliografía: Hustedt, 1930.

Descripción: Células individuales cilíndricas en toda su longitud, su diámetro es de 6-8  $\mu$  y su altura de 23-25  $\mu$ ; sulcus estrecho pero agudo; valvas con dientes marginales cortos; estrias punteadas diagonalmente; con dos anillos no punteados en medio de las valvas celulares. 1000X.

Observaciones: baja abundancia; su desarrollo se favorece en condiciones de baja temperatura (27-29 °C), pH bajo, mayor concentración de bicarbonatos y disponibilidad de nutrientes en el Verano.



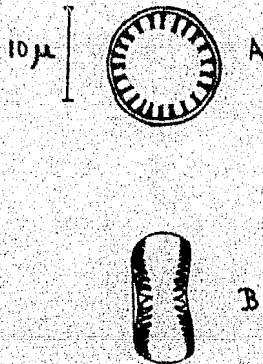
Especie: Cyclotella meneghiniana

Kützling

Bibliografía: Hustedt, 1930.

Descripción: Células circulares en vista valvar, de 10 a 30  $\mu$  de diámetro; cilíndricas en vista cingular, con 7 a 9 estrias en 10  $\mu$ ; de 5-12  $\mu$  de diámetro; zona central sin ornamentaciones. A- vista valvar, 1000X; B- vista cingular, 1000X.

Observaciones: especie rara.



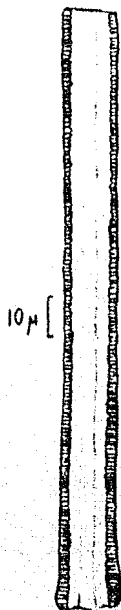
Especie: Synedra ulna (Nitzsch)  
Ehrenberg

Bibliografía: Patrick, 1966.

Sinonimia: Bacillaria ulna Nitzsch;  
Frustulia splendens Kützting; Sy-  
nedra ulna var. lanceolata Gru-  
nov; Synedra ulna var. splendens  
Kützting.

Descripción: Valvas lineares, con -  
area axial estrecha y area cen-  
tral no mucho más larga que ancha  
con frecuencia casi cuadrada. Es-  
trias paralelas de 10-12 en 10 u  
hasta de 320 u y el ancho de 7 -  
14 u. 400X

Observaciones: especie rara.



Especie: Diploneis smithii

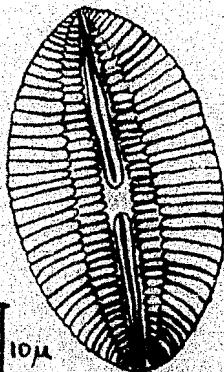
(Brebison) Cleve

Bibliografía: Hustedt, 1930.

Descripción: Valvas elípticas, con  
surcos arqueados, ligeramente cur-  
vados en el filo externo cerca de  
las puntas; nódulo central estre-  
cho; de 30-36 u de longitud y de  
18-23 u de ancho, de 7-10 estrías  
en 10 u, alternadas con hileras -  
dobles oblicuas de alveolos.

1000X

Observaciones: se desarrolla en Vera  
no al incrementarse los nutrientes.

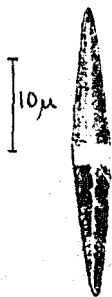


Especie: Stauroneis anceps

Ehrenberg

Bibliografía: Hustedt, 1930.

Descripción: Valvas romboidales con polos redondeados y zona central estrecha, sin estrías; rafe no evidente; su longitud es variable, hasta de 40 u y de 6 u de ancho. 1000X



Observaciones: su desarrollo está relacionado con las temperaturas más altas del año en Primavera y Verano.

Especie: Anomoeoneis sphaerophora

[Kützling] Phitzner

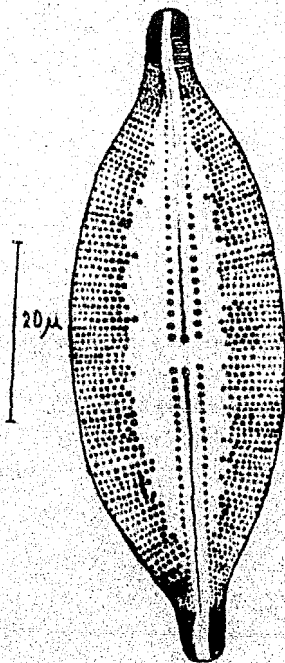
Bibliografía: Hustedt, 1930.

Sinonimia: Navicula sphaerophora

Ehrenberg

Descripción: Valvas elípticas-lanceoladas, con extremos rostrados a capitados; márgenes convexos frecuentemente subparalelos en la porción media de la valva; - area axial lineal bordeada por una simple hilera de puntos.

Rafe distal, con extremos largos estrías ligeramente radiadas a través de toda la valva excepto en los extremos donde son paralelas, el punteado se hace más espaciado hacia el centro axial formando líneas longitudinales irregulares. Estrías de 12-13 - en 10 u; longitud de 68-72 u y ancho de 20-24 u. 1000X



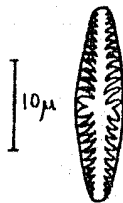
Observaciones: especie rara.

Especie: Navicula capitata var.  
hungarica (Grunov) Ross

Bibliografía: Patrick, 1966.

Sinonimia: Navicula hungarica  
Grunov

Descripción: Valvas linear-lanceoladas a rómbico-lanceoladas con extremos ampliamente redondeados, área axial pequeña formada por estrias medias más cortas que las otras, estrias radiadas a lo largo de toda la valva; 8 estrias en 10 u, en la parte media de la valva; 22 u de largo y 5-8 u de ancho. 1000X



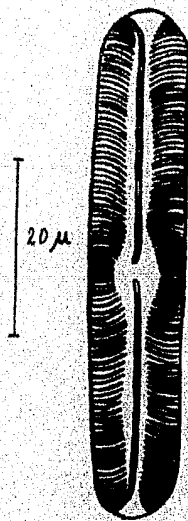
Observaciones: especie rara.

Especie: Pinnularia viridis var.  
conmutata (Grunov) Cleve

Bibliografía: Patrick, 1966.

Sinonimia: Navicula viridis var.  
conmutata Grunov; Pinnularia  
viridis var. fallax Cleve; Na  
vicula viridis var. fallax  
Cleve.

Descripción: Valvas lineares con extremos redondeados, área axial estrecha, de cerca de 1/5 el ancho de la valva. Rafé evidente, linear; fisuras terminales pequeñas pero evidentes; estrias ligeramente paralelas a través de la mayor parte de la valva, casi paralelas en el vientro y paralelas a ligeramente convergentes en los extremos; 12-14 estrias en 10 u; 50-80 u de largo y 9-14 u de ancho. 1000X



Observaciones: especie rara.

Especie: Cymbella minuta Hilse  
ex Rabenhorst

Bibliografía: Patrick, 1966.

Sinonimia: Cymbella ventricosa  
Kützling; Enciconema ventricosum  
Kützling.

Descripción: Valvas fuertemente dorsiventrals; la valva ventral ligeramente cóncava y la dorsal convexa; los polos son ligeramente redondeados; rafe recto, ligeramente arqueado en el centro; el largo de las valvas es de 20-30 u y el ancho de 5-8 u; las estriás son paralelas a lo largo de las valvas y tienen de 12 a 14 en 10 u. 1000X

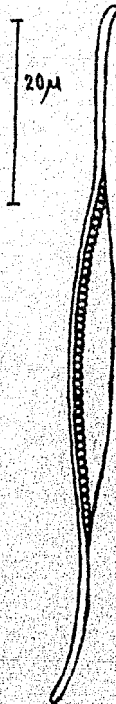


Observaciones: muy baja abundancia, asociada a diversas condiciones físico-químicas.

Especie: Nitzschia acicularis var.  
closterioides (W. Smith) Grunov

Bibliografía: Bourrelly, 1972.

Descripción: Valvas elongadas, ligeramente sigmoidales; solo se distingue una hilera de estriás paralelas cortas sobre solo una de las orillas de la valva; de 70-72 u de largo, 5-10 u de ancho y 10 estriás en 10 u. - 1000X



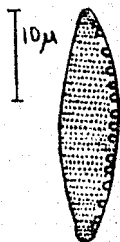
Observaciones: se presenta en Venano con baja abundancia.

Especie: Nitzschia amphibia Grunov

Bibliografía: Hustedt, 1930.

Descripción: Frústulas elípticas a linear-lanceoladas; de 12-50 u de largo y 3-5 u de ancho; - de 7-9 quillas en 10 u; estriás claramente punteadas de 15-19 en 10 u. 1000X

Observaciones: especie rara.



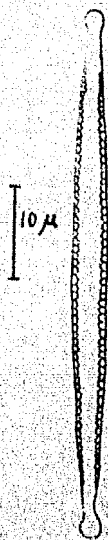
Especie: Nitzschia gracilis Hantzsch

Bibliografía: Hustedt, 1930.

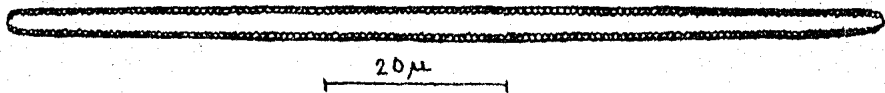
Sinonimia: N. capitellata Hustedt

Descripción: Frústula delgada de forma lanceolada, disminuyendo gradualmente del centro hacia los extremos, puntas más o menos alargadas y en forma de esfera; de 45-110 u de largo y 2-4 u de ancho; quillas muy pequeñas, de 12-16 en 10 u. 1000X

Observaciones: su desarrollo está relacionado con las condiciones físico-químicas imperantes en Primavera.







Especie: Nitzschia linearis var. tenuis (W. Smith) Grunov

Bibliografía: Tiffany, 1952.

Descripción: Frústulas lineares de 3-4 u de ancho x 85-95 u de largo; entre 12-14 quillas en 10 u y aproximadamente 30 estrías en 10 u. 1000X

Observaciones: especie rara.

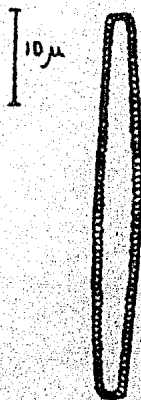
Especie: Nitzschia palea (Kützing)

W. Smith

Bibliografía: Hustedt, 1930

Descripción: Valvas lineares a linear lanceoladas con los cuneados, de 20-65 u de longitud x 2.5-5 u de ancho; de 10-15 quillas en 10 u. 1000X

Observaciones: se desarrolló con abundancia moderada en los cinco muestreos, en condiciones de abundancia de bicarbonatos, amonio y fosfatos.

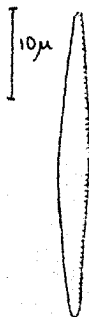


Especie: Nitzchia paleacea Grunov

Bibliografía: Hustedt, 1930.

Descripción: Frústulas lineares con bordes redondeados; las estriás no son evidentes a 1000X; de 13-17 quillas en 10 u; de 10-55 u de largo y 3-5 u de ancho. 1000X

Observaciones: Abundancia moderada durante los cinco muestreos.

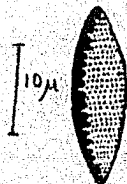


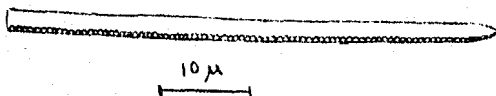
Especie: Nitzchia sp-1

Bibliografía: Hustedt, 1930.

Descripción: Frústulas lineares lanceoladas, de 6 a 8 quillas en 10 u y de 15 a 16 estriás claramente punteadas en 10 u; 6-8 u de ancho y 18-25 u de largo. No se determinó la especie porque sus dimensiones no coincidieron con las reportadas en la bibliografía. 1000X

Observaciones: aparece esporádicamente a bajas temperaturas, en concentraciones altas de nutrientes.



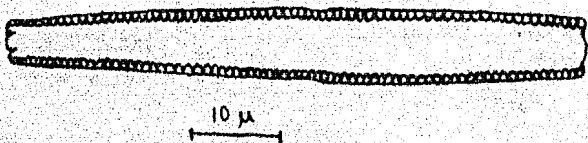


Especie: Nitzschia sp-2

Bibliografía: Bourrelly, 1972.

Descripción: Frústulas lineares muy delgadas de 2-2.5 u de ancho y hasta 90 u de largo; de 12-16 quillas en 10 u. No se determinó la especie porque no fue observada en vista valvar. 1000X

Observaciones: especie rara.



Especie: Nitzschia sp-3

Bibliografía: Bourrelly, 1972.

Descripción: Frústulas lineares con una hendidura muy tenue en la parte media; de 11-12 quillas en 10 u, 60-70 u de largo y 8 u de ancho en su parte media. No fue posible verla en vista valvar, por lo que no se pudo determinar la especie. 1000X

Observaciones: especie rara.

## Abundancia y Distribución:

El fitoplancton en la laguna de Amela, está caracterizado por los siguientes grupos en orden de abundancia: Cyanophyta, 92% > Chromophyta, 3% > Chlorophyta, 2% > Pyrrophyta > Euglenophyta. Esta proporción en los grupos, es más o menos constante a lo largo del año; con la dominancia absoluta de las cianofíceas (fig. 1), dado que sus variaciones estacionales son de poca magnitud.

La tabla A, presenta la relación de las especies de mayor a menor abundancia en número de células/ml. Las muestras que no aparecen en esta tabla, se perdieron a causa de su descomposición antes del conteo. Estas corresponden a Dic. est. I de 1 m; Feb. est. III y IV de 1 m; Feb. est. I a VIII de 1.5 m; y Abr. est. V de 1 m. Por lo que del muestreo de Febrero solo se trabajaron seis muestras y en Diciembre y Abril 11 de las 12 muestras que deberían ser analizadas en cada muestreo. De manera que se manejan los promedios por muestreo, en función del número de datos.

Como puede notarse en esta tabla, las primeras seis especies son algas verde-azules y constituyen el porcentaje mayor de células en todos los muestreos. A partir de Nitzschia paleacea hasta Monoraphidium contortum se presentan abundancias medias y las restantes especies son de menor abundancia, hasta especies "raras" en su gran mayoría.

En la tabla 13-A, se presenta el análisis para las diferencias en abundancia en los tres niveles de profundidad muestreados, usando el test de Kruskal-Wallis. Los resultados obtenidos nos muestran que no hay diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) entre niveles, en ninguno de los muestreos. Es por esta razón que el manejo posterior de los datos se hace en base a promedios mensuales. Bajo este criterio, se ha calculado el porcentaje de abundancia de cada grupo para los cinco muestreos y se presenta en la fig. 1. Las variaciones en el porcentaje de abundancia, se van a analizar posteriormente en el análisis

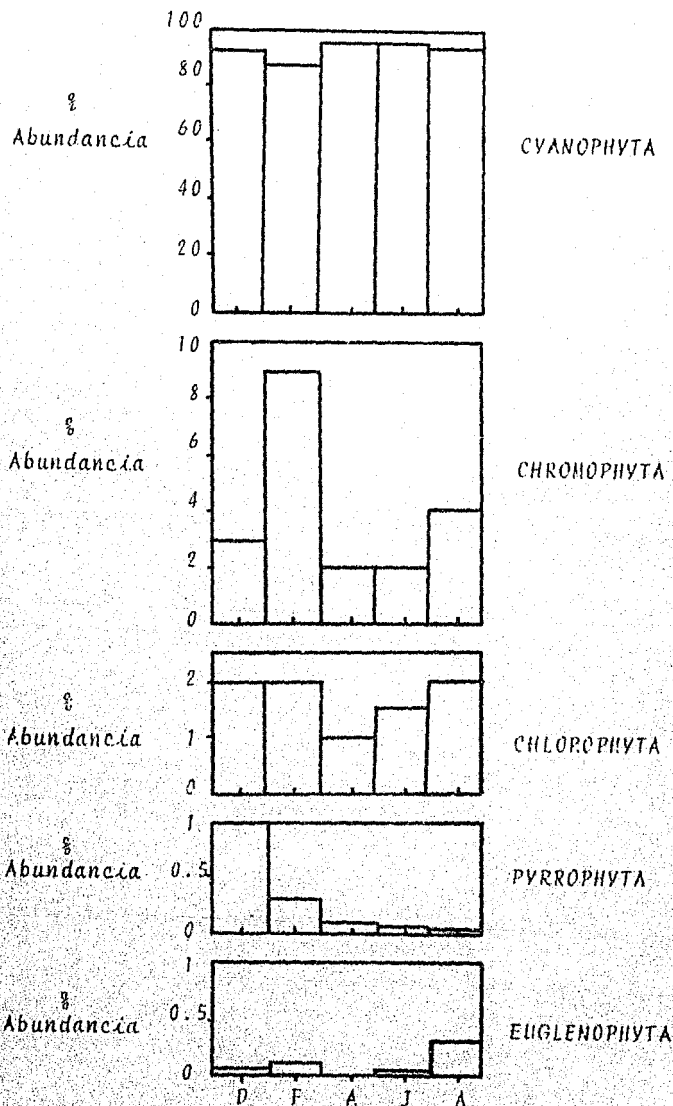


Figura 1. Porcentaje de abundancia de los principales grupos de algas en las aguas superficiales (0-1.5 m) de la laguna de Amela.

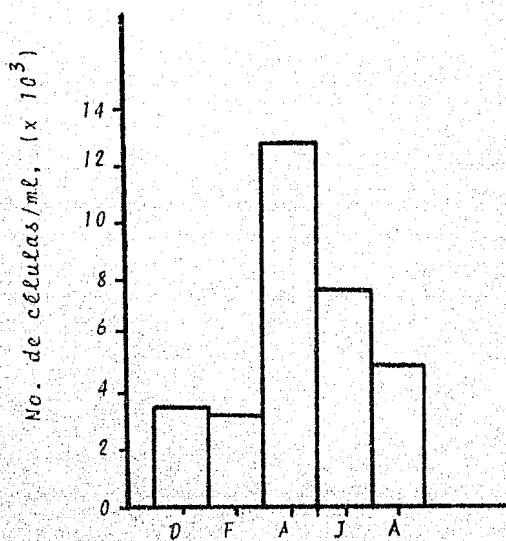


Figura 2. Abundancia media total del fitoplancton, en No. de células/mL de Diciembre de 1984 a Agosto de 1985 en la Laguna de Amela.

Lisis en forma conjunta con los parámetros físico-químicos.

De forma más general, se ha graficado la abundancia media total en No. de células/ml, a fin de facilitar la comprensión de los cambios de densidad a lo largo de los cinco muestreos (fig. 2). En ésta, es notable que la abundancia promedio fue mayor en el mes de Abril con 12 700 células/ml, y hacia antes y después de este mes, la abundancia decreció registrándose la mínima en el mes de Febrero con 3 200 células/ml.

La comparación de estos promedios por meses, reveló diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) en todos los casos, excepto entre Diciembre y Febrero (tabla 14-A) indicando, que de un muestreo a otro, los cambios globales de abundancia fueron de magnitud considerable.

La distribución de las especies de la laguna, es representada en la tabla B de presencia-ausencia en orden de mayor a menor frecuencia de aparición. De esta tabla se observa, que las primeras doce especies aparecen siempre juntas, por lo que puede afirmarse que constituyen una asociación; las demás especies, mantienen cierto grado de relación por su constancia en diferentes estaciones y épocas del año. Tal relación es menor, conforme se avanza hacia la parte inferior de la tabla.

Una manera de cuantificar estas relaciones, es a través de una matriz Q de índices de similitud, que sirve para conocer el grado de relación que hay entre dos estaciones de muestreo en cuanto a su composición de especies. Dicha matriz fue elaborada a partir de la tabla B (fig. 3A).

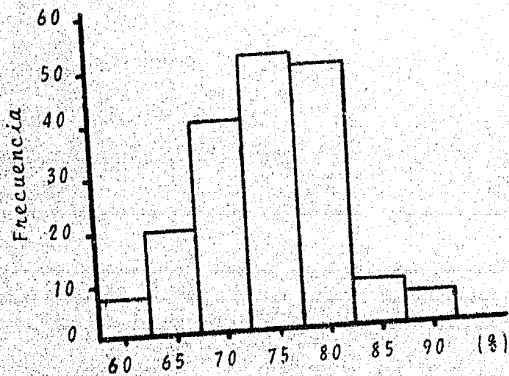
En la matriz Q, se observa, que los índices de similitud calculados son mayores al 60 %, lo que de hecho significa, que la composición de las especies es constante entre estaciones a lo largo del tiempo, independientemente de su abundancia.

El valor promedio para esta matriz, se ubica alrededor del 78%, en una distribución aproximadamente simétrica (fig. 3B). Los valores máximo y mínimo, son de 94% y 62%, respectivamente.

Otra manera de analizar estas relaciones, es a través de

Figura 3. a) Matriz Q. Indices de similitud (en %) entre las distintas muestras de fitoplancton, basados en la tabla de presencia-ausencia.

| DICIEMBRE |    |      | FEBRERO |     |    |      | ABRIL |     |    |      | JUNIO |     |    |      | AGOSTO |     |    |      |      |
|-----------|----|------|---------|-----|----|------|-------|-----|----|------|-------|-----|----|------|--------|-----|----|------|------|
| III       | V  | VIII | I       | III | V  | VIII | I     | III | V  | VIII | I     | III | V  | VIII | I      | III | V  | VIII |      |
| 79        | 76 | 71   | 68      | 71  | 68 | 71   | 70    | 69  | 85 | 62   | 75    | 76  | 77 | 78   | 69     | 82  | 77 | 70   | I    |
|           |    |      | 68      | 67  | 81 | 71   | 70    | 73  | 69 | 77   | 78    | 78  | 63 | 69   | 75     | 77  | 78 | 73   | III  |
|           | 76 | 74   | 83      | 76  | 85 | 76   | 84    | 84  | 81 | 85   | 82    | 79  | 84 | 81   | 73     | 85  | 88 | 81   | V    |
|           |    | 79   | 66      | 65  | 80 | 65   | 72    | 75  | 72 | 76   | 77    | 60  | 68 | 72   | 64     | 72  | 75 | 72   | VIII |
|           |    |      |         | 67  | 77 | 67   | 78    | 73  | 69 | 73   | 74    | 79  | 84 | 81   | 72     | 83  | 78 | 80   | I    |
|           |    |      |         |     | 73 | 85   | 65    | 81  | 77 | 83   | 83    | 79  | 77 | 82   | 64     | 77  | 81 | 72   | III  |
|           |    |      |         |     |    | 77   | 82    | 82  | 75 | 83   | 84    | 81  | 82 | 75   | 70     | 79  | 90 | 82   | V    |
|           |    |      |         |     |    |      | 62    | 72  | 72 | 73   | 78    | 83  | 81 | 77   | 68     | 77  | 81 | 64   | VIII |
|           |    |      |         |     |    |      |       | 71  | 75 | 78   | 78    | 73  | 78 | 68   | 74     | 79  | 81 | 81   | I    |
|           |    |      |         |     |    |      |       | 85  | 76 | 86   | 87    | 83  | 85 | 75   | 77     | 86  | 93 | 89   | III  |
|           |    |      |         |     |    |      |       |     |    |      | 75    | 76  | 81 | 78   | 73     | 78  | 78 | 76   | V    |
|           |    |      |         |     |    |      |       |     |    |      | 84    | 81  | 86 | 83   | 74     | 92  | 86 | 82   | VIII |
|           |    |      |         |     |    |      |       |     |    |      |       | 67  | 67 | 80   | 77     | 84  | 91 | 79   | I    |
|           |    |      |         |     |    |      |       |     |    |      |       | 91  | 91 | 81   | 75     | 85  | 67 | 76   | III  |
|           |    |      |         |     |    |      |       |     |    |      |       |     |    | 81   | 80     | 94  | 89 | 91   | V    |
|           |    |      |         |     |    |      |       |     |    |      |       |     |    | 82   | 70     | 79  | 73 | 71   | VIII |
|           |    |      |         |     |    |      |       |     |    |      |       |     |    |      |        | 77  | 77 | 73   | I    |
|           |    |      |         |     |    |      |       |     |    |      |       |     |    |      |        |     | 91 | 82   | III  |
|           |    |      |         |     |    |      |       |     |    |      |       |     |    |      |        |     |    | 85   | V    |



b) Distribución de frecuencia de los índices de similitud.



- 1.- *Merismopedia punctata*
- 2.- *Synechocystis aquatilis*
- 3.- *Aphanizomenon gracile*
- 4.- *Oscillatoria limnetica*
- 5.- *Oscillatoria* sp-1
- 6.- *Oscillatoria* sp-2
- 7.- *Lyngbya contorta*
- 8.- *Lyngbya limnetica*
- 9.- *Lyngbya* sp.
- 10.- *Dictyosphaerium pulchellum*
- 11.- *Scenedesmus lunatus*
- 12.- *Nitzschia paleacea*
- 13.- *Nitzschia palea*
- 14.- *Merismopedia tenuissima*
- 15.- *Tetraedron caudatum*
- 16.- *Monoraphidium contortum*
- 17.- *Monoraphidium arcuatum*
- 18.- *Scenedesmus acuminatus*
- 19.- *Spirulina laxissima* ?
- 20.- *Nitzschia gracilis*
- 21.- *Peridinium cinctum*
- 22.- *Crucigenia tetrapedia*
- 23.- *Stauroneis anceps*
- 24.- *Monoraphidium tortile*
- 25.- *Nitzschia* sp-1
- 26.- *Oscillatoria amphigranulata*
- 27.- *Staurastrum tetracerum*
- 28.- *Microcystis flus-aquae*
- 29.- *Oocystis lacustris*
- 30.- *Nitzschia* sp-2
- 31.- *Melosira granulata*
- 32.- *Anabaena* sp.
- 33.- *Phacus curvicauda*
- 34.- *Cymbella minuta*
- 35.- *Scenedesmus quadricauda*
- 36.- *Nitzschia* sp-3
- 37.- *Euglena acus*
- 38.- *Ankistrodesmus fusiformis*
- 39.- *Diploneis smithii*
- 40.- *Oscillatoria subbrevis*

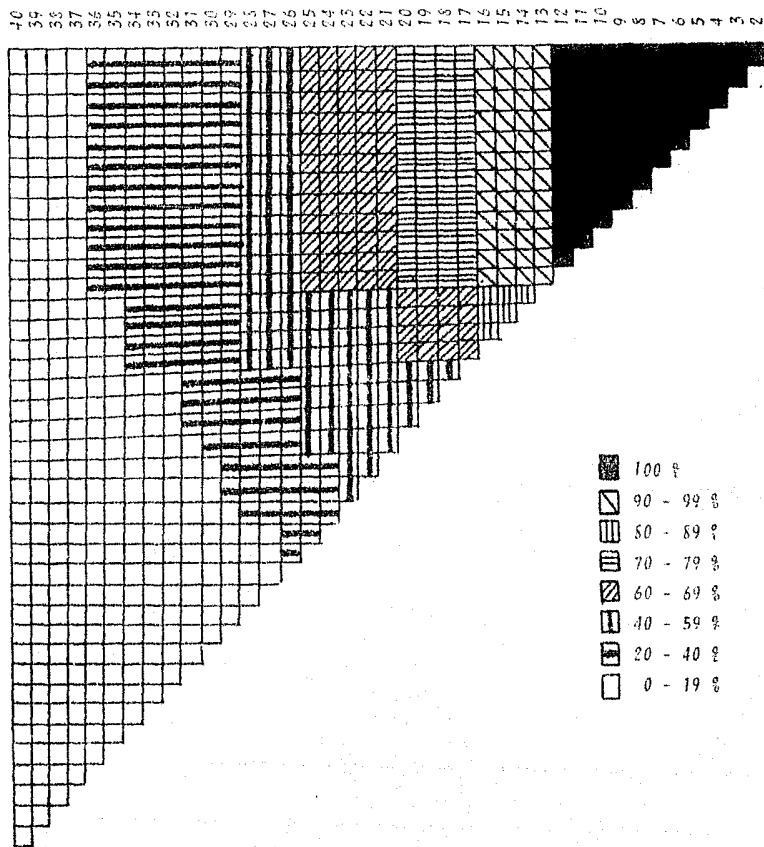


Figura 4. Matriz R. Probabilidades conjuntas entre pares de especies, calculadas a partir de la tabla B.



| A B R I L |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    | J U N I O |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    | A G O S T O |    |    |    |      |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|-----------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|-------------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1.5m      |    |    |    | 3.5m |    |    |    | 5.5m |    |    |    | 1.5m      |    |    |    | 3.5m |    |    |    | 5.5m |    |    |    | 1.5m        |    |    |    | 3.5m |    |    |    | 5.5m |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| I         | V  | T  | W  | I    | V  | T  | W  | I    | V  | T  | W  | I         | V  | T  | W  | I    | V  | T  | W  | I    | V  | T  | W  | I           | V  | T  | W  | I    | V  | T  | W  | I    | V  | T  | W  | I  | V  | T  | W  | I  | V  | T  | W  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 11        | 1  | 2  | 3  | 4    | 5  | 6  | 7  | 8    | 9  | 10 | 11 | 12        | 13 | 14 | 15 | 16   | 17 | 18 | 19 | 20   | 21 | 22 | 23 | 24          | 25 | 26 | 27 | 28   | 29 | 30 | 31 | 1    | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 11        | 12 | 13 | 14 | 15   | 16 | 17 | 18 | 19   | 20 | 21 | 22 | 23        | 24 | 25 | 26 | 27   | 28 | 29 | 30 | 31   | 1  | 2  | 3  | 4           | 5  | 6  | 7  | 8    | 9  | 10 | 11 | 12   | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |

Relación de los nombres de los habitantes de los pueblos de Colombia, en el censo de 1955, en el Estado de Boyacá, Colombia.

| ESPECIES                           | DICIEMBRE |     |   | FEBRERO |     |   | ABRIL |     |   | JUNIO |     |   | AGOSTO |     |   |
|------------------------------------|-----------|-----|---|---------|-----|---|-------|-----|---|-------|-----|---|--------|-----|---|
|                                    | I         | III | V | I       | III | V | I     | III | V | I     | III | V | I      | III | V |
| <i>Merismopedia punctata</i>       | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Synechocystis aquatilis</i>     | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Aphanizomenon gracile</i>       | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Oscillatoria limnetica</i>      | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Oscillatoria sp-1</i>           | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Oscillatoria sp-2</i>           | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Lyngbya contorta</i>            | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Lyngbya limnetica</i>           | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Lyngbya sp.</i>                 | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Diatyosphaerium pulchellum</i>  | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Scenedesmus lunatus</i>         | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Nitzschia paleacea</i>          | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Nitzschia palea</i>             | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Merismopedia tenuissima</i>     | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Tetraedon caudatum</i>          | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Monoraphidium contortum</i>     | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Monoraphidium arcuatum</i>      | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i>      | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Spirulina laxissima ?</i>       | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Nitzschia gracilis</i>          | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Peridinium cinctum</i>          | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Cricogenia tetrapedia</i>       | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Stauroneis anceps</i>           | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Monoraphidium tortile</i>       | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Nitzschia sp-1</i>              | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Oscillatoria amphigranulata</i> | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Staurastrum tetracerum</i>      | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Microcystis flos-aquae</i>      | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Oocystis lacustris</i>          | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Nitzschia sp-2</i>              | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Melosira granulata</i>          | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Anabaena sp.</i>                | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Phacus curvicauda</i>           | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Cymbella minuta</i>             | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i>     | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Nitzschia sp-3</i>              | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Euglena acus</i>                | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Ankistrodesmus fusiformis</i>   | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Diploneis smithii</i>           | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Oscillatoria subbrevis</i>      | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Nitzschia acicularis</i>        | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Ophiocytium capitatum</i>       | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Phacus longicauda</i>           | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Phacus tantus</i>               | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Ankistrodesmus spiralis</i>     | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Pediastrum duplex</i>           | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Nitzschia amphibia</i>          | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Anomotoneis sphaerophora</i>    | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Symedra ulna</i>                | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i>     | X         | X   | X | X       | X   | X | X     | X   | X | X     | X   | X | X      | X   | X |

Tabla B. Distribución de especies de fitoplancton encontradas en la Laguna de Amela, Col.  
Tabla de presencia-ausencia.

una matriz R de probabilidades conjuntas, que nos indica la relación que hay entre la aparición simultánea de dos especies en el mismo espacio y tiempo (fig. 4). Estos datos se obtienen a partir de la tabla de presencia-ausencia, y no de datos de abundancia.

Los resultados de esta matriz, indican, que de acuerdo al ordenamiento de la tabla B, las probabilidades de aparición conjunta entre pares de especies, disminuyen conforme se avanza hacia la derecha y hacia abajo a partir de la especie doce. En términos prácticos, esto significa que para un número dado de muestras, la probabilidad de encontrar juntas un par de especies cualesquiera, está en función de su probabilidad conjunta. Por ejemplo: de 20 muestras, la probabilidad de encontrar juntas las especies Oscillatoria limnetica y Nitzchia gracilis, es del 70-79% ; es decir, éstas se encontrarían juntas en 14 de las 20 muestras.

## Variación estacional en la abundancia de especies.

Existe un amplio espectro de variación en la abundancia estacional de las diferentes especies de fitoplancton de la laguna de Amela, ya que mientras unas muestran alta variabilidad, otras mantienen una densidad de población relativamente constante, y algunas otras, presentan variabilidad moderada.

En la fig. 5, se dan tres ejemplos de tales casos, en base a dos tipos de gráficas: la primera (A), representa las variaciones temporales en abundancia expresada como porcentaje de la media anual, y la segunda (B), la abundancia en células/ml, en función de la frecuencia de aparición de la especie, en las muestras de superficie de Diciembre a Agosto.

Las observaciones fueron cuantificadas en términos estadísticos por medio del coeficiente de variación ( $C.V. = \bar{x}/s$ ) para el primer tipo de gráfica, y con el coeficiente de asimetría ( $C.A. = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3 / n}{s^3}$ ). Ambos se presentan en la tabla C para las treinta especies más abundantes en la capa superficial.

Es notable la alta correlación entre ambos parámetros ( $r=0.89$ ), por lo que a un coeficiente de variación alto, corresponde uno de asimetría, también alto.

El coeficiente de asimetría define la forma de las distribuciones de abundancia-frecuencia, en relación al sesgo que muestran estas hacia la derecha en mayor o menor grado, en todos los casos.

Ambos coeficientes, pueden ser interpretados ecológicamente en términos de su estrategia demográfica. Las especies con alto C.V. y C.A., tienden a proliferar de manera explosiva en determinado momento y a declinar de la misma manera, según una estrategia r. En cambio, los que tienen valores bajos o moderados de los mismos estadísticos, muestran una abundancia más o menos constante a lo largo del tiempo, adaptándose a un tipo de estrategia demográfica k. En la misma tabla, se ha indicado a nuestro juicio, las especies

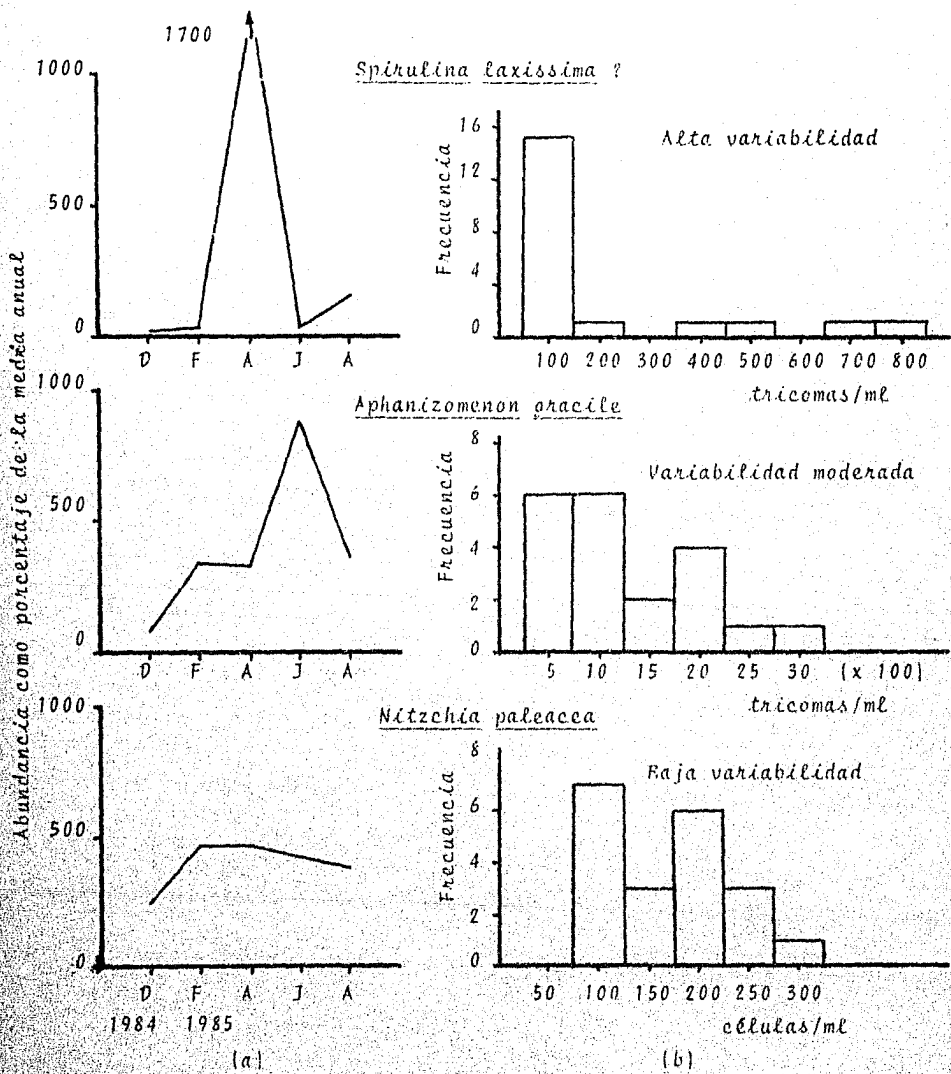


Figura 5. Datos de abundancia sobre tres especies de fitoplancton de la laguna de Amela. Las tres especies fueron escogidas por representar variabilidad alta, moderada y baja. a) Abundancia sobre tiempo; b) Distribuciones abundancia-frecuencia. (Note la escala comprimida para *Spirulina*).

| Especie                            | $\bar{X}$ | C.V.  | C.A.  | Estrategia |
|------------------------------------|-----------|-------|-------|------------|
| <u>Oscillatoria sp-1</u>           | 2340.65   | 0.642 | 0.528 | k          |
| <u>Oscillatoria limnetica</u>      | 1512.69   | 1.024 | 1.366 | k          |
| <u>Aphanizomenon gracile</u>       | 1031.00   | 0.800 | 0.887 | k          |
| <u>Oscillatoria sp-2</u>           | 628.09    | 0.755 | 0.801 | k          |
| <u>Lynqbya contorta</u>            | 215.39    | 1.525 | 2.543 | r          |
| <u>Spirulina laxissima ?</u>       | 127.15    | 1.869 | 1.847 | r          |
| <u>Nitzchia paleacea</u>           | 145.35    | 0.422 | 0.551 | k          |
| <u>Merismopedia punctata</u>       | 99.85     | 1.016 | 2.044 | r          |
| <u>Lynqbya limnetica</u>           | 67.20     | 1.135 | 1.998 | r          |
| <u>Synechocystis aquatilis</u>     | 58.45     | 0.751 | 0.830 | k          |
| <u>Dictyosphaerium pulchellum</u>  | 65.90     | 0.969 | 1.571 | k          |
| <u>Lynqbya sp.</u>                 | 28.15     | 1.235 | 1.626 | r          |
| <u>Merismopedia tenuissima</u>     | 23.55     | 1.298 | 1.816 | r          |
| <u>Nitzchia palea</u>              | 19.85     | 1.349 | 2.270 | r          |
| <u>Nitzchia gracilis</u>           | 11.10     | 1.761 | 2.301 | r          |
| <u>Peridinium cinctum</u>          | 9.15      | 1.705 | 2.818 | r          |
| <u>Scenedesmus lunatus</u>         | 13.10     | 0.659 | 0.697 | k          |
| <u>Tetraedron caudatum</u>         | 11.35     | 1.424 | 1.595 | r          |
| <u>Monoraphidium contortum</u>     | 9.30      | 1.065 | 0.664 | k          |
| <u>Nitzchia sp-1</u>               | 11.00     | 3.903 | 4.029 | r          |
| <u>Monoraphidium arcuatum</u>      | 6.65      | 1.039 | 0.065 | k          |
| <u>Stauroneis anceps</u>           | 5.10      | 1.596 | 1.381 | r          |
| <u>Scenedesmus acuminatus</u>      | 4.60      | 2.538 | 2.792 | r          |
| <u>Crucigenia tetrapedia</u>       | 2.95      | 2.398 | 2.593 | r          |
| <u>Oscillatoria amphigranulata</u> | 4.95      | 1.635 | 1.491 | r          |
| <u>Melosira granulata</u>          | 4.25      | 4.050 | 4.060 | r          |
| <u>Microcystis flos-aquae</u>      | 5.50      | 2.187 | 2.373 | r          |
| <u>Staurastrum tetracerum</u>      | 0.95      | 3.440 | 3.516 | r          |
| <u>Nitzchia sp-2</u>               | 2.65      | 2.467 | 3.153 | r          |
| <u>Ankistrodesmus fusiformis</u>   | 2.40      | 2.453 | 1.996 | r          |

Tabla C. Parámetros estadísticos y estrategia demográfica de las treinta especies de fitoplancton más abundantes en la Laguna de Amela.



que de acuerdo a este criterio les corresponde una u otra estrategia.

El mismo tratamiento puede ser dado a muestras obtenidas en otros niveles de profundidad dentro de la zona eufótica, - con resultados similares, cuya exposición podría ser repetitiva.

### Diversidad

Se ha calculado un índice de diversidad general, para cada muestreo, a través de la fórmula de Shannon-Wiener (Krebs, 1985). Los resultados fueron los siguientes:

|           |          |
|-----------|----------|
| Diciembre | H= 2.342 |
| Febrero   | H= 2.562 |
| Abril     | H= 2.365 |
| Junio     | H= 2.319 |
| Agosto    | H= 2.898 |

El estadístico más apropiado para caracterizar la diversidad de la laguna de Amela es, evidentemente, la mediana que corresponde a 2.365. De acuerdo con este índice de diversidad, el número de especies igualmente frecuentes son más o menos seis; puesto que la definición de "bits", indica que 2 bits equivalen a cuatro especies equifrecuentes y 3 bits a ocho. Esto concuerda con lo observado en la tabla A, donde las especies más numerosas son: Oscillatoria sp-1, O. sp-2, - O. limnetica, Aphanizomenon gracile, Lyngbya contorta y Spirulina laxissima?, todas ellas cianofleceas.

Fue aplicado un índice de diversidad máxima (H<sub>máx.</sub>), explicado en el apéndice, que dió como resultado 5.6435; este valor representa la diversidad de especies bajo condiciones de igualdad máxima. El cociente entre la diversidad observada y la diversidad máxima, se denomina equiparabilidad, y es en este caso, de 2.365/5.6435 = 0.419; el cual da una idea de la diversidad de especies en la laguna, con respecto a la diversidad máxima posible que podría obtenerse.

## FACTORES HIDROLOGICOS

### TEMPERATURA

La distribución de calor en la laguna de Amela (fig. 6), se debe parcialmente a cambios climáticos estacionales, que inducen, en los meses más cálidos la formación de termoclinas y en los meses más fríos, circulación completa. Por otra parte, los cambios climáticos no estacionales, influyen sobre la acumulación o las pérdidas de calor, estratificando u homogenizando la temperatura en la columna de agua.

Las temperaturas más altas en la masa de agua, se presentaron en Octubre y Noviembre y de Junio a Agosto, fluctuando en promedio entre los 30 y 31 °C y coincidiendo con las temperaturas estacionales más altas (gráf. climática, apéndice); y las temperaturas más bajas, ocurrieron de Diciembre a Mayo, variando desde los 25 hasta los 29 °C, en promedio, y coincidiendo igualmente con las temperaturas estacionales más bajas (fig. 7).

El análisis de varianza para las diferencias entre las medias de las temperaturas (de 9 estaciones), en los cuatro niveles de profundidad, mostró diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) casi en todos los muestreos, excepto en Noviembre y Abril. Tales diferencias, se dieron siempre entre los niveles uno y dos con los niveles tres y cuatro, de acuerdo a las pruebas de comparaciones múltiples (tabla 15-A).

#### Circulación.

Considerando el clima de la región (graf. climática), durante los meses más fríos, las temperaturas del aire y del agua son muy similares y las pérdidas de calor del sistema se dan principalmente en las noches. El enfriamiento de las capas superficiales, promueve movimientos de convección que homogenizan la columna de agua (fig. 6, de Dic. a May.). Tratándose de un cuerpo de agua somero, es de esperarse que este -

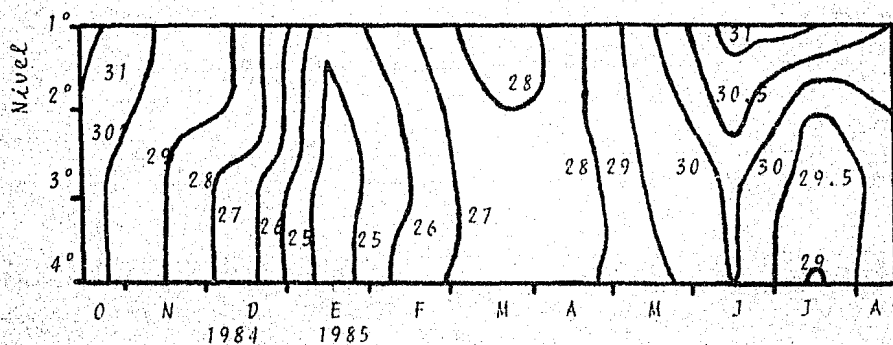


Figura 6. Isotermas de la laguna de Amela, de Octubre-84 a Agosto-85; construidas a partir del promedio de las temperaturas registradas mensualmente en 9 estaciones de muestreo. El 4° nivel, es la temperatura promedio de 3 estaciones: V, VI y VII (Mapa 2).

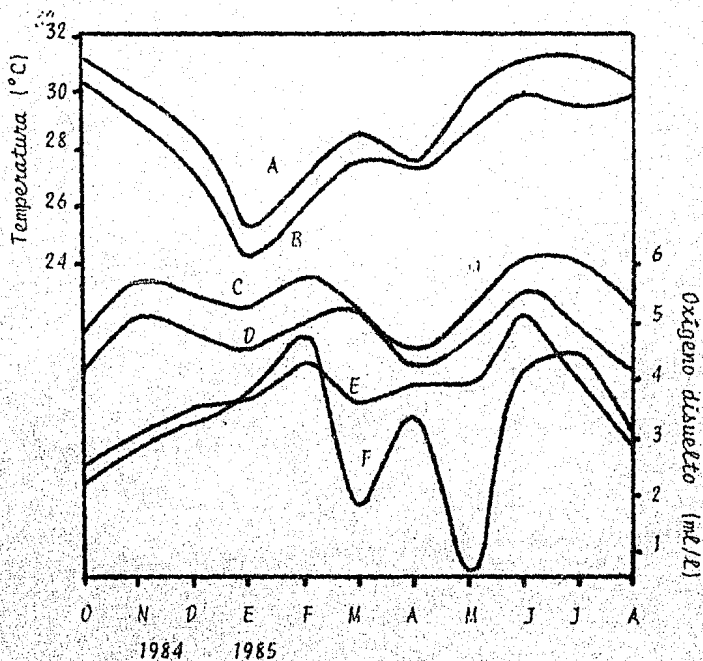


Figura 7. Distribución de la temperatura y del Oxígeno disuelto en la Laguna de Amela, Col. A y B temperatura en superficie y fondo, respectivamente; C a F, oxígeno disuelto en 1°, 2°, 3° y 4° nivel, respectivamente.

efecto, sea suficiente para promover circulación total del sistema e incluso se dé con mayor intensidad en los meses más cálidos del año.

Otras causas pueden ser atribuidas a la promoción de la circulación del sistema, principalmente, la turbulencia provocada por los vientos locales. Aquí, es importante considerar la cercanía de la laguna con el mar (7 km de la costa más cercana), como un factor importante que influye básicamente en la circulación de los vientos y de esta manera, en la circulación y mezcla del sistema. El calentamiento diferencial de las tierras y de las aguas que genera cambios en la presión atmosférica, es el mecanismo que promueve la circulación de los vientos de la tierra hacia el mar y del mar hacia la tierra, como lo menciona García (1980).

La mezcla más completa ocurre entre Marzo y Abril. En este último, se registra la temperatura ambiental más baja y la evaporación es, sin embargo, alta y tiende a aumentar por Mayo, debido a la alta irradiación solar en estas latitudes. La evaporación produce enfriamiento, cambios de densidad y convección de la masa de agua; por lo tanto, es otro factor importante que promueve la circulación.

A partir de Mayo, la temperatura del aire comienza a elevarse rápidamente, y la acumulación de calor en las capas superficiales, induce el comienzo de la estratificación.

### *Estratificación.*

La aparición de termoclinas en el sistema es un evento frecuente y presenta características muy diversas. Exceptuando Abril (y Septiembre, que no fue muestreado), en todos los demás muestreos, se registraron gradientes térmicos notables. El hecho de encontrar casi siempre estos gradientes, demuestra el efecto que tiene la alta irradiación solar, propia de estas latitudes, sobre un cuerpo de agua somero. Los cambios climáticos son equiparables a los de la temperatura del agua en la laguna (fig. 7 y graf. climática), y mantienen perfiles terma-

les durante casi todo el año.

Puede afirmarse, con fundamento, que existe una "sucesión" de termoclinas mensuales de Octubre a Marzo. De Octubre a Diciembre el desplazamiento de un gradiente térmico es apreciable (fig.6); en Enero, desaparece por completo a consecuencia de la temperatura mínima del agua registrada en este mes, que facilita la mezcla; después de un periodo de mayor homogenización, comienza a mediados de Mayo, un periodo de estratificación térmica más evidente que se prolonga hasta Agosto. La disminución de la evaporación y las altas temperaturas, contribuyen a la estabilización de las termoclinas.

Los gradientes térmicos, abarcan toda la columna de agua en las estaciones más someras (6 de las 9 estaciones; ver mapa 2); pero en las estaciones más profundas (V, VI y VII), - en los niveles inferiores (3 y 4), existe generalmente una capa homoterma, sujeta exclusivamente a los cambios mayores de temperatura en el sistema.

Los estratos térmicos, fueron estadísticamente diferentes en la mayoría de los casos (tabla 15-A), con una probabilidad de error no mayor al 5 %. Las diferencias aparecieron entre los niveles 1 con 3 y 1 con 4; aunque no siempre fue posible detectarlas con las pruebas utilizadas. Estos resultados apoyan las observaciones realizadas en cuanto a la persistencia de gradientes térmicos a lo largo del año.

## OXIGENO

La dinámica del Oxígeno Disuelto (O.D.) en la laguna de Amela, depende principalmente, del metabolismo de producción y consumo de los organismos fotosintetizadores y heterótrofos, - mas que de mecanismos físicos tales como la temperatura, la turbulencia o las entradas de agua al sistema.

Un gradiente de O.D. es observado de superficie a fondo a lo largo del año; manteniéndose condiciones cercanas a la

saturación o de sobresaturación en las capas superficiales, y concentraciones muy variables, pero más bajas, cerca del fondo que a veces llegan a abatirse totalmente.

El balance general para la columna de agua fue favorable y fluctuó de un mínimo de 3.8 (Octubre) a un máximo de 5.5 ml/l en promedio (Junio), durante el año, con un porcentaje de saturación entre 70 y 105 %, aproximadamente (tabla 12).

#### Perfiles verticales.

El comportamiento vertical del O.D. en el sistema, muestra indistintamente, a lo largo del año, tres modelos básicos: el primero y más frecuente, es aquel en el que se presenta un abatimiento de oxígeno hacia el fondo (fig. 8a) y en algunos casos, casi hasta niveles de anoxia (perfil clinogrado). Este abatimiento gradual o drástico, puede deberse a un aumento en la intensidad de degradación de materia orgánica que precipita desde la zona trofогénica y que es más intensa en la interfase sedimentos-agua, hasta un punto tal, que puede agotar totalmente el oxígeno.

El segundo modelo, menos frecuente que el anterior, corresponde a una distribución vertical homogénea de O.D. (perfil ortógrado) en toda la columna de agua (fig. 8b). Tal comportamiento, obedece a una circulación eficiente de la masa de agua que promueve la difusión del oxígeno a todos los niveles. En este caso, frecuentemente las concentraciones de O.D. están muy próximas al nivel de saturación.

En el tercer modelo ocurre eventualmente, un marcado aumento en la concentración de oxígeno en el nivel superficial (fig. 8c) debido, principalmente, a un exceso de actividad fotosintética que produce sobresaturación y difusión de  $O_2$  hacia la atmósfera.

Estadísticamente, existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los niveles 1 y 2 con los niveles 3 y 4 en la mayoría de los muestreos (tabla 15-A). Lo que indica que, efectivamente, el gradiente de O.D. observado, es más o menos constan

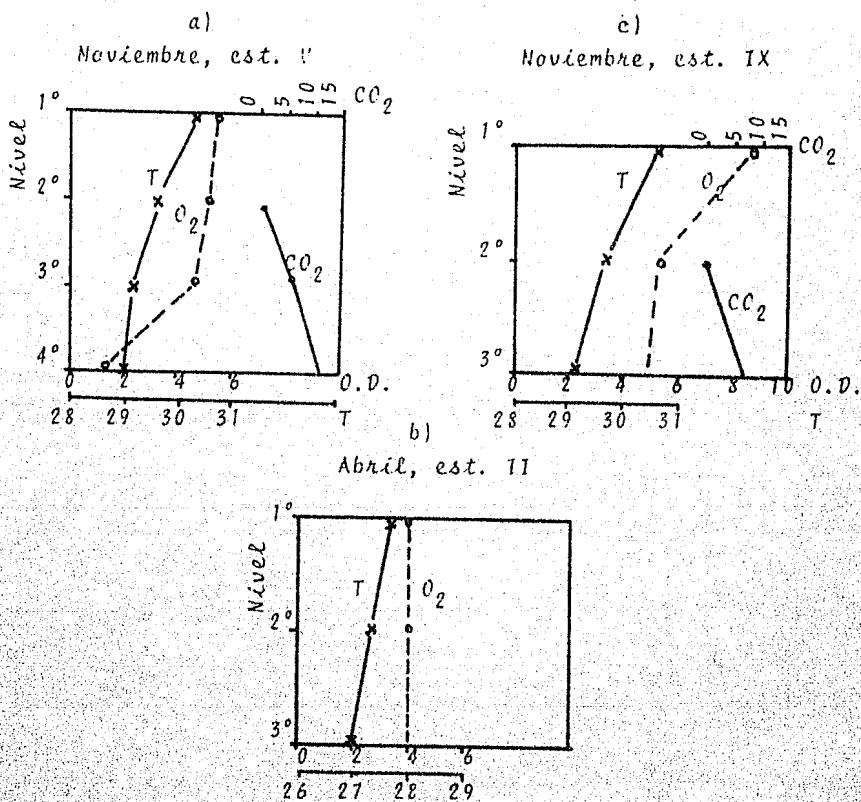


Figura. 8 Perfiles de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), Oxígeno disuelto ( $\text{ml/l}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{mg/l}$ ), en tres estaciones de muestreo, que indican tres comportamientos diferentes del O.D. en la columna de agua.



te y es debido al contraste de condiciones metabólicas existentes en la superficie y en el fondo, que crean condiciones de oxigenación diferentes.

Puesto que no hay diferencias significativas entre los niveles 1 y 2, y tomando en consideración que los niveles 3 y 4 corresponden al fondo de las estaciones muestreadas (Mapa 2), - estos resultados sugieren, que aunque el mecanismo de los sedimentos e inmediatamente por encima, es diferente al de la masa de agua sobre ellos, éste no afecta toda la columna de agua. La difusión del oxígeno de la superficie hacia el fondo por el gradiente formado, compensa su consumo sobre los sedimentos.

### Variación estacional

Estacionalmente, el O.D. muestra pocas variaciones, si nos referimos únicamente a los dos niveles superiores (fig. 7). La época de mayor circulación en el sistema (Abril, en la fig. 6) coincidió con un marcado mínimo de O.D. en superficie, a causa de la mezcla de capas inferiores menos oxigenadas y el incremento en la velocidad de consumo - esto a su vez, a consecuencia de la redistribución de sólidos disueltos provocada con la mezcla-.

Las concentraciones más altas en superficie, se registraron en los meses de Junio y Julio, es decir, en los meses más cálidos y lluviosos del año; se espera que alguna influencia tenga la precipitación sobre este máximo de oxígeno. Por otra parte, el incremento de la temperatura tiende a acelerar el metabolismo de los organismos fotosintéticos y a elevar igualmente los niveles de oxígeno.

En el fondo (niveles 3 y 4), los cambios en la concentración de O.D. son muy variables estacionalmente (fig. 7). Los mínimos de oxígeno registrados en Marzo y Mayo se deben, probablemente, a una mayor depositación de materia orgánica desde las capas superiores, que induce un aumento en la intensidad de las oxidaciones bioquímicas en el fondo.

Al comparar el comportamiento estacional del O.D. con la temperatura en la misma figura (fig. 7), puede notarse que en tre ambos parámetros no existe ninguna relación evidente, ya que se esperaría que la solubilidad del oxígeno disminuyera - al aumentar la temperatura y viceversa.

Otros factores, como los ya mencionados, deben por tanto, estar involucrados con la dinámica del oxígeno en el sistema.

Lewis (1973), hace notar que no es posible hacer una eva luación de la mezcla a partir de los datos del oxígeno en la gos tropicales, a causa de que las temperaturas permanecen al tas durante la circulación. Sin embargo, en la fig. 9, es posible encontrar alguna relación en la distribución estacional del O.D. con la dinámica termal del sistema. En el mes de -- Abril, en el cual ocurrió la mezcla más completa, ocurrió también una homogenización del O.D. en la columna de agua, por - lo menos en los tres primeros niveles de profundidad (6 de las 9 estaciones tienen estros tres niveles; Mapa 2).

Marzo y Mayo, marcan la transición hacia la mezcla y la siguiente estratificación química, respectivamente, para los mismos tres niveles superiores. En lo que resta del año, la - estratificación química es evidente.

#### CARBONO INORGÁNICO, pH Y DUREZA TOTAL

Las modificaciones del carbono inorgánico y del pH, son producidas por la actividad biológica - fotosíntesis y respiración - y por efecto de la precipitación y la evaporación, - entre otros, los cuales diluyen o concentran los materiales - causantes de la alcalinidad y la dureza del agua en el sistema.

Al igual que la temperatura y el oxígeno, el pH muestra un gradiente vertical de superficie a fondo, registrándose di ferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) en los meses de Octubre, - Marzo y Mayo, entre los niveles 1 y 3 (tabla 15-A).

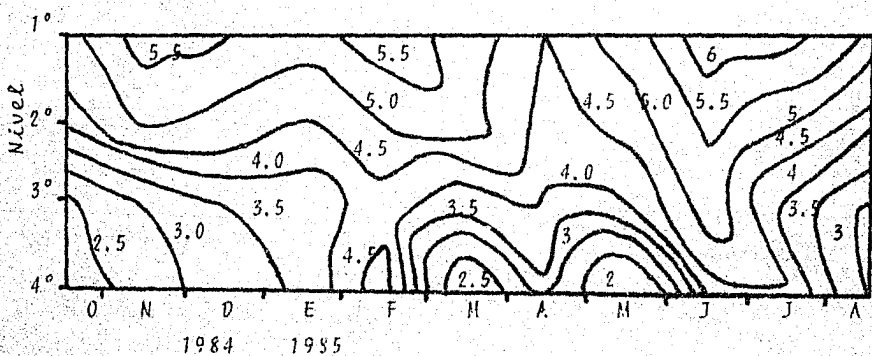


Figura 9. Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/l) en la Laguna de Amela, de Octubre-84 a Agosto-85.

Las mayores desviaciones en el pH, ocurrieron en Marzo y Mayo, presentándose en el primero, un mínimo de 7.75 en superficie y 7.70 en el fondo; y en el segundo, un máximo de 9.05 en superficie y 8.95 en el fondo (tercer nivel); ambos en promedio de las 9 estaciones de muestreo (Tabla 15-A y fig. 12).

A causa de que el pH se mantiene, generalmente, alto, la proporción de  $\text{CO}_2$  libre en relación al carbonato y bicarbonato presentes es muy baja o nula. La detección de  $\text{CO}_2$  libre - en algunas estaciones y principalmente en el fondo, fue un evento poco frecuente - un poco más frecuente de Octubre a Diciembre - y generalmente, su concentración no excedió de 9 mg/l (Tabla 1-A a 11-A).

La alcalinidad es, por lo tanto, alta y debida principalmente a los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ). Su distribución vertical, si bien no es homogénea, no presenta diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) de superficie a fondo (Tabla 15-A) y es tratada en base a su variación mensual como un solo valor promedio (fig. 10). Estacionalmente, sufre variaciones drásticas, presentándose un valor mínimo en Octubre de 96 mg  $\text{CaCO}_3$ /l y uno máximo en Marzo de 188 mg  $\text{CaCO}_3$ /l.

La dureza total, otro parámetro relacionado con los carbonatos y bicarbonatos - a través de la cantidad de iones principalmente de Ca y Mg que se combinan con ellos - es siempre mayor que la alcalinidad y también presenta variaciones estacionales muy marcadas. En forma vertical, no presenta diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) de superficie a fondo.

El valor mínimo se registró en Agosto y fue, en promedio de 180 mg  $\text{CaCO}_3$ /l; hubo dos picos notables en cuanto a su concentración máxima; el primero, en Mayo de 288 y el segundo en Junio de 284 mg  $\text{CaCO}_3$ /l (fig. 12).

El resumen mensual se presenta en la tabla 12-A.

#### Distribución vertical.

Va se ha mencionado anteriormente, que existe un gradien-

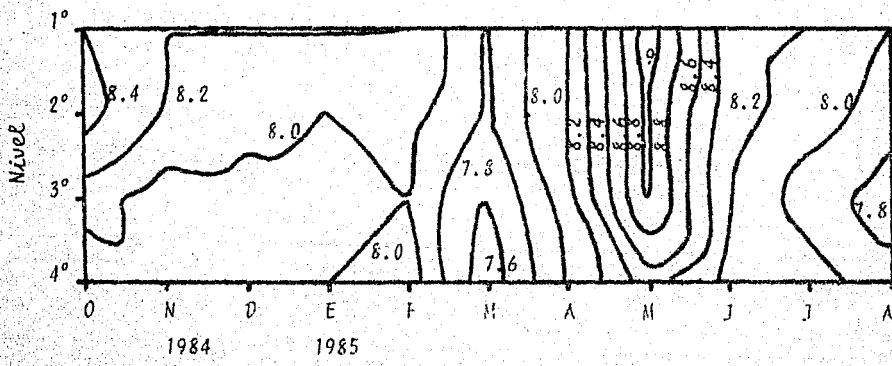


Figura 10. Distribución vertical del pH en la Laguna de Amela, de Octubre-84 a Agosto-85.

te de pH en el sistema, presentándose los valores mayores en superficie y los menores en el fondo (tablas 1-A a 11-A), lo que confirma en cierto modo, la presencia de una estratificación química (fig. 10) mostrada también por el oxígeno disuelto (fig. 9). Estas diferencias de pH, concuerdan perfectamente, tanto con las condiciones de alta producción fotosintética en superficie como con las condiciones de fuerte oxidación de materia orgánica en el fondo. Por lo tanto, la alcalinidad disminuye en superficie, por el alto consumo de  $\text{CO}_2$ , que constantemente difunde de la atmósfera al agua y que provoca la precipitación de  $\text{CaCO}_3$ , y se incrementa en el fondo por el  $\text{CaCO}_3$  que se redisuelve (fig. 11a).

La mezcla eficiente homogeniza la columna de agua y los procesos de producción y consumo se compensan mutuamente originando perfiles verticales, como los mostrados en la figura 11b. La alcalinidad total y la debida a los carbonatos muestra, en este caso, el mismo patrón,

La distribución del  $\text{CO}_2$  como gas disuelto, estuvo limitada a las capas inferiores; no fue detectado siempre, ni en todas las estaciones de muestreo (tablas 1-A a 11-A). Su escasez como tal, está relacionada con el equilibrio del sistema carbónico-carbonatos y por consiguiente, con el pH. La respiración más intensa de los microorganismos del fondo y la oxidación bacteriana, no compensada a este nivel por la actividad fotosintética, incrementan su concentración haciéndolo algunas veces detectado, sobre todo cuando el pH disminuye considerablemente (fig. 8a).

De manera inversa al  $\text{CO}_2$ , los carbonatos ( $\text{CO}_3$ ) se concentran en la superficie y disminuyen o no son detectados en el fondo (fig. 11c). Es común que se distribuyan en toda la columna de agua de manera uniforme (fig. 11b), a causa de la buena circulación del sistema. Su incremento es favorecido en valores altos de pH y de O.D., aunque su concentración es baja en relación a los bicarbonatos que predominan en este rango de variación de pH que se presenta en la laguna.

La distribución vertical esperada de la alcalinidad, se -

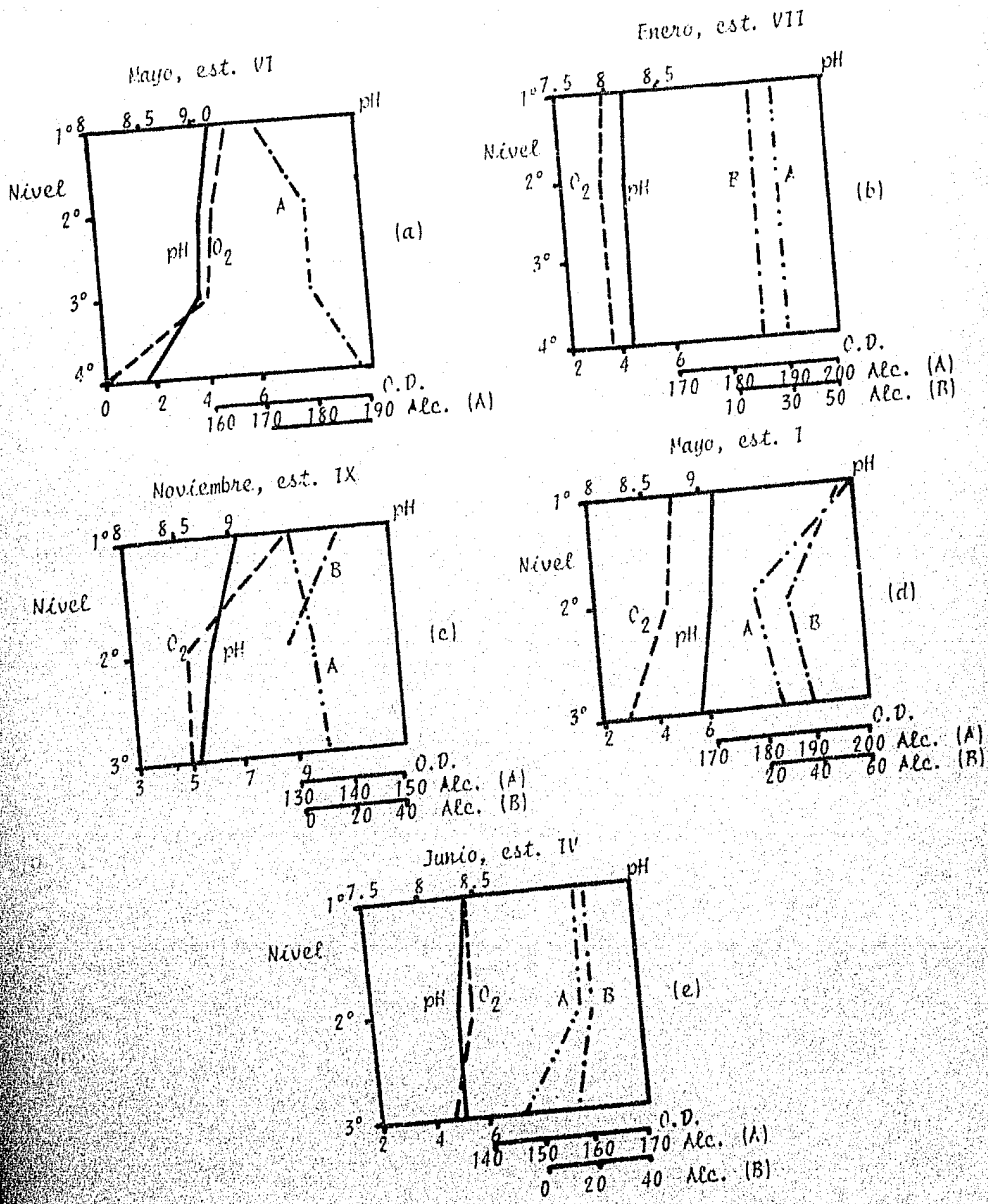


Figura 11. Perfiles de O.D. (ml/l); pH, Alcalinidad total (A) y Alcalinidad de carbonatos (B) ambos en  $\text{mEq CaCO}_3/\text{l}$ ; en cinco estaciones de muestreo y en diferentes tiempos.

ajusta adecuadamente, a la observada en la fig. 11a, para este comportamiento del O.D. y el pH, que es el más común y ya ha sido explicado, los casos en que la alcalinidad total aumenta en superficie o disminuye en el fondo (figs. 11d y 11e), no tienen una explicación tan obvia y deben ser atribuidos a fluctuaciones locales provocadas por la turbulencia.

#### Variación estacional.

Son varios los factores que contribuyen a modificar el equilibrio del sistema carbónico-carbonatos de forma estacional en la laguna de Amela. La importancia de cada uno de ellos se acrecienta en determinado momento, tanto por las condiciones del embalse (modificaciones de volúmen, desarrollo de macrofitas, etc) como por factores ambientales (precipitación, arrastre de materiales, vientos, etc).

En el mes de Mayo (fig. 12), se observó un pico de pH, debido probablemente a la concentración de bicarbonatos, producida por la disminución en el volúmen de la laguna. En este mes, debido a la carencia de precipitación, a la alta evaporación y en menor grado, a la descarga eventual de agua, el volúmen de la laguna disminuyó más o menos al 50% de su capacidad; por consecuencia, la alcalinidad total se incrementó con respecto al mes anterior, sobre todo la debida a los carbonatos, que alcanzaron su máxima concentración en el año. La dureza total, tuvo un valor máximo en contraste con el mes anterior en el que tuvo un mínimo, lo que significa que hubo un incremento notable de iones de Ca y Mg asociados con bicarbonatos y carbonatos; este hecho pudo tener repercusiones significativas en la productividad del sistema. La temperatura y el O.D. mostraron, similarmente, un incremento. El efecto de la concentración de los sólidos disueltos y, por supuesto, de las poblaciones de plancton, debieron incrementar tanto los procesos de producción y consumo como los de degradación de materia orgánica, dando lugar a los perfiles de oxígeno mostrados en el análisis particular de este.



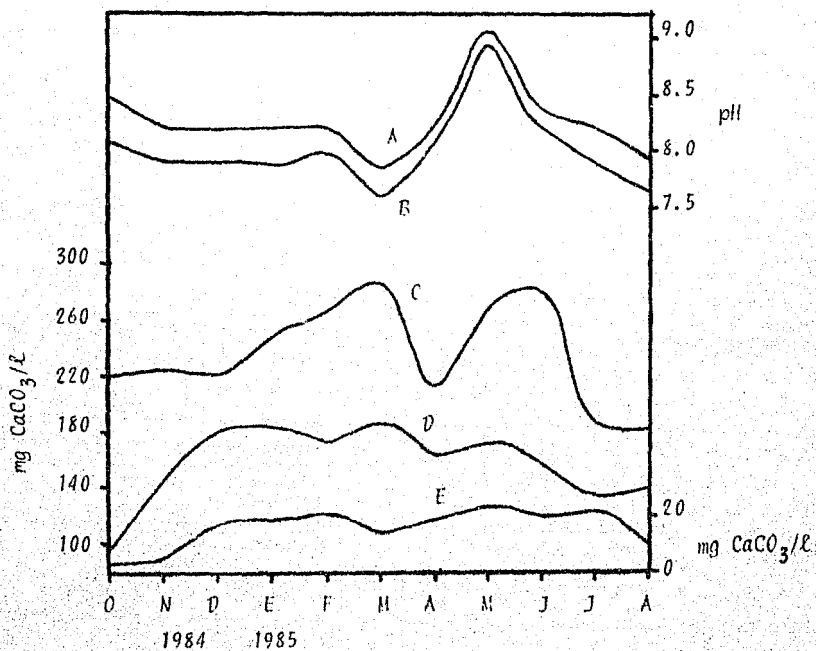


Figura 12. Distribución de pH en superficie (A) y en fondo (B), Dureza total (C), Alcalinidad total (D) y Alcalinidad debida a carbonatos (E) de Octubre-84 a Agosto-85, en la Laguna de Amela, Col.

Para Junio y Julio, la alta precipitación elevó el volúmen de la laguna y produjo una redistribución de los sólidos disueltos, que aumentó la actividad fotosintética, como es - mostrado por las condiciones de sobresaturación de oxígeno - en los dos primeros niveles de profundidad (fig. 7).

Posteriormente, para Julio, el alto consumo de  $\text{CO}_2$ , la asimilación de amonio, los aportes de materia orgánica y la nitrificación bacteriana, pudieron acidificar el medio y provocar la precipitación de grandes cantidades de  $\text{CaCO}_3$ ; lo - que explica la drástica disminución del pH, la dureza y la - alcalinidad que se observaron en este tiempo. Las condicio- nes del nuevo equilibrio, tienden a reestablecerse en los proximos meses.

Otra ocasión en que el volúmen de la laguna aumentó por la captación de agua, aunque en menor grado, fue en el mes - de Enero (gráfica climática, parte superior). En este caso, - aparentemente, no hubo dilución de materiales; el factor prin- cipal involucrado parece ser la temperatura del agua, que fue la mínima registrada en el año (fig. 7). Su efecto sobre la solubilidad del  $\text{CO}_2$  y, consecuentemente, sobre la redisu- lución del  $\text{CaCO}_3$  -aunada al aporte de bicarbonato soluble al sistema, por la precipitación de los meses anteriores - contribuyeron a concentrar materiales alcalinos y con ello, a - incrementar la alcalinidad y la dureza del agua.

En Marzo, se presentó un valor mínimo de pH tanto en su superficie como en fondo, relacionado con un notable incremento en la actividad oxidativa bacteriana en el fondo de la cubeta y manifiesta por la acentuada disminución de los niveles de - O.D. en este nivel (fig. 7). Este proceso fue intensificado y extendido a las capas superficiales en el mes de Abril, favo- recido por la mayor mezcla del sistema (ver temperatura). Es difícil explicar la acentuada disminución de la dureza total ocurrida en este mes; tal vez, tanto el incremento en la velo- cidad de consumo de sólidos disueltos que tienden a concentrar se - favorecido por la distribución de nutrientes del fondo-

como la intensa actividad bacteriana, eliminan el efecto que la materia orgánica tiene de retardar la precipitación de carbonato cálcico cuando son retiradas grandes concentraciones de  $\text{CO}_2$ , contribuyendo a este marcado mínimo de dureza.

En Octubre y Noviembre, nuevamente, la intensa oxidación se manifiesta en la interfase sedimentos-agua, creando notables diferencias de O.D. entre superficie y fondo (fig. 7). Esto no produce variaciones inmediatas en la dureza y en el pH, que tienden a estabilizarse. Sin embargo, el continuo ingreso de bicarbonatos al sistema por el lavado de las rocas en los meses lluviosos anteriores, aumenta gradualmente la alcalinidad total, hasta poco más de 180 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  en el mes de Diciembre y la de carbonatos hasta casi 20 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  (fig. 12).

## NITROGENO

La distribución estacional del nitrógeno inorgánico en la Laguna de Amela, muestra variaciones muy amplias debido, principalmente, a su movilización entre el agua y los sedimentos por el metabolismo de los organismos.

En forma vertical, los perfiles de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), raras veces siguen el patrón esperado dada la distribución de la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH.

La concentración de nitritos es generalmente baja, solo en Enero y Febrero, se detectaron concentraciones de 3 ug/l, en los demás fue indetectable.

Los nitratos, mostraron tres incrementos notables: en el primero, se presentó una meseta alrededor de los 40 ug/l de Diciembre a Febrero; en Mayo, se registró un pico entre los 60 y 70 ug/l y el máximo incremento se observó alrededor de los 120 ug/l, todos en promedio (fig. 14). El resumen mensual se muestra en la tabla 12-A.

La comparación de los valores promedio para los cuatro niveles mediante análisis de varianza, no mostró diferencias significativas para ninguna de las formas analizadas de nitrógeno.

#### Distribución vertical.

A fin de simplificar el análisis de las múltiples formas de los perfiles encontrados para  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  (los nitritos no se analizan de esta manera, ya que casi siempre fueron indetectables), se parte de los principales procesos metabólicos en forma separada y se mencionan sus posibles efectos sobre estos perfiles.

#### Nitrificación.

En este proceso, la oxidación de amonio hasta nitratos, produce su acumulación en las capas superficiales y la disminución simultánea del amonio. A medida que el oxígeno escasea, la nitrificación se reduce, de manera, que mientras en el agua este proceso puede darse con intensidad, en los sedimentos por debajo de la microzona oxidada (la capa más superficial), debe ser casi nula o nula.

Las observaciones de la distribución vertical de los nitratos en la laguna de Amela, en función de este proceso, tiene pocos exponentes (figs. 13 a y b). Es decir, aquellos casos en que se nota un incremento de  $\text{NO}_3^-$  en superficie, al mismo tiempo, que un decremento en las concentraciones de amonio a este mismo nivel.

Es posible, que este proceso se este dando a otro nivel de profundidad, como en la figura 13c, donde se nota un aumento de  $\text{NO}_3^-$  acoplado a la disminución de amonio en el segundo nivel, pero este caso tampoco es frecuente.

#### Desnitrificación.

Por las condiciones de oxigenación en el sistema, la reducción de nitratos hasta amonio será de poca importancia, ya

que incluso los sedimentos, generalmente, están bien oxigenados.

Solo en determinadas épocas del año, como en Octubre y - Noviembre; en Marzo y Mayo, en las estaciones más profundas y en Agosto (fig. 7), la disminución de O.D. en la capa de agua sobre los sedimentos podría dar lugar a que este proceso se hiciera notable. Sin embargo, las observaciones del comportamiento del amonio en estos tiempos, no concuerdan con un incremento notable de este ión en el fondo, por lo que tal vez, la desnitrificación no sea realmente significativa. Mas aún, cuando apareció un incremento grande de  $\text{NH}_4^+$  hacia el fondo - (13b y d) éste no estuvo asociado con un agotamiento severo de O.D. ni de  $\text{NO}_3^-$  en el fondo.

El proceso de desnitrificación implica la acumulación de amonio por la reducción bioquímica de nitratos y nitritos; este proceso ocurre simultáneamente muy pocas veces en la laguna (fig. 13a) y cuando ocurre tampoco está asociado a condiciones de anoxia.

#### Asimilación de nitrógeno.

La asimilación algal de nitrógeno, es un factor que influye en su concentración dentro de la columna de agua. Tanto los  $\text{NO}_3^-$ , como los  $\text{NO}_2^-$  o el  $\text{NH}_4^+$ , pueden ser asimilados y utilizados para la aminación y formación de proteínas dentro de las células.

El agotamiento de los nitratos puede ser más significativo dentro de la zona fótica -sobre todo en áreas litorales, - donde se concentran mayormente las macrofitas- y del amonio - cerca del fondo. Esto contribuiría a explicar los casos en que la concentración de nitratos tiende a disminuir en los niveles superficiales y del amonio en el fondo (figs. 13e y f), respectivamente.

#### Oxidación aeróbica de materia orgánica.

La oxidación de materia orgánica muerta por microorganismos heterótrofos que utilizan el  $\text{O}_2$  como aceptor de electrones

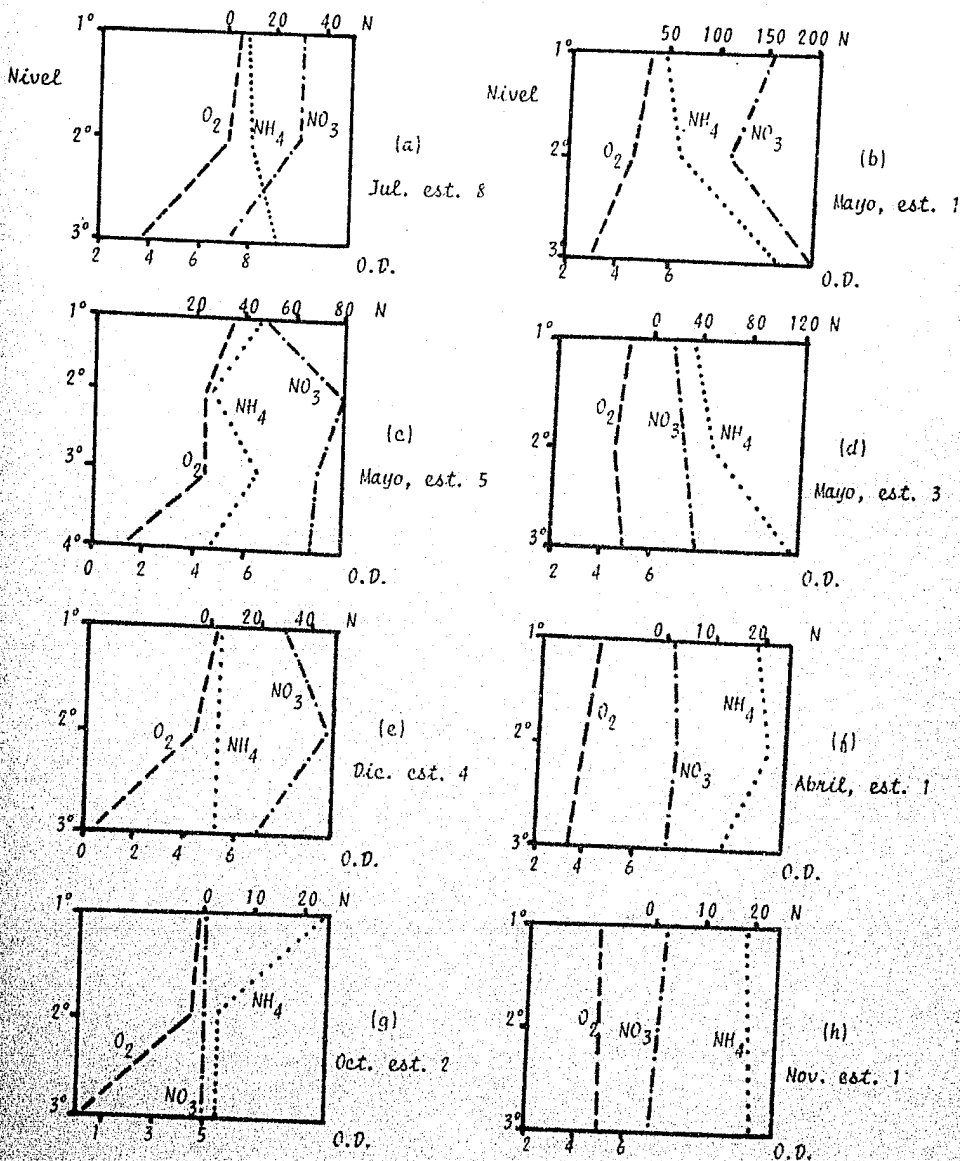


Figura 13. Variaciones verticales de oxígeno disuelto (O.D.) en ml/l, amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en ug/l, en ocho estaciones de muestreo a diferentes tiempos.

es, indudablemente, más intensa en las capas inferiores; esta es la razón por la que el  $O_2$  tiende a agotarse (ver Oxígeno).

La oxidación en estas condiciones, liberará aminoácidos y otros productos reducidos, entre ellos,  $NH_4^+$  produciendo su acumulación. Los casos en que se nota un incremento en la concentración de  $NH_4^+$  cerca del fondo, puede ser debida precisamente, a la intensificación en la oxidación bacteriana de la materia orgánica (fig. 13 b y d). Por supuesto, otros factores tales como la liberación de amonio desde los sedimentos anaeróbicos (debajo de la microzona oxidada), podrían también estar involucrados.

Otros casos.

- Acumulación de amonio en superficie.

La tendencia a incrementarse las concentraciones de amonio en las capas superficiales, fue un fenómeno más o menos frecuente (fig. 13g). Una causa probable de esta acumulación, es la misma excreción del plancton, acoplada a una reducción en la tasa de oxidación de materia orgánica y de la nitrificación.

- Modificaciones del nitrógeno a media agua.

El mismo efecto anterior puede manifestarse a otros niveles por las migraciones o sedimentación gradual del plancton, con respecto al incremento de amonio. La migración vertical de las poblaciones fitoplánctónicas, produce abatimiento de nitratos a niveles medios en la columna de agua al ser asimilados para la fotosíntesis (fig. 13b).

- Perfiles homogéneos de nitrógeno.

La mezcla eficiente de la masa de agua, homogeniza tanto las poblaciones planctónicas como la distribución de nutrientes y los gases en el sistema, originando perfiles homogéneos (fig. 13h).

### Variación estacional.

La variación estacional de las principales formas de nitrógeno inorgánico en la laguna de Amela ( $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ ), está caracterizada por fuertes fluctuaciones, principalmente, en función de la intensidad de los procesos metabólicos de los microorganismos y de las algas en el agua y sedimentos.

La disminución de las concentraciones de O.D. en el fondo, durante los meses de Octubre y Noviembre (fig. 7), es indicativa de las condiciones de oxidación de materia orgánica que dieron lugar a la acumulación de amonio en el sistema (fig. 14). Para este mismo tiempo, la asimilación de nitratos por las algas y la flora litoral, ha agotado este nutriente el sistema, proveniente de la época de lluvias.

Para Diciembre, casi todo el  $\text{NH}_4^+$  se transforma en  $\text{NO}_3^-$  por acción de la nitrificación. La estabilidad de las poblaciones fitoplanctónicas y de condiciones físico-químicas, mientras disminuye la temperatura, mantienen esta situación con pequeñas variaciones hasta el mes de Febrero (fig. 12).

De Febrero a Abril, los nitratos disminuyen hasta por debajo de los 10 ug/l, coincidiendo con la época de mayor circulación (fig. 6) y con la tendencia a disminuir el volumen de la laguna, concentrando las poblaciones fitoplanctónicas.

En Mayo, la disminución del volumen es extrema y los vientos remueven fácilmente los sedimentos; la concentración de poblaciones bacterianas aumenta la intensidad de degradación de materia orgánica, liberando amonio con tanta velocidad como con la que es oxidado a nitratos, y por lo tanto, ambos aumentan su concentración en este mes (fig. 14).

La continua asimilación de nitratos por las algas, lo agota rápidamente; gran parte del amonio ha sido utilizado para la nitrificación o ha sido ingerido; esto es lo que sucedió en Junio, el mismo mes en que comenzó la época de lluvias.

En Julio, las corrientes fluviales han acarreado sufi-



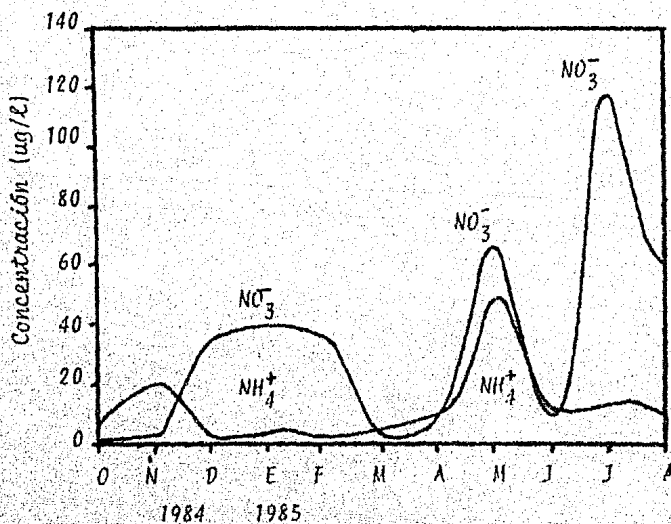


Figura 14. Distribución del Nitrógeno inorgánico ( $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ ) de Octubre-84 a Agosto-85, en la Laguna de Amela, Col.

cientes nitratos de la cuenca caliza, produciendo un pico en su concentración. En estas condiciones, el amonio se mantiene bajo, en parte por su escasa liberación desde los sedimentos y en parte por la reducción en la intensidad de oxidación de materia orgánica.

Finalmente, en Agosto, la aguda disminución de los nitratos está asociada con su rápida asimilación por las algas y la reducción en el ingreso de nitrógeno al disminuir la cantidad de precipitación fluvial.

## FOSFORO

De manera análoga al nitrógeno inorgánico, la distribución de fósforo, está regulada por el metabolismo de producción y consumo por parte de las algas y bacterias y por algunos efectos físicos y ambientales sobre la laguna.

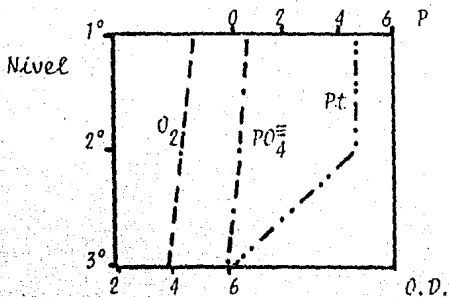
Las variaciones estacionales tanto de orto-fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ), como de fósforo total - que incluye todo el fósforo orgánico e inorgánico- son amplias, pero se dan dentro de un corto rango de concentración (fig. 16) ya que, en el caso de los  $PO_4^{3-}$  este rango va de 0 a 2.6 ug/l y para el fósforo total de 1.2 a 5.3 ug/l, en promedio.

Estadísticamente, no se registraron diferencias significativas entre niveles de profundidad ( $\alpha=0.05$ ), por lo que de forma estacional se manejan las variaciones utilizando los valores promedio mensuales.

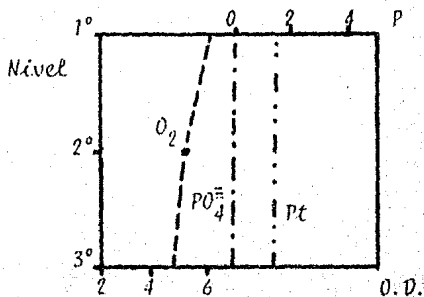
### Distribución vertical.

La distribución vertical tanto de  $PO_4^{3-}$  como de P total, es debida por una parte, a la circulación del sistema que promueve la movilidad de las poblaciones planctónicas y bacterianas dentro de la columna de agua y por otra, a la actividad metabólica de estas poblaciones.

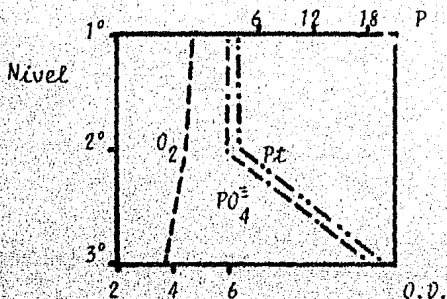
Octubre, est. VIII



Junio, est. II



Mayo, est. I



Febrero, est. II

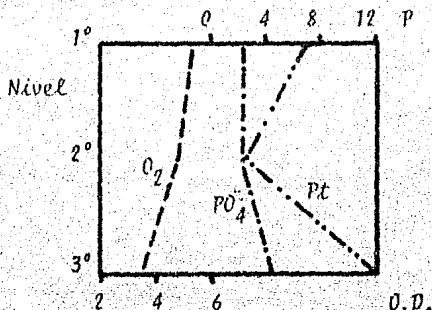


Figura 15. Variaciones verticales de O.D. en mg/l, ortofosfatos ( $PO_4^{3-}$ ) y fósforo total (Pt) en  $\mu\text{g/l}$ , en cuatro estaciones de muestreo y en diferentes tiempos.

Los perfiles más frecuentemente observados en la distribución del  $PO_4^{3-}$  y del P total, se muestran en la fig. 15a y b. En éstas, la cantidad de fósforo sestónico distribuido en los dos primeros niveles, hace incrementar notablemente la cantidad de fósforo total; la cantidad de  $PO_4^{3-}$  es bastante baja, pero es un compuesto reciclado rápidamente en el epilimnion.

En la fig. 15c, el consumo de ortofosfato por las algas en superficie es evidente (el zooplancton y las bacterias también lo consumen). En el fondo, como la asimilación de  $PO_4^{3-}$  es menor y la degradación de la materia orgánica lo libera, éste se acumula. En cuanto al P total, el incremento de la tasa de sedimentación del plancton desde la zona trofogénica, origina su acumulación en el fondo.

La migración de las poblaciones de plancton dentro de la columna de agua, ocasiona otros perfiles de fósforo, tanto si éstas se concentran en superficie (fig. 15d), o se distribuyen de manera homogénea dentro de la columna de agua (fig. 15b).

#### Distribución estacional.

Las variaciones estacionales del  $PO_4^{3-}$  y el P total, están ampliamente relacionadas (fig. 16). Esta relación posiblemente surge por el reciclaje del fósforo inorgánico a fósforo orgánico y viceversa, a través de las vías metabólicas de la fotosíntesis y la respiración.

Inicialmente, la liberación de fosfato de los sedimentos en condiciones de baja oxigenación en el fondo y de intensa oxidación de materia orgánica, produce el incremento observado en el mes de Noviembre (fig. 16).

En cuanto al fósforo total, la lisis y descomposición de bacterias y algas inmediatamente después de la temporada de lluvias (de Junio a Octubre), dan lugar a un pico de P total, probablemente, en forma de materia orgánica muerta o coloidal.

A partir de entonces, la tasa de descomposición de materia orgánica se reduce y para Marzo, el crecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas consume el  $PO_4^{3-}$  restante. La drás-

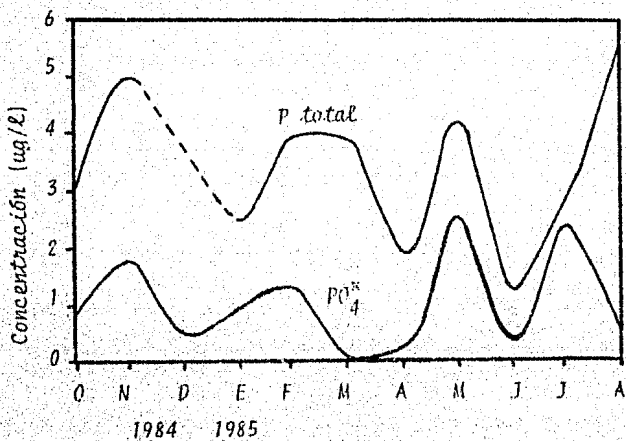


Figura 16. Distribución del ortofosfato ( $PO_4^{3-}$ ) y del Fósforo total (P total), de Octubre-84 a Agosto-85 en la laguna de Amela, Col.

tica disminución de la dureza en el mes de Abril, que implica la precipitación de grandes cantidades de calcio, afecta la solubilidad del fosfato y lo mantiene en baja concentración, mientras que coprecipita  $\text{CaCO}_3$  junto con coloides orgánicos adsorbidos disminuyendo también el P total en el agua (fig. 16).

En Mayo, la dureza del agua vuelve a incrementarse, los sedimentos han sido removidos por la mezcla turbulenta y tanto las formas de fósforo como de nitrógeno, vuelven a aumentar considerablemente (figs. 14 y 16). Es muy posible que para ese tiempo, el declinamiento de la flora litoral tenga mucho que ver con el incremento de ambos nutrientes tanto en forma inorgánica como orgánica.

Para Junio, comienza la época de lluvias, pero casi todo el fosfato ha sido agotado por las algas y el ingreso de fósforo orgánico e inorgánico se hace notable a partir de Julio. En Agosto, nuevamente, el consumo de fosfato por las algas lo reduce rápidamente. El crecimiento de macrofitas en la zona litoral tiene también influencia en esta disminución. Como el fósforo orgánico no es consumido ni degradado rápidamente en este tiempo, se acumula significativamente.

## FITOPLANCTÓN Y CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS.

Las fluctuaciones en la abundancia del fitoplancton, - probablemente, sean consecuencia de los cambios de volúmen en el sistema, que modifican la estabilidad de las condiciones físico-químicas e incluso las relaciones bióticas normales favoreciendo el desarrollo masivo de cianofíceas (blooms).

La densidad mínima se presentó en los meses de Diciembre y Febrero en condiciones de tendencia hacia la disminución de la temperatura y de pH uniforme en el sistema, que permitió la acumulación de nutrientes ( ortofosfatos y nitratos) mismos que promovieron el crecimiento de las poblaciones de fitoplancton en el mes de Abril.

En Febrero, se dió la máxima densidad de diatomeas -- (fig. 1), probablemente a consecuencia de la acumulación de silicatos en el sistema, o a una disminución en la densidad de cianofíceas, que en cierta forma disminuye la competencia que puedan tener ambos grupos en el consumo de los nutrientes.

La disminución de la temperatura del aire, así como - del volúmen del sistema, promovieron la circulación de la - masa de agua y la redistribución de los nutrientes a partir de los sedimentos. Tal fenómeno, contribuyó a que las poblaciones de fitoplancton proliferaran alcanzando un máximo de densidad en el mes de Abril, consumiendo grandes cantidades de nutrientes, como se presenta en las figs. 14 y 16, y dando lugar para el mes de Mayo a un incremento notable en el pH.

Asimismo, la disminución de O.D. puede ser consecuencia tanto de la resuspensión de los sedimentos -que promueve un alto consumo de oxígeno para la degradación de materia orgánica- como de la acumulación de cianofíceas en "blooms" en la capa de agua superficial, que inhiben la producción fotosintética en niveles inferiores.

El efecto del incremento del pH sobre la población de -

las clorofíceas, se refleja en su abundancia mínima en el ciclo de muestreo.

La alta densidad de las poblaciones, registrada en Abril y que seguramente persistió en Mayo, agotaron rápidamente los nutrientes en el sistema (figs. 14 y 16) dando lugar a una disminución en la abundancia de éstas en el mes de Junio, al comienzo de la época de lluvias.

El incremento de la cantidad de nutrientes, entre Julio y Agosto, se debió básicamente al ingreso de nutrientes alóctonos, pero no produjeron un incremento en la abundancia de las poblaciones de fitoplancton, sino por el contrario, se observó un nuevo decremento con respecto al mes de Junio (fig. 2, pág. 48).



## DISCUSION

### FITOPLANCTON

#### Composición.

La composición de la comunidad fitoplanctónica en la laguna de Amela, está representada principalmente por el grupo de las cianofíceas, lo cual es indicativo de las condiciones físico-químicas que caracterizan este cuerpo de agua.

Margalef (1983), menciona que en regiones tropicales las cianofíceas se desarrollan, especialmente, cuando las condiciones ambientales se desvían notablemente de las relaciones normales del ecosistema. De acuerdo con esta proposición, es posible que la dominancia de cianofíceas, tenga relación con las condiciones cambiantes que constantemente sufre el sistema.

Las condiciones físico-químicas que favorecen el desarrollo de cianofíceas, están relacionadas con temperaturas elevadas, pH altos, predominancia de carbonatos y bicarbonatos y baja disponibilidad de nutrientes (Shapiro, 1973; Paerl y Ustach, 1982). Tales condiciones se dan en la laguna de Amela y explican la dominancia de estas algas sobre los otros grupos.

Generalmente, los florecimientos de algas verde-azules caracterizan a cuerpos de agua en estado de eutrofización avanzada (Paerl y Ustach, 1982). Este sería otro elemento importante a considerar al intentar definir el estado trófico en que se encuentra la laguna.

De las 58 especies determinadas, 10 de ellas aparecen como nuevos reportes para México, lo que denota: la importancia de implementar estudios similares en otros cuerpos de agua dulce de la región y la falta de antecedentes en este campo de investigación.

El considerar la mayoría de las especies como "raras"

es objeto de discusión. Margalef (1983), señala que la aparición esporádica de estas especies está relacionada con varios factores: la lenta migración vertical de algunas especies, el método de muestreo y el método de conteo. En cuanto al primero, pudiera ser que la lenta migración de las especies no coincidiera con los tiempos de muestreo. En el segundo caso, podemos considerar que el método de muestreo utilizado (únicamente con botella Van-Dorn) favorece la captura de especies nanoplánctónicas ( $< 50 \mu$ ) (Wetzel, 1975). Además, las muestras fueron tomadas en volúmenes pequeños (500 ml), dentro de la zona fótica y limnética. El método de conteo pudo influir en el sentido de la limitación del conteo a 400X. Una prospección general de cada campo, observado con un aumento menor, hubiera incrementado posiblemente el número de especies mayores o de microplancton contadas por muestra. Aunque en realidad, la dominancia de cianofíceas es clara.

#### Abundancia y Distribución.

De acuerdo con la clasificación hecha por Margalef (1983), la densidad de organismos en la laguna de Amela, es propia de lagos eutróficos ( $10^2$ - $10^4$  células/ml). Los efectos de esta alta densidad sobre el consumo y distribución de los nutrientes y gases será discutido posteriormente.

La uniformidad en la composición de las especies durante los cinco muestreos, fue demostrada a través de los índices de similitud. También por medio de éstos, se consigue cierta información acerca de las asociaciones probables en forma general, puesto que la ocurrencia conjunta de especies en determinado tiempo y espacio constituyen una asociación y por consiguiente, producen valores altos en los índices de similitud.

Otra información útil que puede obtenerse de los índices de similitud, es acerca de los cambios estacionales en las comunidades algales. Con respecto a este cuerpo de agua, los -

índices de similitud nos indican que no se dá sucesión de comunidades y que es una sola comunidad la que persiste a lo largo del año. Tal comunidad constituye una asociación, en lo que respecta a las primeras doce especies de la matriz R y es factible, que con probabilidades mayores del 90 % las especies se encuentran también asociadas.

La manera de demostrar si tales probabilidades conjuntas son o no significativas a un porcentaje dado de confianza, es a través de pruebas de independencia. En tales pruebas estadísticas, los valores críticos indicarían la no independencia, es decir, la asociación. Sin embargo, los test ensayados ( $J_i^2$ , test de la G y test exacto de Fisher; Sokal y Rohlf, 1969) revelaron contradicciones en casos en que era evidente la asociación, por lo que no fueron utilizados. La falta de adecuación de dichas pruebas en la aplicación a estos problemas, puede deberse al escaso número de nuestras. Por lo tanto, las probabilidades conjuntas de los pares de especies, menores del 90 %, no podemos afirmar que constituyan una asociación bajo un fundamento estadístico.

Las matrices Q y R, también pudieron haber sido elaboradas a partir de los datos de abundancia. Sin embargo, Legendre y Legendre (1978), hacen hincapié en que los datos cuantitativos no son los más apropiados para estos fines, debido que en el fitoplancton, las asociaciones no son tan evidentes como en otra clase de organismos y porque las especies contadas no reflejan las proporciones presentes en el agua, a causa de un muestreo deficiente, la preservación, la identificación o el conteo.

#### Variación estacional en la abundancia de especies.

La variación estacional en la abundancia de una especie en particular, depende tanto de factores alogénicos, sobre los cuales las especies no tienen un control directo (condiciones del medio ambiente físico), como de factores autogéni

cos, los cuales pueden ser regulados en un grado significativo ya sea por la misma especie o por especies de otros niveles tróficos (ciclo de vida, o depredación) (Smayda, - 1980).

La capacidad diferencial de las especies para adaptarse a los cambios físicos del medio o para regular su medio ambiente biótico, condiciona su abundancia, baja o alta, - en determinadas circunstancias.

Ante la imposibilidad de hacer un análisis exhaustivo de las posibles causas del crecimiento poblacional de cada una de las especies determinadas se hizo uso de la Estadística como una herramienta para facilitar la interpretación de la variabilidad observada en las especies más abundantes de la laguna de Amela.

Las especies que tienen un alto coeficiente de variación (C.V.) o de asimetría (C.A.), muestran un sesgo pronunciado hacia la derecha en las distribuciones de abundancia-frecuencia; los valores extremos sobre las abscisas - producen los picos en las gráficas de abundancia contra - tiempo (Lewis, 1977a).

La significación ecológica en términos de la estrategia demográfica de las especies de fitoplancton,  $r$  o  $k$ , - tiene que ver con su capacidad para resistir o adaptarse a los cambios medio-ambientales. Las especies con estrategia  $r$ , con alto C.V y C.A., son más susceptibles a tales cambios y su crecimiento es oportunista cuando las condiciones del medio les son favorables. En cambio, las que tienen un bajo C.V. y C.A., se ajustan a un patrón conservativo o de estrategia  $k$  y resisten de manera más efectiva con condiciones desfavorables, manteniendo su población dentro de un rango de variación más estrecho (Lewis, 1977a).

La discriminación hecha para las especies de acuerdo a nuestro criterio, se basó en la consideración de que las especies con bajo o moderado C.V. o C.A. correspondían a la estrategia  $k$  y las de alto C.V. y C.A. a la estrategia  $r$ .

Es significativo, a partir de esta clasificación que - las principales especies dominantes pertenecen a la estrategia k y las restantes en la mayoría de los casos a la estrategia r.

#### Diversidad.

El cálculo de la diversidad está sujeto a los problemas de identificación de las especies en el microscopio invertido, durante el conteo, sobre todo cuando se trata de organismos muy pequeños.

El valor medio calculado ( $H = 2.365$ ) puede indicarnos : que el valor obtenido es un valor común en cuerpos de agua con valores de abundancia entre  $10^2 - 10^4$  células/ml (Margalef, 1983), y que puede considerarse alto o bajo, en función de los factores que pueden modificarlo y que en este caso son, principalmente, la mezcla y las variaciones en la concentración de los nutrientes.

La mezcla afecta la diversidad en cuanto a que homogeniza las poblaciones en toda la columna de agua, de modo - que las especies que habitualmente ocupan estratos inferiores, como las diatomeas, se presentan en la zona fótica, - donde fueron recolectadas las muestras. Las variaciones en la concentración de los nutrientes afectan la diversidad en cuanto a que su disponibilidad puede permitir el desarrollo de especies que en un determinado momento, se presentaban - en menor abundancia.

Generalmente, los incrementos de densidad conllevan - una disminución en los índices de diversidad a causa de la transitoriedad y dinamismo de las poblaciones muy densas - (Margalef, 1968), que en este caso, son algunas especies de cianofíceas. Esta puede ser la razón por la que se observó una ligera disminución en los índices de diversidad de Abril y Junio.

La conjugación de factores tales como la precipitación,

el incremento de nutrientes y temperatura, crearon las condiciones favorables para el desarrollo de una amplia variedad de especies elevando el índice de diversidad en el mes de Agosto.

La diversidad máxima calculada ( $H_{m\acute{a}x}$ ) nos dá una idea acerca de los cambios que pudo haber sufrido el sistema en un periodo relativamente corto de tiempo, por la persistencia de muchas especies "raras" que todavía aparecen y que mantienen un índice de diversidad moderado.

## TEMPERATURA.

El régimen termal de la laguna de Amela, está caracterizado por cambios continuos de estratificación y mezcla, ya que los gradientes térmicos observados fueron diferentes durante el transcurso de los meses o se observó una completa homogenización de la columna de agua. Por esto, el cuerpo de agua puede considerarse como caliente polimictico (de acuerdo con Wetzel, 1975).

Solo a través del análisis estadístico y gráfico de los diferentes niveles de profundidad muestreados, fue posible distinguir entre un periodo de, mas o menos, clara mezcla (coincidente con el periodo estacional más "frío") y otro de estratificación, aún menos evidente (coincidente con los meses más calurosos). Sin embargo, esta distinción solo es útil para separar dos etapas, en donde en una, es favorecida mayormente la circulación y en otra la estratificación.

En realidad, las termoclinas observadas son principalmente puntuales; son producidas por el calentamiento gradual de la masa de agua conforme transcurre el día y su estabilidad es muy baja, ya que la turbulencia provocada por los vientos locales, el incremento de la nubosidad o cualquier lluvia ligera, fueron suficientes para homogenizar la columna de agua en determinado momento.

El haber encontrado una "sucesión" de termoclinas mensuales, no deja lugar a dudas acerca de la dinámica termal del sistema y, por supuesto, de su continua mezcla y estratificación. Es posible, que tales termoclinas sean solamente diurnas y que se hayan detectado casi siempre por haber realizado los muestreos durante las horas de mayor insolación.

Si como afirma Lewis (1973): "las termoclinas pueden ser distinguidas de una zona superficial de calor diurno, en que la convección nocturna ordinaria es suficiente para abatirlas", no se puede asegurar, si se presentan o no termoclinas verdaderas, puesto que nunca se muestreó por la noche o en horas muy tempranas de la mañana. Sin embargo, es bien sabido que en cuerpos de agua tropicales someros, factores tales como la alternancia del día y de la noche, los fenómenos atmosféricos locales y las entradas y salidas de agua, promueven el flujo de calor entre el aire y el agua y consecuentemente, el desplazamiento o el rompimiento de las ter

moquinas; por contraparte, cuando el clima es estable y la insolación es fuerte, pueden ocurrir breves separaciones de capas de diferente densidad, es decir, la formación de termoclinas.

## OXTGENO

El intenso metabolismo del oxígeno disuelto en la laguna de Amela, se asemeja al de los cuerpos de agua en estado de eutrofización avanzada.

A diferencia de los lagos eutróficos templados, el perfil clinogrado es conservado la mayor parte del año en una u otra parte de la laguna y no esta controlado por los cambios de temperatura. La conservación de niveles de O.D. cercanos o mayores al de saturación, no solo es consecuencia del equilibrio del gas entre la atmósfera y el agua - a la presión y temperatura presentes en un momento dado -, sino también en algún grado, a la alta producción fitoplanctónica en el sistema.

Análogamente, el abatimiento de O.D. en el fondo de la cubeta, implica una elevada actividad bacteriana en la interfase sedimentos-agua, por la degradación de los sustratos orgánicos que precipitan desde las - capas superiores.

Wetzel (1975), hace notar, que en todos los niveles la respiración bacteriana es intensa, pero en el hipolimnion, el gasto de oxígeno no está compensado por los mecanismos de la circulación y la fotosíntesis. Sin embargo, en un cuerpo de agua como Este, la circulación es eficiente y aunque la actividad fotosintética sea muy baja o nula en el fondo, la distribución del oxígeno por la turbulencia debería ser suficiente para abastecer toda la columna de agua; de aquí se deduce que la respiración - bacteriana tendrá que ser verdaderamente intensa para que esto no suceda.

Varios factores pueden influir para que la respiración en el fondo sea tan intensa; entre ellos la morfometría de la laguna. La pendiente suave del cuerpo de agua, permite un mayor contacto entre los sedimentos y el agua y por lo tanto, mayor superficie para la oxidación de la materia orgánica.

Otro factor importante, es el papel que juegan las macrofitas en el



sistema. Su papel en la producción de materia orgánica y su respiración nocturna, pueden causar fuertes variaciones en las concentraciones de oxígeno en las zonas donde se localizan (mapa 2). Aunque este metabolismo no tendría gran influencia sobre la zona limfética, su declinación y de posición sobre el fondo podría aumentar de tal manera la velocidad de las oxidaciones bacterianas que entonces sí afectarían al ecosistema entero.

De acuerdo con los resultados estadísticos, las mayores diferencias entre superficie y fondo, se presentaron en Octubre y Noviembre, de Febrero a Mayo y en Julio. A excepción de este último, estas observaciones coinciden con las disminuciones mayores de volúmen en el sistema y con las épocas de mayor precipitación.

Por último, la descomposición bacteriana de sustancias orgánicas en su última etapa de degradación, producen en los fondos lodosos de lagos alcalinos y bajo condiciones anaeróbicas, gas metano, que al escapar de los sedimentos es oxidado biogénicamente en un gran porcentaje, contribuyendo al consumo de O.D. (Reid y Wood, 1976).

La presencia de burbujas que emergían a la superficie desde el fondo, fué un fenómeno frecuentemente observado en el sistema y que apoya estas afirmaciones.

#### CARBONO INORGANICO, pH Y DUREZA TOTAL.

La laguna de Amela, es un cuerpo de agua moderadamente alcalino, con un pH promedio de 8.1. El gradiente que presenta de superficie a fondo esta relacionado, básicamente, con la distribución y actividad de los organismos autótrofos y heterótrofos que la habitan y con los movimientos de la masa de agua en la cubeta.

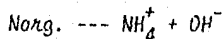
Las variaciones mayores de pH (estacionales) dependen, además, del efecto sinérgico de diversos factores físicos, químicos, biológicos y ambientales (Cuadro 1). Algunos de los cuales cobran más importancia que otros al influir más directamente, en modificar no solamente el pH sino la producción general del sistema.

incremento

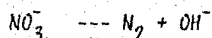
Asimilación de nitratos:



Descomposición aeróbica:

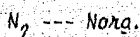


Desnitrificación:

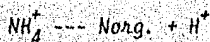


Norg. disuelto --- Norgánico

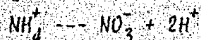
Fijación de Nitrógeno



Asimilación de Amonio:



Nitrificación bacteriana:



drenaje de material sódico  
drenaje de material calcáreo

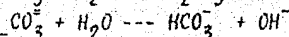
cercanía al mar- precipitación  
húmeda y seca, aportes de -  
sales alcalinas

evaporación- concentración de  
materiales alcalinos

precipitación de  $\text{CaCO}_3$

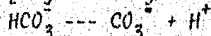
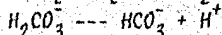
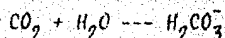
Carbonatos y bicarbonatos proce-  
dentes de la meteorización de -  
las rocas

Sistema carbónico-carbonatos:



NO PRODUCE CAMBIO

Sistema carbónico-carbonatos



Redisolución de  $\text{CaCO}_3$  del fondo

Precipitación atmosférica- dilu-  
ción de materiales alcalinos

Riqueza de materia orgánica di-  
suelta

Drenaje de rocas ígneas

Oxidación de pirita y arcillas

Ácidos minerales fuertes, como  
ácido sulfúrico

decremento

Cuadro 1. Sinopsis de algunos fenómenos físicos, químicos y biológicos que contribuyen a modificar el pH de las aguas continentales (recopilación de varias fuentes: Brewer y Goldman, 1976; Reid y Wood, 1976; Margalef, 1983; Wetzel, 1975).

El drenaje de la cuenca, favorece el ingreso de materiales alcalinos a la laguna, ya que su sustrato geoquímico está constituido de calizas, tobas y yesos; este hecho es importante al analizar la influencia de las lluvias sobre las variaciones del pH, la alcalinidad y la dureza del agua.

Las relaciones entre el C inorgánico, el pH y la dureza en la laguna de Amela, son complejas y el equilibrio entre ellas es roto por la modificación de algún factor (cuadro 1), que desencadena una serie de cambios entre estos y otros parámetros físico-químicos y biológicos en el sistema. Por ejemplo: un pico de pH es producido en Mayo por una disminución en el volumen de la laguna, debido a la alta evaporación, ya que se concentran materiales alcalinos; pero, además, se favorece la turbulencia de la masa de agua por los vientos locales (la profundidad disminuye y de por sí, el cuerpo de agua es somero), la remoción de nutrientes del fondo, la concentración y el florecimiento de las poblaciones de fitoplancton, etcétera.

Otros efectos de carácter sinérgico, son considerados en el cuadro 2, para esquematizar otros casos de variación de pH, alcalinidad y dureza, en la laguna de Amela.

Es importante hacer notar, que la precipitación no tuvo el mismo efecto de Diciembre a Enero que de Junio a Agosto, en principio, por el volumen de la precipitación. De Junio a Agosto, el efecto inmediato fue la dilución de los materiales disueltos disminuyendo el pH, la alcalinidad y la dureza. En cambio, de Diciembre a Enero, no hay tal efecto de dilución, mas bien se nota la acumulación de materiales alcalinos, -proveenientes del arrastre y la meteorización de las rocas por las lluvias en la cuenca de drenaje- produciendo el efecto inverso, es decir, incrementando el pH, la alcalinidad y la dureza.

Dado que la mayor parte del año, la dureza del agua es superior a 180 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ , es clasificada entre las aguas "muy duras" (según la clasificación de Brown, et al; cit. Lind, 1970).

De la observación de que la dureza total es siempre mayor que la alcalinidad total, se infiere que buena parte de los iones de Ca y Mg en solución, están asociados a sulfatos, cloruros, silicatos, o nitratos, -constituyendo lo que se denomina dureza permanente del agua (Boyd, 1979).

Máximo de pH -disminución de volúmen + alta evaporación + alta temperatura--- concentración de materiales alcalinos (Mayo)

Mínimo de pH -actividad oxidativa bacteriana + mezcla eficiente --- reducción de C.D., incremento de la alcalinidad y dureza total (Marzo)

Mínimo de dureza total -actividad fotosintetizadora + actividad bacteriana + mezcla eficiente --- precipitación de  $\text{CaCO}_3$  (Abril)

Incremento de alcalinidad y dureza -temperatura mínima del agua + aportes por precipitación y drenaje --- acumulación de materiales alcalinos y redisolución de  $\text{CaCO}_3$  (Enero)

Disminución de pH, alcalinidad y dureza -alta actividad fotosintética + asimilación de  $\text{NH}_4$  + nitrificación bacteriana + aportes de materia orgánica + precipitación --- dilución y precipitación de  $\text{CaCO}_3$  (Julio)

Cuadro 2. Resumen de algunos efectos que se conjugan para producir modificaciones de pH, alcalinidad y dureza en la laguna de Amela.

Es común asociar los lagos de aguas duras con cuerpos de agua muy productivos y eutróficos. En general, esto parece ser cierto, aunque se conocen lagos oligotróficos de aguas duras.

Las fuertes variaciones de la alcalinidad y la dureza que se presentaron en la laguna de Amela, son propias de cuerpos eutróficos en los cuales tanto la descalcificación biogénica como la redisolución del carbonato de calcio, se dan con gran intensidad en la superficie y en los sedimentos, respectivamente.

El pH determina en buena parte, la predominancia de uno y otro tipo de algas; y la proporción mayor de bicarbonatos sobre otras formas de C-inorgánico, representa una desventaja competitiva para las especies que solo pueden aprovecharlo como  $\text{CO}_2$  (Shapiro, 1979). Las consecuencias del pH y la alcalinidad sobre la composición y actividad del fitoplancton en la laguna de Amela, serán analizadas posteriormente.

## NITROGENO.

La dinámica del Nitrógeno inorgánico en la laguna de Amela, depende básicamente, del metabolismo de los microorganismos y de las algas, tanto en su distribución vertical como estacional; pero estos procesos son atenuados o intensificados con los cambios de volumen y con el ingreso de material alóctono por arrastre fluvial al sistema.

Comparativamente, con los lagos templados, las concentraciones de nitrógeno inorgánico son relativamente bajas. Esto no es raro en lagos tropicales en los cuales, sin embargo, tienen una elevada tasa de renovación lo que los hace bastante productivos (Hill y Rai, 1982).

Con respecto a la distribución vertical del nitrógeno inorgánico, Margalef (1983), menciona que los gradientes frecuentemente observados son de la manera siguiente:

|                              | epilimnion | aguas anóxicas |
|------------------------------|------------|----------------|
| nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) | 89 %       | 20 %           |
| nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) | 2 %        | 1 %            |
| amonio ( $\text{NH}_4^+$ )   | 9 %        | 79 %           |

Dados los gradientes de temperatura, O.D. y pH que se presentan en el sistema de forma más o menos constante -aumentando hacia la superficie y disminuyendo hacia el fondo-, una distribución similar a la mencionada por Margalef, era de esperarse en la laguna de Amela. Los múltiples perfiles observados son, posiblemente, consecuencia tanto de la conjunción de diferentes procesos metabólicos (nitrificación, reducción de nitratos, excreción, etc.) como de la movilidad de las poblaciones algales y bacterianas favorecidas por la mezcla de la masa de agua y la remoción de los sedimentos.

La reducción química de C inorgánico utilizando la energía de oxidación-reducción (nitrificación), es un proceso bacteriano importante en las zonas trofogénicas de los cuerpos de agua. En la laguna de Amela, donde el O.D. está disponible en todo momento, la nitrificación cobra importancia cada vez que son liberadas cantidades considerables de  $\text{NH}_4^+$  de los sedimentos o de las zonas litorales, donde el metabolismo de oxidación bioquímica debe ser más intenso durante el decaimiento de la vegetación. Esto último, se espera que haya ocurrido en Mayo y tenga algo que

ver con el incremento de  $\text{NH}_4^+$  registrado en este mes.

Una hipótesis que manejamos para explicar los pocos casos particulares, en que se registró de manera clara la nitrificación, es que los aportes de materia orgánica al sistema, quizá sean, principalmente, de materia húmica (tañinos y derivados) que producen un efecto inhibitorio de la nitrificación (Wetzel, 1975); si esto está sucediendo, la asimilación algal de amonio, sería la posible ruta que cobrara importancia en su decremento.

La posibilidad de que esta inhibición suceda, está en función de la actividad metabólica de la vegetación circundante bañada por las corrientes. Ya que se trata de suelos predominantemente sedimentarios, expuestos a una alta intemperización, los compuestos de ácidos húmicos a los que se adsorbe fuertemente el amonio sobre todo en cuerpos de agua alcalinos (Margalef, 1983), es muy probable. En todo caso, la reserva de amonio en los sedimentos de la laguna sería más grande y su liberación más importante, cuando éstos fueran removidos y la materia orgánica resuspendida o cuando las condiciones de anaerobia en los sedimentos redujeran su capacidad de adsorción permitiendo, igualmente, su liberación.

La desnitrificación, se cree que tenga poca importancia debido a que ocurre en condiciones de escasez de  $\text{O}_2$  o de anoxia absoluta; condiciones que raras veces se presentan en la laguna o existen solo debajo de la microzona oxidada de los sedimentos. Esto significa, por ende, que las bacterias usarían preferentemente el  $\text{O}_2$  para la oxidación de la materia orgánica en vez de nitratos o nitritos.

También es posible, que en condiciones de pH y temperaturas altas, la desnitrificación ocurra hasta la formación de  $\text{N}_2$  (nitrógeno molecular); tales condiciones se presentan en la laguna de Amela en el mes de Mayo, por lo que quizá la liberación de nitrógeno desde los sedimentos sea mayor a la observada por el  $\text{NH}_4^+$ .

La importancia de este proceso (liberación de  $\text{N}_2$ ) es que buena parte de éste podría ser fijado por cianofíceas y bacterias. El primer producto estable de la fijación es, precisamente, el amoniaco (Lehninger, 1979), cuya oxidación contribuye al incremento de nitratos en el medio aeróbico del agua. Este incremento también ocurre en Mayo y posiblemente, esté asociado a este mecanismo de obtención de nitrógeno inorgánico como  $\text{NO}_3^-$ .

La asimilación de nitrógeno en sus formas principales ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NH}_4^+$ )

por algas y macrofitas puede ser diferencial en el sentido de que el estado menos oxidado requiere menos energía (Margalef, 1983). Sin embargo, tanto las plantas superiores como la mayoría de las algas asimilan y reducen el nitrato a nitrito y el nitrito a amonio, por medio de enzimas conocidas con el nombre de reductasas, para utilizarlo en las aminaciones (Lehninger, 1979). Como las reductasas del nitrito, requieren luz, muchas algas deficientes en nitrógeno, pueden tomar rápidamente  $\text{NH}_4^+$  en la oscuridad (Margalef, 1983). En este sentido, la luz sería un factor determinante en el consumo diferencial de nitrógeno en la columna de agua, ya que aunque se trata de un cuerpo de agua somero, la escasa visibilidad del disco de Secchi (tablas 1-11-A) indica que la zona fótica no se extiende hasta el fondo de la cubeta.

La frecuente acumulación de amonio en capas medias o superficiales - puede ser debida, no solamente a la excreción de  $\text{NH}_3$  por el fitoplancton - (el  $\text{NH}_3$  es el producto final de la descomposición de las sustancias nitrogenadas de los organismos por la respiración; la neutralización con ácidos da fácilmente  $\text{NH}_4^+$ ), sino también por el zooplancton. La excreción de amoniaco por el zooplancton puede contribuir significativamente a esta acumulación en condiciones propicias para su crecimiento (Margalef, 1983).

De forma estacional, el efecto de la temperatura sobre el metabolismo de los organismos fitoplanctónicos es evidente, en función de la asimilación de nitratos. La permanencia de un nivel constante de nitratos de Diciembre a Febrero, obedece a la disminución de la actividad metabólica de las algas durante la época de mayor enfriamiento del agua. El incremento de la temperatura trajo aparejado, un consumo más intenso de nitratos de Marzo a Junio antes de la temporada de lluvias, incrementándose también notablemente las poblaciones de fitoplancton.

Un suceso acoplado a este efecto, es la remoción de los sedimentos - por la turbulencia, facilitada por la disminución de volumen de la laguna. Los sedimentos constituyen sobre todo en las estaciones secas, la principal reserva de nitrógeno orgánico e inorgánico disponible para las algas, por lo que la turbulencia juega un papel muy importante en la producción del sistema.

Por otra parte, las lluvias contribuyen significativamente al ingreso de  $\text{NO}_3$  al sistema, tanto por la oxidación de  $\text{NH}_4^+$  en el aire como a través del drenaje de la cuenca (en regiones calizas como esta, el drenaje de nitró

geno inorgánico como  $\text{NO}_3^-$  es mayor que en otras regiones), de manera que la acumulación de  $\text{NO}_3^-$  es mucho mayor a la de  $\text{NH}_4^+$  en esta temporada.

El agua "nueva" de fuentes no contaminadas vendrá cargada con muchos nitratos y fosfatos, pero con poca reserva de nitrógeno en forma de compuestos orgánicos, que serán rápidamente utilizados por el fitoplancton. A falta de una reserva disponible, como la que tiene el agua "vieja" de la laguna en forma de materia orgánica suspendida o disuelta, esos nitratos y fosfatos serán rápidamente agotados como no sean sustituidos continuamente (Findenegg, 1965). Esta es la razón por la que después de un pico de  $\text{NO}_3^-$  en Julio, éstos son reducidos casi a la mitad en Agosto.

#### FOSFORO.

El control de la distribución y concentración del fósforo tanto orgánico como inorgánico en la laguna de Amela, está relacionado con los siguientes factores: translocaciones de material sestónico en la columna de agua, intercambio con los sedimentos, adsorción a minerales sólidos e influencia de la zona litoral a través de las macrofitas.

Las concentraciones de fósforo total son bajas (menores a 6  $\mu\text{g}/\text{l}$ , en promedio) y por consiguiente, la de ortofosfatos aún más (menores a 3  $\mu\text{g}/\text{l}$ , en promedio), contrario a lo que podría esperarse en un sistema, que se observa, tiene ingresos considerables de materia orgánica, tanto por drenaje de la cuenca en la época de lluvias como a través del canal alimentador proveniente del río Coahuayana (Mapa 1). Además, tiene un notable desarrollo de vegetación emergida en sus áreas marginales, cuyo decaimiento constituye aportes adicionales de materia orgánica al sistema.

Las posibles explicaciones que pueden darse a este fenómeno, están relacionadas con los factores primeramente mencionados y serán analizados individualmente.

Con respecto al fitoplancton, la baja concentración de  $\text{PO}_4^{3-}$  en la columna de agua, quizá no sea significativa en este caso, ya que en la laguna predominan las cianofíceas, las cuales pueden subsistir en estas



condiciones (Pearl y Ustach, 1982). Además, el  $PO_4^{3-}$  es rápidamente reciclado en la zona trofógena y las algas tienden a consumir más fosfato del que necesitan cuando está disponible - "consumo lujurioso"- y a almacenarlo, de manera que pueden utilizarlo por algún tiempo cuando escasea o esta ausente en el medio (Wetzel, 1975). Por supuesto, la concentración y distribución del fosfato cuando está en concentraciones detectables, es alterada por la distribución de las poblaciones de fitoplancton en la columna de agua.

Dado que las concentraciones de fósforo son también bajas en el agua, la mayor parte de éste debe encontrarse adsorbido en minerales sólidos, materia orgánica particulada muerta o en agregaciones macroorgánicas sobre los sedimentos.

El estado de oxidación-reducción, es uno de los factores que controlan la tasa e intensidad de liberación de fósforo desde los sedimentos (Prenazzi y Provini, 1985). Podemos suponer, que dadas las condiciones de oxigenación del agua sobre los sedimentos, éstos son, durante todo el año, aeróbicos; ya que a pesar de los drásticos abatimientos de O.D., frecuentes en el sistema, rara vez se dan niveles de anoxia.

Aunque no se excluye la posibilidad de que a determinada profundidad dentro de los sedimentos, por su grosor, se encuentre en condiciones anaeróbicas, la liberación de fósforo a este nivel no sería más significativa que en los sedimentos encima de ellos a través de otros mecanismos.

Puesto que los sedimentos están bien oxigenados, el principal mecanismo en la liberación de fósforo es la difusión, condicionada por el gradiente de concentración (Prenazzi y Provini, 1985).

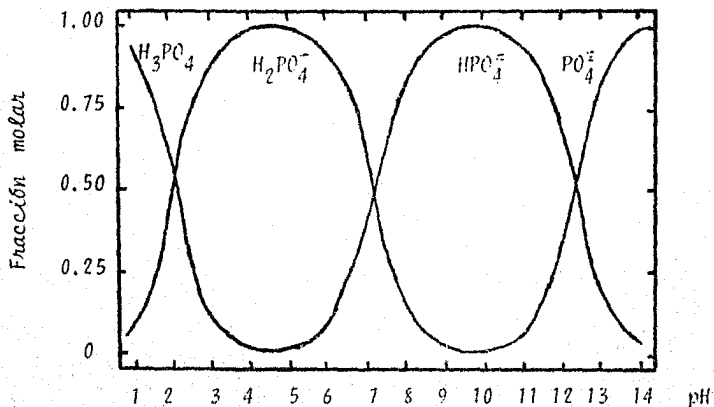
No se tienen elementos para afirmar si existe o no tal gradiente de difusión, puesto que no se conocen las concentraciones de fósforo en los sedimentos, pero a juzgar por la concentración de  $PO_4^{3-}$  en el agua, la liberación por este medio debe ser lenta o muy baja. Esto puede deberse al efecto opuesto de dos factores: por una parte, a pHs mayores de 7, la remoción de fosfatos de los minerales sólidos donde se adsorben es mayor (Olausson y Cato, 1980); puesto que la laguna tiene un pH promedio alrededor de 8, es de esperarse de que en este sentido, la liberación de fósforo este favorecida. Por contraparte, las altas temperaturas tienden a incrementar la adsorción de fosfato en los minerales sólidos (Olausson y Cato, 1980), y la temperatura de este cuerpo de agua es alta durante todo el año. La influencia de estos

dos factores opuestos, no está en nuestras manos determinarla mediante este trabajo.

Otro factor importante, es la forma en que se presenta el f<sup>-</sup> foro en los sedimentos. La adsorción sobre minerales sólidos es favorecida por la presencia de fosfato como  $H_2PO_4^-$  mas que por  $HPO_4^{2-}$ ; estos últimos dominan el sistema de disociación de fosfatos a pH altos (Olausson y Cato, 1980). Tampoco en este caso, podemos saber cual de estos iones es predominante, - simplemente se mencionan como base a la discusión de factores no considera dos en este trabajo y que podrían constituir la verdadera explicación de - lo que sucede en la laguna de Amela, en cuanto a la dinámica del fósforo.

En relación al sistema de disociación de fosfatos, la figura de la siguiente página, ilustra las proporciones relativas de las formas de fósforo en el agua en equilibrio con el pH (tomado de Boyd, 1979). Las formas iónicas, son formas solubles de la disociación del ácido ortofosfórico ( $H_3PO_4$ ). En la figura, se observa que el  $PO_4^{3-}$  aparece en mayor proporción a valores de pH altos. No obstante, la determinación de ortofosfatos por el método utilizado (Greenfield y Kalber mod. por Murphy y Riley, 1962), se hace en solución ácida, por lo que se determinan todas estas formas ionizadas, no dejando lugar a suposiciones sobre si su baja concentración - se debe a los valores de pH (entre 7.5 y 9.0) registradas en la laguna. Es decir, la concentración de fósforo inorgánico soluble es baja en todas sus formas, aunque deben predominar como  $HPO_4^{2-}$ . La hidrólisis de polifosfatos y del fósforo orgánico soluble, llevada a cabo por la actividad bacteriana, representa aportes importantes de  $PO_4^{3-}$  en la columna de agua, el cual es rápidamente asimilado por las algas para la producción fotosintética (Boyd, 1979).

En cuanto a la adsorción en minerales sólidos y formación de sales insolubles se deduce lo siguiente: ya que las solubilidades de los fosfatos de Fe y Al se incrementan con el pH y la adsorción a minerales arcillosos se favorece a pH bajos, las sales insolubles más importantes en la laguna de Amela deben ser los fosfatos de Ca y el  $CaCO_3$  con el que co-precipitan fosfatos. La precipitación de éste último, depende de la adsorción de  $CO_2$  por los productores primarios con el consecuente incremento de pH (Boyd, 1979; Wetzel, 1975). Por lo tanto, la concentración del ión Ca en solución, debe determinar la solubilidad del fosfato. Desafon-



Efectos del pH sobre las proporciones relativas de  $H_3PO_4$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$  y  $PO_4^{3-}$  en una solución de ortofosfatos.

tunadamente, las proporciones de Ca y Mg no se pueden deducir de las de terminaciones de la dureza total, que se realizaron; puesto que, tales proporciones son variables con la naturaleza de la cuenca de drenaje - (Boyd, 1979; Reid y Wood, 1976), y no podemos argumentar que tan fuerte es la influencia de este factor sobre la dinámica del fósforo en el sistema.

Wetzel (1975), afirma que la flora litoral tiene mucha importancia en el reciclaje de fósforo en los lagos. Dado el desarrollo de vegetación emergida (tule) en la laguna de Amela, podría ser importante en la movilización de fósforo desde los sedimentos, sobre todo porque en estos se encuentra la mayor reserva de fósforo en el sistema.

En un cuerpo de agua dulce tropical como éste, la flora litoral no está sujeta a perturbaciones ambientales drásticas que puedan acabar de un momento a otro con la vegetación, por ejemplo, al final de la estación de crecimiento -el Verano, en lagos templados- sino más bien a un crecimiento más o menos continuo, de manera que se establece un intercambio constante de fósforo entre la zona litoral y el epilimnion (Wetzel, 1975). Por lo tanto, el efecto global es un equilibrio más o menos estable entre el fósforo disponible en ambas zonas.

Esto puede explicar el porqué, el decaimiento o crecimiento de la vegetación litoral, no produce cambios muy marcados en la concentración de fosfatos en la zona limnética.

## RELACION FITOPLANCTON - PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

La disminución de la temperatura pudo afectar la tasa de crecimiento de las especies predominantes, en los meses de Diciembre y Febrero; Ésta parece ser la causa más probable de su baja abundancia por el hecho de que otros parámetros se mantuvieron más o menos constantes. Si bien la --disminución de la temperatura no es muy drástica (del orden de 4 a 5 °C) puede suceder que estas especies estén adaptadas a crecer en condiciones de temperatura más elevadas que son las más frecuentes en el sistema.

La mayor proporción de diatomeas, se observó en condiciones de --disminución de densidad de cianofleas, que acarrea una disponibilidad de nitratos y fosfatos en el medio.

La disminución en la concentración de nutrientes en el mes de --Abril, favoreció la proliferación de algas verde-azules, dado que en tales condiciones estas algas tienen la capacidad de fijar nitrógeno molecular de la atmósfera; a esta capacidad debe sumarse la que tienen para mantenerse en superficie por medio de sus mecanismos de flotación (principalmente vacuolas de gas). La ventaja que obtienen de esta flotación es que pueden obtener  $CO_2$  atmosférico en la interfase aire-agua y consumirlo preferentemente a los bicarbonatos y carbonatos (Pearl y Ustach, -1982).

El alto consumo de  $CO_2$ , utilizado en la fotosíntesis por las cianofleas, incrementó el pH y la alcalinidad notablemente para el mes de Mayo, donde suponemos que se mantuvo una abundancia de fitoplancton muy alta. En este mismo mes y en el mes de Junio, la población de algas verdes presentó valores mínimos de abundancia debido a que su óptimo desarrollo se favorece a pH más bajos (Shapiro, 1973).

Es muy posible que a este incremento de abundancia contribuya la disminución gradual de volumen del sistema, ya que por este efecto podría esperarse una mayor concentración de las poblaciones, de manera que el incremento podría ser mayor al esperado en condiciones de estabilidad en el volumen.

El efecto esperado en los muestreos de Junio y Agosto, dado el incremento en la cantidad de nutrientes y de iones al sistema, sería un incremento en las poblaciones de fitoplancton; la disminución observada pue

de deberse a que el aumento en el volumen del sistema no es comparable - con la tasa de crecimiento de las poblaciones de fitoplancton, obteniendo se un efecto de dilución.

La apreciación de las verdaderas fluctuaciones de abundancia del - fitoplancton, podría obtenerse por medio de la ponderación de los cambios de volumen en relación a tales fluctuaciones en la abundancia.

## CONCLUSIONES

- El fitoplancton de la laguna de Amela, está caracterizado por la dominancia de cianofíceas en un alto porcentaje (mayor al 90 %).
- Debido a que la aparición de la mayoría de las especies más abundantes es constante a lo largo del año, no se observa un proceso de sucesión. Por lo tanto, existe una sola comunidad fitoplanctónica.
- Existe una asociación evidente entre las dieciséis especies más abundantes de fitoplancton, que corresponden a los pares de especies con probabilidades de aparición conjunta mayores del 90 %. No se puede afirmar con fundamento estadístico, si existe o no asociación entre las especies con probabilidades conjuntas menores al 90 %, por el bajo número de muestras.
- El uso de los coeficientes de variación y de asimetría, como una manera de representar las fluctuaciones estacionales de las especies de fitoplancton en forma individual, resultó apropiado para interpretar estas fluctuaciones en términos de su estrategia demográfica. Ya que son pocas las especies dominantes que representan más del 90 % de la abundancia total, solo algunas especies presentan estrategia k y la mayoría estrategia r.
- La diversidad del fitoplancton es moderada y presenta pocas fluctuaciones en función de la mezcla, la disponibilidad de nutrientes y los cambios de densidad de las poblaciones.
- El régimen termal de la laguna es caliente polimíctico, con periodos incompletos de estratificación estacional y con termoclinas diurnas inestables.
- Se presentan, generalmente, perfiles clinógrafos de oxígeno, manteniéndose condiciones de saturación o sobresaturación en las capas superiores.
- Se observa una estratificación química, dada por el oxígeno y el pH que, sin embargo, no afecta en la zona fótica la distribución del fitoplancton, ni la distribución de los nutrientes en toda la columna de agua.

- Es un cuerpo de agua muy dura, moderadamente alcalino con predominancia de bicarbonatos y escasez de dióxido de carbono. Buena parte de su dureza es permanente (no debida a carbonatos y bicarbonatos).
- Las concentraciones de los nutrientes inorgánicos en el sistema, generalmente, son bajas. Sin embargo, es posible que éstos tengan una tasa de renovación muy rápida.
- Las condiciones cambiantes del ecosistema, tanto a nivel ambiental como en sus propiedades físico-químicas, favorecen la dominancia absoluta de las cianofíceas a lo largo del año.
- Por sus características físico-químicas y en base a su composición de especies de fitoplancton, la laguna de Amela se encuentra en un estado de eutrofia moderada.

## COMENTARIOS FINALES

El estado de eutrofia en el que se encuentra la laguna de Amela - aunque hace falta la investigación de otros parámetros para definirlo - con más detalle (1)- ha sido considerado tradicionalmente, como indeseable en países donde los lagos constituyen una importante fuente de abastecimiento de agua limpia (Margalef, 1983).

Sin embargo, con otros fines, las condiciones físico-químicas y biológicas presentes en tal estado son propicias para el desarrollo de cadenas alimenticias más complejas, haciendo fluir la materia y la energía a través de compartimientos cada vez más amplios en los que se llevará a cabo una alta producción y acumulación de biomasa.

Esto se refleja, indudablemente, en el florecimiento de las poblaciones de algas, la flora litoral y finalmente en la producción piscícola (2).

La influencia de las algas sobre otros organismos en la laguna debe ser analizada en función de la dominancia de las cianofitas como grupo y por las especies presentes.

Algas verde-azules tales como Oscillatoria, Aphanizomenon, Anabaena y Microcystis juegan un papel muy importante al introducir al ecosistema nitrógeno inorgánico del aire, en un cuerpo de agua que sufre disminuciones drásticas de este nutriente.

Algunas especies presentes son indicadoras de contaminación: Nitzschia palea, N. acicularis, N. linearis, Cyclotella meneghiniana, Synedra ulna y Scenedesmus quadricauda, (Palmer, 1962), pero por fortuna son escasas en la laguna. Otras como Euglena acus y especies de los géneros Oscillatoria, Navicula y Synedra son propias de aguas ricas en materia orgánica.

---

(1) Tales parámetros son: producción primaria, diversidad y especies de zooplankton e invertebrados bentónicos, densidad de bacterias y composición de los sedimentos, entre otros.

(2) En los últimos tres años se han registrado las siguientes capturas anuales de Tilapia sp.: 1983, 902 tons.; 1984, 782 tons. y 1985, 493 tons., incluyendo dos meses y medio de veda (Fuente: Ofna. de Pesca, Tecoman, Col.). La disminución gradual de las capturas es debida a la sobreexplotación del recurso.



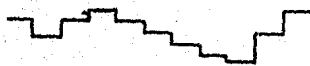
nica (Palmer, 1962).

Por otra parte, la flora litoral contribuye significativamente a remover el fósforo de los sedimentos, donde según parece tiende a retener e la mayor parte de éste.

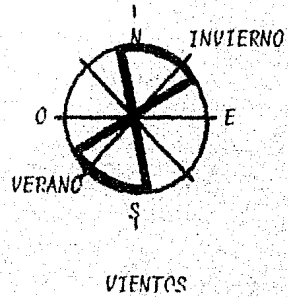
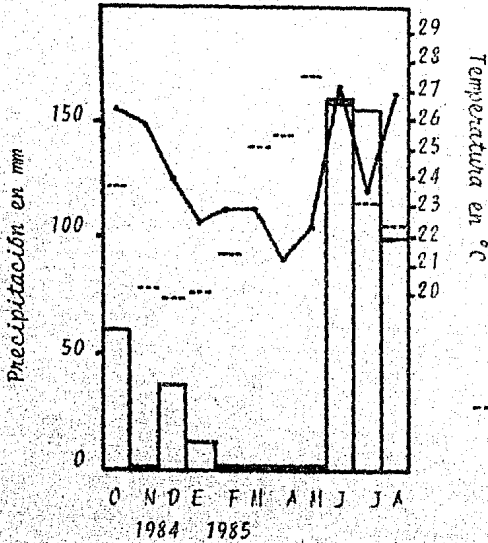
En general, las condiciones físico-químicas observadas son apropiadas para el desarrollo y reproducción de la Tilapia sp. Se consideran como rangos deseables: pH entre 7 y 9, menos de 5 mg de  $\text{CO}_2$  libre, temperatura entre 24 y 30 °C, un óptimo de 3.5 ml/l de oxígeno disuelto, alcalinidad de 14 a 150 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ , dureza mayor de 100 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ , ausencia de nitritos y de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) (Boyd, 1979).

Con este trabajo se ha intentado cubrir algunos aspectos limnológicos de interés. Otros estudios podrían implementarse para conocer la importancia de la flora litoral y de los sedimentos en la productividad de la laguna; aspectos que a diferencia de los lagos templados parecen desempeñar una función más relevante en los cuerpos de agua tropicales.

A P E N D I C E S



Representación esquemática de los cambios de nivel de la Laguna



--- evaporación

Gráfica climática. Precipitación mensual y temperatura mensual en la estación meteorológica de la Laguna de Amela, de Octubre-84 a Agosto-85

| Estación | nivel | Zm<br>m | Hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>ml/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | PO <sub>4</sub><br>ug/l | P total<br>ug/l |
|----------|-------|---------|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| I        | 1     |         | 10:30 | 30.0        | 4.85                   | 92        | 8.9 | 4.65                    | 86.7             | 0                          | 211.7           | -                       | -                       | -                       | -               |
|          | 2     |         |       | 30.0        | 4.65                   | 88        | 8.8 | 4.65                    | 102.6            | 0                          | 209.7           | -                       | -                       | -                       | -               |
|          | 3     | 3.0     |       | 30.0        | 3.39                   | 64        | 7.7 | 6.98                    | 108.0            | 0                          | 211.7           | -                       | -                       | -                       | -               |
| II       | 1     |         | 10:50 | 31.0        | 4.65                   | 90        | 8.4 | 2.32                    | 99.9             | 0                          | 207.8           | 23.80                   | 0                       | 1.04                    | 3.40            |
|          | 2     |         |       | 30.5        | 4.56                   | 87        | 8.2 | 4.65                    | 102.6            | 0                          | 213.6           | 3.25                    | 0                       | 0.80                    | 3.40            |
|          | 3     | 3.5     |       | 29.8        | 0.02                   | 3         | 8.1 | 6.98                    | 32.4?            | 0                          | 215.6           | 3.25                    | 0                       | 0.67                    | 3.40            |
| III      | 1     |         | 11:15 | 31.0        | 5.62                   | 108       | 8.2 | 2.32                    | 56.7?            | 0                          | 211.7           | 3.25                    | 0                       | 0.80                    | 4.62            |
|          | 2     |         |       | 30.5        | 4.75                   | 91        | 8.2 | 0                       | 24.3?            | 0                          | 215.6           | 23.20                   | 0                       | 0.91                    | 3.40            |
|          | 3     | 4.0     |       | 30.2        | 2.42                   | 46        | 7.9 | 4.65                    | -                | -                          | 215.6           | 23.20                   | 0                       | 1.04                    | 5.82            |
| IV       | 1     |         | 11:30 | 31.2        | 3.59                   | 69        | 8.2 | 0                       | 13.5?            | 0                          | 215.6           | 1.52                    | 0                       | 0.91                    | 3.40            |
|          | 2     |         |       | 30.6        | 3.20                   | 61        | 8.6 | 0                       | 64.8?            | 10.8                       | 221.5           | 67.70                   | 0                       | 0.55                    | 3.40            |
|          | 3     | 4.0     |       | 30.0        | 0.77                   | 15        | 7.6 | 9.31                    | 86.4             | 0                          | 211.7           | 2.40                    | 0                       | 1.15                    | 3.40            |
| V        | 1     |         | 12:00 | 31.5        | 4.46                   | 86        | 8.1 | 0                       | 81.0             | 0                          | 211.7           | 1.52                    | 0                       | 1.27                    | 4.20            |
|          | 2     |         |       | 30.8        | 4.17                   | 80        | 8.2 | 0                       | 72.9             | 0                          | 227.4           | 1.52                    | 0                       | 1.63                    | 2.80            |
|          | 3     |         |       | 30.5        | 3.88                   | 74        | 8.1 | 0                       | 97.2             | 0                          | 225.4           | 4.99                    | 0                       | 1.27                    | 4.62            |
|          | 4     | 6.0     |       | 30.2        | 1.94                   | 37        | 8.0 | 2.32                    | 102.6            | 0                          | 225.4           | -                       | -                       | -                       | -               |
| VI       | 1     |         | 12:20 | 32.0        | 6.30                   | 123       | 8.6 | 0                       | 89.1             | 0                          | 227.4           | 5.85                    | 0.39                    | 3.50                    | 3.50            |
|          | 2     |         |       | 31.0        | 3.59                   | 69        | 8.5 | 0                       | 94.5             | 0                          | 225.4           | 11.93                   | 0                       | 1.27                    | 2.80            |
|          | 3     |         |       | 30.8        | 3.59                   | 69        | 8.0 | 0                       | 75.6             | 0                          | 221.5           | 0.66                    | 9.48                    | 1.03                    | 2.80            |
|          | 4     | 6.0     |       | 30.5        | 1.45                   | 28        | 7.5 | 11.64                   | 89.1             | 0                          | 221.5           | 14.53                   | 0                       | 1.63                    | 3.40            |
| VII      | 1     |         | 12:30 | 31.2        | 4.36                   | 84        | 8.5 | 0                       | 89.1             | 0                          | 223.4           | 2.38                    | 4.93                    | 1.03                    | 1.63            |
|          | 2     |         |       | 31.2        | 4.07                   | 79        | 8.5 | 0                       | 94.5             | 0                          | 223.4           | 14.53                   | 5.97                    | 1.39                    | 2.80            |
|          | 3     |         |       | 30.8        | 3.88                   | 75        | 8.7 | 0                       | 97.2             | 0                          | 221.5           | 1.57                    | 0                       | 1.03                    | 4.62            |
|          | 4     | 6.5     |       | 30.5        | 3.00                   | 57        | 8.0 | 1.16                    | -                | -                          | 221.5           | 4.12                    | 4.02                    | 0.79                    | 3.40            |
| VIII     | 1     |         | 12:50 | 31.4        | 4.85                   | 94        | 8.4 | 0                       | 102.6            | 16.2                       | 219.5           | 2.38                    | 5.84                    | 0.91                    | 4.62            |
|          | 2     |         |       | 31.2        | 4.46                   | 86        | 8.5 | 0                       | 99.9             | 10.8                       | 225.4           | 9.32                    | 0.39                    | 0.79                    | 4.62            |
|          | 3     | 4.8     |       | 30.8        | 3.88                   | 75        | 8.7 | 0                       | 102.6            | 0                          | 221.5           | 0                       | 0.39                    | 0                       | 0               |
| IX       | 1     |         | 13:05 | 31.5        | 5.04                   | 98        | 8.4 | 0                       | 99.9             | 0                          | 221.5           | 1.52                    | 1.92                    | 0                       | 2.80            |
|          | 2     |         |       | 31.2        | 4.46                   | 86        | 8.6 | 0                       | 99.9             | 16.2                       | 221.5           | 0.66                    | 0.40                    | 0.80                    | 2.80            |
|          | 3     | 3.0     |       | 30.5        | 0.87                   | 17        | 7.8 | 6.90                    | 94.5             | 0                          | 213.6           | 0                       | 0                       | 0                       | 2.80            |

Tabla 1-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 4 de Octubre de 1984.

Zm= profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos y dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/l  
 No se detectaron nitritos (NO<sub>2</sub>)

| Estación | Nivel | Zm  | Hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>ml/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | NO <sub>2</sub><br>ug/l | PO <sub>4</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|----------|-------|-----|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I        | 1     | 2.0 | 9:35  | 28.9        | 5.06                   | 94        | 7.8 | 10.56                   | 148.0            | 0                                       | 227.4           | 18.87                   | 3.25                    | 0.12                    | 1.39                    | 5.00       |
|          |       |     |       | 28.8        | 4.94                   | 92        | 7.8 | 17.60                   | 146.5            | 0                                       | 227.4           | 20.60                   | 1.12                    | 0.03                    | 0.91                    | 5.22       |
| II       | 1     | 4.5 | 9:50  | 29.2        | 4.02                   | 75        | 7.9 | 10.56                   | 151.0            | 0                                       | 223.4           | 15.40                   | 0                       | 0                       | 1.03                    | 5.34       |
|          |       |     |       | 29.0        | 3.79                   | 70        | 7.9 | 10.56                   | 148.0            | 0                                       | 227.4           | 40.56                   | 0                       | 0.24                    | 1.63                    | 4.02       |
|          |       |     |       | 28.4        | 0.57                   | 10        | 7.4 | 10.56                   | 152.4            | 0                                       | 225.4           | 10.19                   | 0                       | 0.03                    | 1.63                    | 6.54       |
| III      | 1     | 3.0 | 10:23 | 29.6        | 5.18                   | 97        | 8.3 | 0                       | 148.0            | 5.92                                    | 231.3           | 21.47                   | 0                       | 0.40                    | 0.31                    | 4.04       |
|          |       |     |       | 29.4        | 5.18                   | 97        | 8.3 | 0                       | 145.0            | 8.88                                    | 225.4           | 18.87                   | 1.12                    | 0.20                    | 5.25                    | 5.22       |
|          |       |     |       | 29.0        | 1.03                   | 19        | 7.6 | 10.56                   | 155.4            | 14.80                                   | 225.4           | 18.87                   | 1.55                    | 0.40                    | 2.84                    | 4.02       |
| IV       | 1     | 3.9 | 10:45 | 29.7        | 5.29                   | 99        | 8.2 | 0                       | 142.0            | 8.88                                    | 227.4           | 8.46                    | 0                       | 0.53                    | 1.59                    | 2.83       |
|          |       |     |       | 29.2        | 4.60                   | 86        | 8.1 | 0                       | 143.5            | 5.92                                    | 227.4           | 22.34                   | 7.94                    | 0.12                    | 1.63                    | 4.02       |
|          |       |     |       | 28.9        | 0.34                   | 6         | 7.5 | 10.56                   | 148.0            | 0                                       | 223.4           | 21.47                   | 0                       | 0.40                    | 1.15                    | 5.22       |
| V        | 1     | 5.3 | 11:00 | 30.3        | 5.52                   | 104       | 8.4 | 0                       | 143.5            | 5.92                                    | 223.4           | 19.63                   | 0.69                    | 0.03                    | 1.03                    | 4.02       |
|          |       |     |       | 29.6        | 5.18                   | 97        | 8.3 | 0                       | 152.4            | 20.72                                   | 227.4           | 24.07                   | 2.40                    | 0.57                    | 2.23                    | 5.22       |
|          |       |     |       | 29.2        | 4.60                   | 86        | 8.2 | 7.04                    | 148.0            | 0                                       | 225.4           | 16.20                   | 9.90                    | 0.45                    | 1.70                    | 4.02       |
|          |       |     |       | 29.0        | 1.38                   | 25        | 7.6 | 10.56                   | 142.0            | 0                                       | 227.4           | 40.56                   | 2.14                    | 0.12                    | 1.68                    | 4.62       |
| VI       | 1     | 6.5 | 11:30 | 30.1        | 6.33                   | 119       | 8.3 | 0                       | 143.5            | 20.72                                   | 219.5           | 17.13                   | 5.81                    | 0.40                    | 2.23                    | 5.22       |
|          |       |     |       | 29.6        | 6.10                   | 114       | 8.4 | 0                       | 143.5            | 14.80                                   | 227.4           | 26.67                   | 0.69                    | 0.24                    | 2.23                    | 5.22       |
|          |       |     |       | 29.1        | 4.60                   | 86        | 8.2 | 3.52                    | 139.1            | 0                                       | 221.5           | 13.66                   | 0                       | 0.32                    | 1.63                    | 4.02       |
| VII      | 1     | 7.0 | 11:49 | 29.2        | 3.45                   | 64        | 8.1 | 10.56                   | 140.6            | 0                                       | 225.4           | 21.47                   | 0                       | 0.12                    | 2.00                    | 8.00       |
|          |       |     |       | 30.2        | 4.94                   | 93        | 8.3 | 0                       | 145.0            | 5.92                                    | 225.4           | 29.28                   | 0.69                    | 0.53                    | 1.27                    | 4.26       |
|          |       |     |       | 30.1        | 5.18                   | 98        | 8.4 | 0                       | 140.5            | 8.88                                    | 223.4           | 8.46                    | 0.69                    | 0.40                    | 1.38                    | 4.76       |
| VIII     | 1     | 4.3 |       | 29.4        | 4.02                   | 75        | 8.1 | 10.56                   | 142.0            | 0                                       | 221.5           | 14.53                   | 5.38                    | 0.32                    | 1.38                    | 4.26       |
|          |       |     |       | 29.1        | 3.68                   | 68        | 8.1 | 10.56                   | 143.5            | 0                                       | 225.4           | 18.00                   | 11.25                   | 0.32                    | 1.51                    | 4.14       |
|          |       |     |       | 30.6        | 7.02                   | 133       | 8.6 | 0                       | 136.1            | 23.68                                   | 221.5           | 39.69                   | 3.25                    | 0                       | 1.63                    | 5.50       |
| IX       | 1     | 3.3 | 12:05 | 29.7        | 6.33                   | 119       | 8.4 | 0                       | 139.0            | 17.76                                   | 221.5           | 18.00                   | 0                       | 0                       | 2.26                    | 8.00       |
|          |       |     |       | 29.2        | 3.91                   | 73        | 8.1 | 10.56                   | 143.0            | 0                                       | 225.4           | 4.12                    | 0.95                    | 0                       | 1.63                    | 5.22       |
|          |       |     |       | 30.6        | 8.63                   | 164       | 8.6 | 0                       | 131.6            | 20.72                                   | 223.4           | 24.07                   | 0                       | 0.32                    | 2.30                    | 6.42       |
| IX       | 1     | 3.3 |       | 29.7        | 5.29                   | 99        | 8.3 | 0                       | 134.6            | 0                                       | 223.4           | 13.66                   | 0                       | 0.36                    | 3.43                    | 5.22       |
|          |       |     |       | 29.2        | 4.95                   | 92        | 8.1 | 7.04                    | 136.1            | 0                                       | 227.4           | 69.18                   | 0                       | 0.32                    | 1.63                    | 6.66       |

Tabla 2-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 15 de Noviembre de 1984.

Zm= Profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos y dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/ml

| Esta<br>ción | nivel | Zm<br>m | hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>ml/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | PO <sub>4</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|--------------|-------|---------|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I            | 1     |         | 10:45 | 28.1        | 3.9                    | 72        | 7.8 | 4.82                    | 189.2            | 8.8                        | 203.8           | 3.25                    | 10.06                   | 0                       | 0          |
|              | 2     |         |       | 27.5        | 3.2                    | 60        | 7.7 | 4.82                    | 198.0            | 8.8                        | 201.9           | 4.12                    | 59.60                   | 0                       | 0          |
|              | 3     | 3.0     |       | 27.4        | 3.1                    | 56        | 7.7 | 4.82                    | 198.0            | 8.8                        | 203.8           | 1.52                    | 26.90                   | 0                       | 0          |
| II           | 1     |         | 11:02 | 28.7        | 4.0                    | 73        | 7.9 | 4.82                    | 184.8            | 8.8                        | 199.9           | 3.25                    | 43.84                   | 1.04                    | 1.04       |
|              | 2     |         |       | 28.0        | 3.4                    | 62        | 7.8 | 4.82                    | 193.6            | 8.8                        | 209.7           | 4.12                    | 42.16                   | 1.63                    | 1.63       |
|              | 3     | 3.6     |       | 27.8        | 2.8                    | 50        | 7.7 | 4.82                    | 184.8            | 8.8                        | 209.7           | 4.50                    | 75.93                   | 1.62                    | 1.63       |
| III          | 1     |         | 11:30 | 29.2        | 4.2                    | 78        | 8.0 | 4.82                    | 180.4            | 8.8                        | 227.4           | 2.38                    | 65.88                   | 0                       | 0          |
|              | 2     |         |       | 27.8        | 3.7                    | 68        | 8.0 | 4.82                    | 180.4            | 8.8                        | 221.5           | 4.12                    | 44.00                   | 0                       | 0          |
|              | 3     | 4.0     |       | 27.6        | 2.4                    | 45        | 7.8 | 4.82                    | 180.4            | 8.8                        | 231.3           | 4.99                    | 36.50                   | 1.04                    | 1.04       |
| IV           | 1     |         | 12:00 | 29.6        | 5.1                    | 95        | 8.2 | 0                       | 180.4            | 8.8                        | 223.4           | 3.50                    | 30.30                   | 0                       | 0          |
|              | 2     |         |       | 27.8        | 4.5                    | 81        | 8.1 | 4.82                    | 176.0            | 8.8                        | 223.4           | 3.25                    | 47.04                   | 0                       | 0          |
|              | 3     | 4.5     |       | 27.6        | 0.5                    | 8         | 7.5 | 4.82                    | 189.2            | 8.8                        | 189.2           | 5.85                    | 20.00                   | 1.29                    | 1.29       |
| V            | 1     |         | 12:30 | 29.4        | 5.3                    | 99        | 8.3 | 0                       | 167.2            | 8.8                        | 221.5           | 3.00                    | 24.00                   | 0                       | 0          |
|              | 2     |         |       | 28.3        | 5.0                    | 91        | 8.2 | 0                       | 184.8            | 8.8                        | 215.6           | 3.25                    | 16.00                   | 0                       | 0          |
|              | 3     |         |       | 27.8        | 4.8                    | 89        | 8.2 | 0                       | 184.8            | 26.4                       | 245.0           | 2.50                    | 20.00                   | 0                       | 0          |
|              | 4     | 6.3     |       | 27.8        | 4.1                    | 82        | 8.1 | 9.6                     | 176.0            | 8.8                        | 215.6           | 2.38                    | 25.32                   | 1.04                    | 1.04       |
| VI           | 1     |         | 13:00 | 29.1        | 7.4                    | 138       | 8.6 | 0                       | 170.8            | 52.8                       | 229.4           | 3.50                    | 21.82                   | 1.04                    | 1.04       |
|              | 2     |         |       | 28.0        | 5.0                    | 93        | 8.3 | 0                       | 176.0            | 35.2                       | 229.4           | 2.50                    | 28.60                   | 0                       | 0          |
|              | 3     |         |       | 27.8        | 4.6                    | 85        | 4.3 | 0                       | 171.6            | 17.6                       | 243.0           | 2.50                    | 54.02                   | 0                       | 0          |
|              | 4     | 6.5     |       | 28.0        | 4.2                    | 85        | 8.2 | 4.82                    | 171.6            | 17.6                       | 243.0           | 2.50                    | 25.02                   | 0                       | 0          |
| VII          | 1     |         | 13:30 | 28.8        | 5.8                    | 108       | 8.4 | 0                       | 180.4            | 35.2                       | 196.0           | 3.50                    | 36.30                   | 1.04                    | 1.04       |
|              | 2     |         |       | 28.6        | 5.5                    | 102       | 8.4 | 0                       | 180.4            | 35.2                       | 196.0           | 1.52                    | 46.00                   | 1.04                    | 1.04       |
|              | 3     |         |       | 28.0        | 4.3                    | 80        | 8.2 | 0                       | 180.4            | 17.6                       | 219.5           | 3.25                    | 38.00                   | 1.04                    | 1.04       |
|              | 4     | 5.5     |       | 27.6        | 1.3                    | 23        | 7.7 | 14.50                   | 180.4            | 8.8                        | 227.4           | 5.00                    | 40.46                   | 1.04                    | 1.04       |
| VIII         | 1     |         | 13:45 | 29.0        | 6.4                    | 118       | 8.5 | 0                       | 176.0            | 35.2                       | 217.5           | 2.38                    | 22.77                   | 0                       | 0          |
|              | 2     |         |       | 29.0        | 6.0                    | 113       | 8.5 | 0                       | 167.2            | 35.2                       | 250.8           | 5.00                    | 40.46                   | 0                       | 0          |
|              | 3     | 5.0     |       | 28.0        | 4.6                    | 85        | 8.2 | 9.60                    | 176.0            | 17.6                       | 221.5           | 3.25                    | 31.88                   | 1.04                    | 1.04       |
| IX           | 1     |         | 14:00 | 29.6        | 7.5                    | 141       | 8.6 | 0                       | 160.6            | 44.0                       | 223.4           | 2.50                    | 35.38                   | 0                       | 0          |
|              | 2     |         |       | 29.4        | 7.2                    | 134       | 8.5 | 0                       | 171.6            | 35.2                       | 213.6           | 2.00                    | 35.38                   | 0                       | 0          |
|              | 3     | 3.5     |       | 28.6        | 4.6                    | 74        | 8.0 | 9.60                    | 184.8            | 8.8                        | 231.2           | 2.30                    | 28.70                   | 0                       | 0          |

Tabla 3-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 12 de Diciembre de 1984.

Zm = profundidad máxima. Alcalinidad total, Alcalinidad de carbonatos y Dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/l.

No se detectaron nitritos.

| Esta<br>ción | nivel<br>m | Zm  | hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>mL/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | NO <sub>2</sub><br>ug/l | PO <sub>4</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|--------------|------------|-----|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I            | 2          | 3.0 | 9:50  | 25.0        | 5.13                   | 89        | 7.8 | 0                       | 186.2            | 7.8                        | 203.8           | 2.70                    | 125.53                  | 3.89                    | 1.04                    | 2.23       |
|              |            |     |       | 24.6        | 4.66                   | 81        | 7.9 | 2.34                    | 178.5            | 0                          | 201.9           | 1.76                    | 24.58                   | 3.61                    | 1.04                    | 3.93       |
|              |            |     |       | 24.4        | 3.11                   | 54        | 7.6 | 0                       | 182.4            | 0                          | 203.8           | 2.54                    | 33.81                   | 3.61                    | 1.04                    | 2.23       |
| II           | 2          | 3.6 | 10:20 | 25.4        | 5.29                   | 93        | 7.9 | 0                       | 182.4            | 15.5                       | 199.9           | 4.36                    | 105.39                  | 3.33                    | 0                       | 4.65       |
|              |            |     |       | 24.8        | 3.89                   | 68        | 7.8 | 0                       | 174.6            | 0                          | 209.7           | 2.46                    | 10.04                   | 3.05                    | 0.92                    | 6.65       |
|              |            |     |       | 24.6        | 3.42                   | 59        | 5.7 | 2.34                    | 174.6            | 0                          | 209.7           | 5.23                    | 82.18                   | 3.05                    | 1.04                    | 1.04       |
| III          | 1          | 4.0 | 10:50 | 25.6        | 1.55                   | 27        | 8.0 | 0                       | 186.2            | 15.5                       | 227.4           | 8.15                    | 25.42                   | 3.05                    | 1.04                    | 3.93       |
|              |            |     |       | 25.8        | 3.73                   | 66        | 7.8 | 0                       | 186.2            | 15.5                       | 221.5           | 2.86                    | 125.25                  | 3.61                    | 1.76                    | 1.76       |
|              |            |     |       | 24.4        | 1.55                   | 27        | 7.5 | 4.68                    | 174.6            | 0                          | 231.3           | 1.92                    | 47.51                   | 3.88                    | 1.88                    | 2.46       |
| IV           | 1          | 4.5 | 11:10 | 25.6        | 5.29                   | 93        | 8.4 | 0                       | 182.4            | 23.3                       | 223.4           | 1.92                    | 2.77                    | 4.44                    | 1.63                    | 3.43       |
|              |            |     |       | 24.9        | 3.42                   | 60        | 8.2 | 0                       | 182.4            | 23.3                       | 223.4           | 5.63                    | 35.48                   | 4.16                    | 1.39                    | 2.23       |
|              |            |     |       | 24.6        | 2.95                   | 51        | 7.9 | 4.68                    | 174.6            | 0                          | 241.0           | 9.88                    | 33.81                   | 2.77                    | 1.27                    | 1.27       |
| V            | 1          | 6.3 | 11:45 | 25.6        | 4.98                   | 88        | 8.3 | 0                       | 190.2            | 31.0                       | 221.5           | 2.54                    | 2.49                    | 3.89                    | 1.04                    | 2.71       |
|              |            |     |       | 24.9        | 4.35                   | 76        | 7.2 | 0                       | 174.6            | 15.5                       | 215.6           | 2.79                    | 3.89                    | 3.89                    | 1.04                    | 1.63       |
|              |            |     |       | 24.9        | 4.04                   | 71        | 8.2 | 0                       | 174.6            | 15.5                       | 245.0           | 3.02                    | 3.89                    | 3.89                    | 1.04                    | 1.04       |
| VI           | 1          | 6.5 | 12:05 | 24.9        | 3.42                   | 60        | 8.0 | 0                       | 186.2            | 15.5                       | 215.6           | 1.68                    | 1.75                    | 4.16                    | 1.04                    | 2.23       |
|              |            |     |       | 25.3        | 4.51                   | 79        | 8.5 | 0                       | 190.2            | 31.0                       | 229.3           | 4.04                    | 110.71                  | 4.44                    | 1.04                    | 3.43       |
|              |            |     |       | 25.1        | 5.44                   | 95        | 8.3 | 0                       | 190.2            | 31.0                       | 229.3           | 3.33                    | 58.42                   | 4.44                    | 1.04                    | 2.23       |
| VII          | 1          | 5.5 | 12:35 | 24.9        | 4.82                   | 84        | 8.2 | 0                       | 190.2            | 31.0                       | 243.0           | 3.25                    | 36.32                   | 2.77                    | 1.15                    | 4.13       |
|              |            |     |       | 24.8        | 4.04                   | 71        | 8.2 | 0                       | 190.2            | 31.0                       | 244.0           | 4.91                    | 68.76                   | 4.44                    | 1.15                    | 3.31       |
|              |            |     |       | 25.8        | 3.89                   | 69        | 8.2 | 0                       | 190.2            | 23.3                       | 196.0           | 15.84                   | 37.16                   | 0                       | 1.04                    | 1.04       |
| VIII         | 1          | 5.0 | 13:00 | 25.0        | 3.57                   | 63        | 8.1 | 0                       | 190.2            | 23.3                       | 196.0           | 5.31                    | 101.76                  | 6.68                    | 1.04                    | 1.27       |
|              |            |     |       | 25.4        | 3.57                   | 63        | 8.1 | 0                       | 190.2            | 23.3                       | 219.5           | 5.07                    | 9.48                    | 3.89                    | 1.04                    | 1.63       |
|              |            |     |       | 25.0        | 3.57                   | 63        | 8.1 | 0                       | 190.2            | 23.3                       | 227.4           | 2.46                    | 20.66                   | 5.28                    | 1.04                    | 2.83       |
| IX           | 1          | 3.5 | 13:25 | 26.7        | 6.38                   | 115       | 8.4 | 0                       | 194.0            | 38.8                       | 217.5           | 4.99                    | 4.44                    | 3.05                    | 1.63                    | 4.13       |
|              |            |     |       | 25.8        | 6.22                   | 110       | 8.4 | 0                       | 196.0            | 38.8                       | 250.8           | 21.47                   | 3.33                    | 3.05                    | 1.63                    | 2.23       |
|              |            |     |       | 25.0        | 4.35                   | 76        | 8.0 | 0                       | 194.0            | 15.5                       | 221.5           | 1.60                    | 3.05                    | 0                       | 1.05                    | 1.63       |
| IX           | 1          | 3.5 | 13:25 | 27.2        | 10.42                  | 189       | 8.7 | 0                       | 178.5            | 31.0                       | 223.4           | 3.49                    | 19.27                   | 2.12                    | 0                       | 1.59       |
|              |            |     |       | 25.6        | 5.60                   | 99        | 8.3 | 0                       | 178.5            | 31.0                       | 213.6           | 1.60                    | 10.32                   | 2.77                    | 0                       | 2.11       |
|              |            |     |       | 25.2        | 4.66                   | 81        | 8.1 | 0                       | 178.5            | 31.0                       | 231.2           | 1.52                    | 51.85                   | 3.33                    | 0.92                    | 2.11       |

Tabla 4-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 16 de Enero de 1985.

Zm = profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos y dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/l

| Esta<br>ción | Nivel | Zm<br>m | Hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>mL/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali<br>CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | NO <sub>2</sub><br>ug/l | PO <sub>4</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|--------------|-------|---------|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|--|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I            | 2.4   | 2       | 9:45  | 26.6        | 4.87                   | 88        | 8.1 | 0                       | 182.4            | 22.8                                   | 270.1           | 5.85                    | 2.50                    | 0                       | 1.04                    | 6.88       |
|              |       |         |       | 25.4        | 4.19                   | 74        | 7.9 | 3.52                    | 178.6            | 0                                      | 270.1           | 3.25                    | 68.66                   | 3.33                    | 4.38                    | 6.88       |
|              |       |         |       | 25.2        | 3.65                   | 65        | 7.9 | 0                       | 171.0            | 0                                      | 250.2           | 1.92                    | 20.66                   | 0                       | 2.23                    | 4.62       |
| II           | 3.0   | 3       | 10:15 | 26.8        | 4.19                   | 76        | 8.1 | 0                       | 189.6            | 22.8                                   | 305.8           | 2.38                    | 5.00                    | 2.49                    | 2.59                    | 6.88       |
|              |       |         |       | 25.8        | 4.19                   | 75        | 7.9 | 0                       | 186.2            | 22.8                                   | 278.0           | 3.25                    | 3.89                    | 2.49                    | 2.49                    | 2.49       |
|              |       |         |       | 25.8        | 3.65                   | 65        | 7.8 | 7.04                    | 171.0            | 0                                      | 246.2           | 3.25                    | 106.67                  | 2.49                    | 4.62                    | 12.84      |
| III          | 3.0   | 3       | 10:30 | 27.0        | 5.54                   | 101       | 8.1 | 0                       | 174.8            | 15.2                                   | 278.0           | 0.65                    | 51.42                   | 3.05                    | 1.39                    | 7.38       |
|              |       |         |       | 26.0        | 4.74                   | 85        | 8.0 | 0                       | 182.4            | 7.6                                    | 278.0           | 2.78                    | 46.67                   | 3.05                    | 1.63                    | 2.83       |
|              |       |         |       | 25.8        | 3.65                   | 65        | 8.0 | 7.04                    | 174.8            | 0                                      | 270.1           | 1.05                    | 52.82                   | 3.05                    | 1.63                    | 2.83       |
| IV           | 4.0   | 3       | 10:50 | 27.0        | 5.68                   | 103       | 8.2 | 0                       | 178.6            | 22.8                                   | 270.1           | 0                       | 24.86                   | 2.49                    | 1.39                    | 5.58       |
|              |       |         |       | 26.6        | 5.41                   | 88        | 8.2 | 0                       | 174.8            | 15.6                                   | 258.2           | 5.39                    | 57.86                   | 2.49                    | 1.73                    | 2.83       |
|              |       |         |       | 25.8        | 2.03                   | 36        | 7.7 | 10.56                   | 174.8            | 0                                      | 270.1           | 3.65                    | 29.05                   | 2.49                    | 1.03                    | 2.83       |
| V            | 7.0   | 4       | 11:05 | 27.4        | 6.63                   | 121       | 8.2 | 0                       | 174.8            | 22.8                                   | 270.1           | 1.52                    | 65.41                   | 2.49                    | 0.67                    | 1.75       |
|              |       |         |       | 26.8        | 5.28                   | 96        | 8.2 | 0                       | 167.2            | 0                                      | 266.1           | 4.12                    | 52.82                   | 2.49                    | 1.03                    | 2.83       |
|              |       |         |       | 26.6        | 4.74                   | 85        | 8.2 | 0                       | 171.0            | 22.8                                   | 270.1           | 3.25                    | 22.06                   | 2.49                    | 0                       | 1.03       |
|              |       |         |       | 26.0        | 4.74                   | 85        | 8.1 | 0                       | 182.4            | 22.8                                   | 270.1           | 3.25                    | 30.45                   | 2.49                    | 1.03                    | 2.83       |
| VI           | 6.6   | 3       | 11:30 | 27.6        | 5.95                   | 109       | 8.3 | 0                       | 182.4            | 38.0                                   | 270.1           | 9.32                    | 68.20                   | 3.89                    | 0.67                    | 3.43       |
|              |       |         |       | 27.2        | 5.28                   | 96        | 8.3 | 0                       | 182.4            | 38.0                                   | 270.1           | 1.05                    | 20.66                   | 3.89                    | 5.22                    | 5.22       |
|              |       |         |       | 27.0        | 4.87                   | 89        | 8.2 | 0                       | 178.6            | 30.4                                   | 270.1           | 1.05                    | 31.85                   | 2.49                    | 1.03                    | 2.23       |
|              |       |         |       | 26.8        | 5.01                   | 91        | 8.2 | 0                       | 178.6            | 30.4                                   | 262.2           | 3.65                    | 19.27                   | 2.49                    | 0                       | 2.23       |
| VII          | 6.0   | 3       | 11:50 | 27.6        | 5.68                   | 104       | 8.3 | 0                       | 171.0            | 38.0                                   | 262.2           | 1.52                    | 31.85                   | 3.89                    | 0                       | 3.43       |
|              |       |         |       | 27.2        | 5.41                   | 99        | 8.3 | 0                       | 182.4            | 38.0                                   | 262.2           | 1.52                    | 9.48                    | 3.89                    | 0                       | 2.83       |
|              |       |         |       | 26.8        | 5.14                   | 93        | 8.2 | 0                       | 178.6            | 30.4                                   | 270.1           | 2.16                    | 12.27                   | 3.89                    | 0                       | 2.23       |
|              |       |         |       | 26.8        | 4.60                   | 83        | 8.1 | 0                       | 182.4            | 30.4                                   | 270.1           | 0                       | 12.27                   | 3.89                    | -                       | 5.22       |
| VIII         | 3.3   | 2       | 12:05 | 28.0        | 6.36                   | 117       | 8.4 | 0                       | 152.0            | 22.8                                   | 238.3           | 3.25                    | 112.39                  | 4.44                    | 1.04                    | 3.43       |
|              |       |         |       | 27.0        | 4.87                   | 89        | 8.2 | 0                       | 152.0            | 22.8                                   | 238.3           | 3.65                    | 34.65                   | 3.89                    | 1.04                    | 2.83       |
|              |       |         |       | 27.0        | 4.33                   | 79        | 8.2 | 0                       | 171.0            | 38.0                                   | 270.1           | 3.65                    | 17.87                   | 3.33                    | 1.04                    | 2.23       |
| IX           | 2.5   | 3       | 12:20 | 28.8        | 7.98                   | 149       | 8.5 | 0                       | 163.4            | 38.0                                   | 270.1           | 2.38                    | 20.10                   | 3.33                    | 2.23                    | 7.62       |
|              |       |         |       | 27.6        | 5.95                   | 109       | 8.5 | 0                       | 148.2            | 22.8                                   | 238.2           | 2.38                    | 49.19                   | 3.33                    | 0                       | 2.23       |
|              |       |         |       | 27.2        | 6.76                   | 123       | 8.4 | 0                       | 148.2            | 22.8                                   | 238.2           | 4.12                    | 45.27                   | 3.33                    | 0                       | 2.83       |

Tabla 5-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 22 de Febrero de 1985.

Zm= profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos y dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/l



| Estación | Nivel | Zm | Hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>ml/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|----------|-------|----|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I        |       |    | 9:55  | 27.9        | 4.79                   | 88        | 7.7 | 4.4                     | 194.6            | 0                                       | 296.0           | 8.10                    | 0                       | 4.10       |
|          |       |    |       | 27.6        | 4.56                   | 83        | 7.7 | 0                       | 186.5            | 8.10                                    | 296.0           | 8.20                    | 12.50                   | 4.10       |
|          |       |    |       | 27.2        | 3.89                   | 70        | 7.7 | 0                       | 190.5            | 16.20                                   | 300.0           | 8.10                    | 0.26                    | 13.60      |
| II       | 2.5   |    | 10:15 | 28.4        | 4.79                   | 88        | 7.8 | 0                       | 186.5            | 16.20                                   | 284.0           | 3.30                    | 0                       | 1.40       |
|          |       |    |       | 27.8        | 4.79                   | 88        | 7.8 | 0                       | 186.5            | 16.20                                   | 280.0           | 2.90                    | 0.86                    | 4.10       |
|          |       |    |       | 27.2        | 2.56                   | 46        | 7.5 | 4.4                     | 194.6            | 0                                       | 296.0           | 6.30                    | 2.95                    | 4.10       |
| III      | 2.5   |    | 10:35 | 28.9        | 4.79                   | 89        | 7.8 | 0                       | 190.5            | 24.32                                   | 292.0           | 3.90                    | 2.30                    | 1.40       |
|          |       |    |       | 28.0        | 4.90                   | 90        | 7.8 | 0                       | 190.5            | 16.20                                   | 288.0           | 1.70                    | 0                       | 2.80       |
|          |       |    |       | 27.4        | 2.22                   | 40        | 7.5 | 2.2                     | 194.6            | 0                                       | 284.0           | 12.80                   | 1.31                    | 10.90      |
| IV       | 2.5   |    | 11:00 | 29.1        | 4.90                   | 91        | 7.8 | 0                       | 194.6            | 32.42                                   | 292.0           | 3.30                    | 0.86                    | 1.40       |
|          |       |    |       | 28.2        | 4.68                   | 86        | 7.8 | 0                       | 190.5            | 24.32                                   | 288.0           | 4.80                    | 4.59                    | 2.80       |
|          |       |    |       | 27.8        | 2.11                   | 39        | 7.5 | 8.8                     | 186.5            | 0                                       | 284.0           | 3.30                    | 6.98                    | 4.10       |
| V        | 6.0   |    | 11:20 | 29.2        | 4.90                   | 91        | 7.9 | 0                       | 194.6            | 24.32                                   | 292.0           | 3.30                    | 1.76                    | 2.80       |
|          |       |    |       | 28.3        | 4.68                   | 86        | 7.8 | 0                       | 190.5            | 16.20                                   | 292.0           | 3.90                    | 1.31                    | 4.10       |
|          |       |    |       | 28.0        | 3.89                   | 71        | 7.7 | 4.4                     | 190.6            | 0                                       | 292.0           | 3.90                    | 0                       | 1.40       |
| VI       | 6.0   |    | 11:35 | 27.8        | 1.89                   | 35        | 7.5 | 8.8                     | 190.5            | 0                                       | 288.0           | 6.40                    | 0                       | 2.80       |
|          |       |    |       | 29.0        | 5.46                   | 101       | 7.0 | 0                       | 186.5            | 16.20                                   | 284.0           | 6.70                    | 0                       | 2.80       |
|          |       |    |       | 28.7        | 5.23                   | 96        | 7.9 | 0                       | 186.5            | 16.20                                   | 284.0           | 3.20                    | 0                       | 2.80       |
| VII      | 6.0   |    | 12:05 | 28.5        | 4.56                   | 84        | 7.8 | 4.4                     | 182.4            | 0                                       | 280.0           | 3.90                    | 0                       | 5.50       |
|          |       |    |       | 28.2        | 1.45                   | 27        | 7.5 | 8.8                     | 186.5            | 0                                       | 300.0           | 3.90                    | 0                       | 4.10       |
|          |       |    |       | 29.1        | 5.46                   | 102       | 7.9 | 0                       | 190.5            | 24.32                                   | 284.0           | 6.10                    | 0                       | 1.40       |
| VIII     | 6.0   |    | 12:30 | 28.6        | 4.90                   | 91        | 7.9 | 0                       | 186.5            | 16.20                                   | 288.0           | 3.90                    | 0                       | 2.80       |
|          |       |    |       | 28.4        | 4.01                   | 74        | 7.8 | 0                       | 190.5            | 24.32                                   | 280.0           | 5.00                    | 5.19                    | 4.10       |
|          |       |    |       | 28.0        | 2.34                   | 43        | 7.6 | 8.8                     | 186.5            | 0                                       | 288.0           | 5.90                    | 9.07                    | 4.10       |
| IX       | 3.0   |    | 12:45 | 29.2        | 5.68                   | 106       | 8.0 | 0                       | 186.5            | 16.20                                   | 268.0           | 10.50                   | 1.58                    | 2.80       |
|          |       |    |       | 29.0        | 5.68                   | 106       | 8.0 | 0                       | 182.4            | 24.32                                   | 288.0           | 5.00                    | 6.41                    | 2.80       |
|          |       |    |       | 29.0        | 6.01                   | 112       | 8.0 | 0                       | 182.4            | 24.32                                   | 284.0           | 5.00                    | 13.55                   | 2.80       |
|          |       |    | 12:45 | 29.2        | 7.02                   | 131       | 8.1 | 0                       | 186.5            | 32.42                                   | 292.0           | 8.90                    | 0                       | 2.80       |
|          |       |    |       | 28.8        | 8.58                   | 159       | 8.1 | 0                       | 186.5            | 32.42                                   | 292.0           | 11.10                   | 0                       | 9.60       |
|          |       |    |       |             |                        |           |     |                         |                  |   |                 |                         |                         |            |

Tabla 6-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 26 de Marzo de 1985

Zm = profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos y dureza total

en mg CaCO<sub>3</sub>/l.

No se detectaron nitritos ni ortofosfatos.

| Esta<br>ción | nivel | Zm<br>m | hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>ml/l | %<br>sat. | pH  | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | PO <sub>4</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|--------------|-------|---------|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I            | 1     |         | 9:05  | 26.6        | 4.36                   | 79        | 8.1 | 177.3            | 15.8                       | 268.8           | 19.40                   | 1.46                    | 1.04                    | 2.80       |
|              | 2     |         |       | 26.6        | 3.95                   | 71        | 8.2 | 185.2            | 23.6                       | 280.3           | 21.10                   | 2.65                    | 1.04                    | 2.80       |
|              | 3     | 2.7     |       | 26.3        | 3.54                   | 63        | 7.9 | 165.5            | 15.8                       | 299.5           | 12.70                   | 0.26                    | 1.43                    | 4.10       |
| II           | 1     |         | 9:50  | 27.6        | 4.09                   | 75        | 8.2 | 169.4            | 15.8                       | 295.6           | 12.20                   | 2.05                    | 0                       | 2.20       |
|              | 2     |         |       | 27.2        | 4.09                   | 75        | 8.2 | 173.4            | 0                          | 268.8           | 8.30                    | 0                       | 0                       | 2.20       |
|              | 3     | 3.4     |       | 27.1        | 4.09                   | 75        | 8.1 | 177.3            | 23.6                       | 268.8           | 14.40                   | 19.07                   | 0                       | 1.60       |
| III          | 1     |         | 10:00 | -           | 4.08                   | -         | 8.2 | 169.4            | 23.6                       | 261.0           | 14.40                   | 12.50                   | 0                       | 1.00       |
|              | 2     |         |       | 27.8        | 3.68                   | 68        | 8.2 | 173.4            | 19.6                       | 268.8           | 13.30                   | 14.70                   | 0                       | 2.80       |
|              | 3     | 4.0     |       | -           | 3.68                   | -         | 8.1 | 173.4            | 23.6                       | 280.3           | 5.00                    | 0.56                    | 0                       | 2.20       |
| IV           | 1     |         | 10:30 | 28.0        | 4.23                   | 78        | 8.2 | 173.4            | 31.4                       | 257.2           | 17.20                   | 1.40                    | 0                       | 0          |
|              | 2     |         |       | 28.0        | 3.41                   | 63        | 8.1 | 165.5            | 0                          | 276.4           | 17.80                   | 28.60                   | 0                       | 0          |
|              | 3     | 5.4     |       | 27.4        | 3.55                   | 65        | 8.1 | 169.4            | 7.8                        | 276.4           | 17.80                   | 2.95                    | 0                       | 2.20       |
| V            | 1     |         | 10:45 | 28.2        | 4.63                   | 86        | 8.2 | 169.4            | 15.8                       | 284.0           | 11.70                   | 25.60                   | 0                       | 1.00       |
|              | 2     |         |       | 28.1        | 4.36                   | 80        | 8.2 | 169.4            | 15.8                       | 249.6           | 7.20                    | 13.10                   | 0                       | 2.20       |
|              | 3     |         |       | 28.0        | 3.68                   | 68        | 8.2 | 157.6            | 15.8                       | 284.0           | 10.00                   | 19.30                   | 0                       | 2.20       |
| VI           | 1     |         | 11:15 | 27.8        | 3.27                   | 60        | 8.0 | 157.6            | 7.8                        | 288.0           | 6.10                    | 1.46                    | 0                       | 3.40       |
|              | 2     |         |       | 28.7        | 4.50                   | 83        | 8.3 | -                | -                          | 291.8           | 13.90                   | 0.56                    | 0                       | 0          |
|              | 3     |         |       | 28.4        | 4.36                   | 81        | 8.2 | 169.4            | 23.6                       | 291.8           | 6.10                    | 5.64                    | 0                       | 0          |
| VII          | 1     |         | 11:40 | 28.2        | 4.23                   | 78        | 8.2 | 165.5            | 15.8                       | 291.8           | 5.00                    | 2.05                    | 0                       | 2.20       |
|              | 2     | 5.5     |       | 28.2        | 3.78                   | 68        | 8.1 | 161.5            | 7.8                        | 291.8           | 7.20                    | 1.76                    | 0                       | 2.80       |
|              | 3     |         |       | 28.4        | 4.77                   | 88        | 8.2 | 161.5            | 23.6                       | 268.8           | 12.80                   | 28.62                   | 0                       | 2.20       |
| VIII         | 1     |         | 12:05 | 28.6        | 4.23                   | 79        | 8.2 | 165.5            | 23.6                       | 299.5           | 5.00                    | 0.56                    | 0                       | 1.00       |
|              | 2     |         |       | 28.0        | 4.08                   | 75        | 8.2 | 173.4            | 23.6                       | 284.0           | 13.90                   | 18.47                   | 1.04                    | 2.80       |
|              | 3     |         |       | 28.0        | 3.54                   | 65        | 8.1 | 171.4            | 19.6                       | 307.2           | 3.90                    | 0.56                    | 1.04                    | 2.20       |
| IX           | 1     |         | 12:25 | 28.4        | 5.19                   | 96        | 8.3 | 169.4            | 31.4                       | 299.5           | 17.20                   | 1.76                    | 0                       | 2.20       |
|              | 2     |         |       | 28.4        | 5.87                   | 108       | 8.4 | 161.5            | 39.4                       | 307.2           | 6.70                    | 0                       | 0                       | 1.00       |
|              | 3     |         |       | 28.4        | 4.64                   | 86        | 8.3 | 169.4            | 31.4                       | 268.8           | 8.30                    | 10.71                   | 0                       | 1.40       |
| IX           | 1     |         | 12:25 | 28.8        | 5.18                   | 96        | 8.3 | 169.4            | 47.2                       | 288.0           | 7.20                    | 12.80                   | 0                       | 1.00       |
|              | 2     |         |       | 29.0        | 4.91                   | 92        | 8.3 | 169.4            | 23.6                       | 291.8           | 7.20                    | 5.04                    | 0                       | 2.20       |
|              | 3     |         |       | -           | -                      | -         | -   | -                | -                          | -               | -                       | -                       | -                       | -          |

Tabla 1-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 23 de Abril de 1985.  
Zm= profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos y dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/l. No se declararon concentraciones de CO<sub>2</sub>, ni de nitritos.

| Esta<br>ción | nivel | Zm<br>m | hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>ml/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | PO <sub>4</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|--------------|-------|---------|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I            | 1     |         | 9:45  | 30.0        | 5.23                   | 99        | 9.2 | 0                       | 200.0            | 56.0                       | 203.8           | 48.30                   | 136.31                  | 3.20                    | 4.60       |
|              | 2     |         |       | 29.8        | 4.54                   | 85        | 9.1 | 0                       | 180.0            | 32.0                       | 297.9           | 66.50                   | 111.06                  | 3.20                    | 4.60       |
|              | 3     | 2.0     |       | 28.8        | 3.03                   | 56        | 9.0 | 0                       | 184.0            | 40.0                       | 219.5           | 169.30                  | 209.06                  | 18.40                   | 19.80      |
| II           | 1     |         | 10:10 | 30.0        | 5.09                   | 96        | 9.1 | 0                       | 180.0            | 40.0                       | 290.1           | 38.00                   | 83.40                   | 1.80                    | 3.20       |
|              | 2     |         |       | 29.8        | 4.68                   | 88        | 9.1 | 0                       | 180.0            | 40.0                       | 290.1           | 56.30                   | 74.68                   | 5.50                    | 6.90       |
|              | 3     | 2.5     |       | 29.8        | 3.99                   | 76        | 9.1 | 0                       | 188.0            | 8.0                        | 294.0           | 66.50                   | 65.97                   | 4.10                    | 5.10       |
| III          | 1     |         | 10:35 | 30.2        | 4.82                   | 91        | 9.1 | 0                       | 184.0            | 32.0                       | 297.9           | 32.20                   | 13.06                   | 3.20                    | 4.20       |
|              | 2     |         |       | 30.0        | 4.68                   | 88        | 9.1 | 0                       | -                | -                          | -               | 44.80                   | 23.28                   | 2.50                    | 3.50       |
|              | 3     |         |       | 30.0        | 4.82                   | 91        | 9.1 | 0                       | 176.0            | 40.0                       | 297.9           | 106.50                  | 33.50                   | 1.80                    | 2.80       |
| IV           | 1     |         | 11:00 | 30.0        | 5.09                   | 96        | 9.1 | 0                       | 180.0            | 32.0                       | 274.4           | 123.60                  | 39.51                   | 2.50                    | 3.90       |
|              | 2     |         |       | 29.8        | 4.82                   | 91        | 9.0 | 0                       | 180.0            | 32.0                       | 270.5           | 89.40                   | 100.84                  | 1.80                    | 3.20       |
|              | 3     | 3.0     |       | -           | 1.38                   | -         | 8.7 | 4.4                     | 180.0            | 0                          | 254.8           | 83.60                   | 93.62                   | 1.20                    | 2.60       |
| V            | 1     |         | 11:35 | 30.4        | 5.50                   | 104       | 9.1 | 0                       | 176.0            | 40.0                       | 274.4           | 71.70                   | 56.30                   | 1.20                    | 2.20       |
|              | 2     |         |       | 29.6        | 4.54                   | 85        | 9.0 | 0                       | 180.0            | 32.0                       | 270.5           | 28.90                   | 111.66                  | 1.20                    | 2.20       |
|              | 3     |         |       | 29.4        | 4.40                   | 82        | 9.0 | 4.4                     | 180.0            | 0                          | 266.6           | 58.50                   | 80.39                   | 1.20                    | 2.20       |
| VI           | 1     | 6.0     |       | 28.1        | 1.93                   | 35        | 8.7 | 8.8                     | 180.0            | 0                          | 294.0           | 24.30                   | 70.77                   | 2.70                    | 3.70       |
|              | 2     |         | 12:00 | 30.6        | 5.23                   | 99        | 9.1 | 0                       | 172.0            | 0                          | 278.3           | 47.10                   | 136.31                  | 1.40                    | 2.40       |
|              | 3     |         |       | 30.0        | 4.68                   | 88        | 9.0 | 4.4                     | 180.0            | 0                          | 286.2           | 47.10                   | 34.70                   | 4.10                    | 5.10       |
| VII          | 1     | 5.7     |       | 29.8        | 4.13                   | 77        | 9.0 | 4.4                     | 180.0            | 0                          | 282.0           | 38.00                   | 111.66                  | 2.70                    | 3.70       |
|              | 2     |         | 12:20 | 29.1        | 0                      | 0         | 8.4 | 8.8                     | 188.0            | 32.0                       | 282.2           | 40.20                   | 68.37                   | 4.10                    | 5.10       |
|              | 3     |         |       | 30.6        | 5.23                   | 99        | 9.1 | 0                       | 180.0            | 32.0                       | 282.2           | 34.60                   | 59.95                   | 1.20                    | 3.30       |
| VIII         | 1     | 5.2     |       | 30.1        | 4.82                   | 91        | 9.1 | 0                       | 176.0            | 32.0                       | 290.1           | 43.70                   | 25.08                   | 1.20                    | 3.40       |
|              | 2     |         | 12:35 | 29.8        | 4.54                   | 85        | 9.1 | 0                       | 176.0            | 32.0                       | 290.1           | 40.30                   | 74.38                   | 1.20                    | 3.30       |
|              | 3     |         |       | 29.2        | 0                      | 0         | 8.5 | 8.8                     | 188.0            | 0                          | 290.1           | 25.40                   | 17.20                   | 1.20                    | 3.30       |
| IX           | 1     | 3.7     |       | 30.8        | 5.78                   | 110       | 9.1 | 0                       | 180.0            | 40.0                       | 286.2           | 12.90                   | 49.37                   | 1.20                    | 3.30       |
|              | 2     |         | 12:57 | 30.1        | 4.95                   | 94        | 9.1 | 0                       | 176.0            | 16.0                       | 286.1           | 17.40                   | 40.61                   | 1.20                    | 3.30       |
|              | 3     |         |       | -           | 4.40                   | -         | 9.1 | 0                       | 176.0            | 16.0                       | 282.1           | 19.70                   | 12.46                   | -                       | 2.10       |
|              | 1     |         |       | 30.7        | 5.23                   | 99        | 9.2 | 0                       | 180.0            | 24.0                       | 290.1           | 19.70                   | 58.75                   | 1.20                    | 4.60       |
|              | 2     |         |       | 30.2        | 4.95                   | 94        | 9.2 | 0                       | 176.0            | 40.0                       | 290.1           | 10.60                   | 68.37                   | 1.20                    | 3.30       |
|              | 3     | 2.2     |       | 30.0        | 4.82                   | 91        | 9.1 | 0                       | 172.0            | 24.0                       | 282.2           | 11.70                   | 56.95                   | 3.20                    | 6.60       |

Tabla 8-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 19 de Mayo de 1985.

Zm= profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos y dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/l. No se detectaron nitritos.

| Esta<br>ción | Nivel | Zm | Hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>ml/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|--------------|-------|----|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I            | 1     |    | 11:15 | 30.0        | 5.60                   | 106       | 8.2 | 0                       | 159.6            | 22.8                                    | 286.1           | 6.25                    | 28.00                   | 1.40       |
|              | 2     |    |       | 29.6        | 4.97                   | 94        | 8.1 | 0                       | 159.6            | 15.2                                    | 280.3           | 7.50                    | 28.00                   | 1.40       |
|              | 3     |    |       | 29.4        | 3.70                   | 69        | 8.1 | 0                       | 163.4            | 15.2                                    | 280.3           | 19.90                   | 0                       | 2.80       |
| II           | 1     |    | 11:30 | 31.2        | 5.99                   | 115       | 8.4 | 0                       | 152.0            | 30.4                                    | 284.2           | 24.30                   | 0                       | 1.40       |
|              | 2     |    |       | 31.0        | 5.36                   | 103       | 8.4 | 0                       | 152.0            | 30.4                                    | 282.2           | 14.00                   | 0                       | 1.40       |
|              | 3     |    |       | 30.2        | 4.72                   | 90        | 8.3 | 0                       | 152.0            | 15.2                                    | 282.2           | 15.10                   | 13.00                   | 1.40       |
| III          | 1     |    | 11:45 | 31.5        | 6.37                   | 123       | 8.4 | 0                       | 155.8            | 38.0                                    | 284.2           | 35.70                   | 0                       | 0          |
|              | 2     |    |       | 31.0        | 6.12                   | 117       | 8.5 | 0                       | 152.0            | 30.4                                    | 286.2           | 7.50                    | 0                       | 0          |
|              | 3     |    |       | 30.4        | 5.73                   | 109       | 8.3 | 0                       | 163.4            | 22.8                                    | 284.2           | 6.00                    | 11.90                   | 0          |
| IV           | 1     |    | 12:00 | 31.4        | 5.73                   | 111       | 8.4 | 0                       | 159.6            | 22.8                                    | 286.2           | 49.40                   | 11.90                   | 0          |
|              | 2     |    |       | 31.0        | 5.73                   | 110       | 8.3 | 0                       | 159.6            | 22.8                                    | 280.3           | 16.30                   | 14.90                   | 1.00       |
|              | 3     |    |       | 30.6        | 4.84                   | 93        | 8.3 | 0                       | 148.2            | 15.2                                    | 256.6           | 8.30                    | 41.90                   | 1.40       |
| V            | 1     |    | 12:15 | 31.6        | 5.73                   | 111       | 8.4 | 0                       | 159.6            | 30.4                                    | 282.2           | 40.30                   | 2.20                    | 1.00       |
|              | 2     |    |       | 30.7        | 4.84                   | 93        | 8.3 | 0                       | 159.6            | 15.2                                    | 292.1           | 6.25                    | 16.00                   | 1.40       |
|              | 3     |    |       | 30.5        | 4.08                   | 78        | 8.2 | 3.60                    | 163.4            | 0                                       | 288.2           | 3.80                    | 5.60                    | 1.40       |
|              | 4     |    |       | 30.3        | 3.82                   | 83        | 8.2 | 4.84                    | 155.8            | 0                                       | 288.2           | 3.80                    | 10.60                   | 1.40       |
| VI           | 1     |    | 12:40 | 31.8        | 6.24                   | 122       | 8.3 | 0                       | 163.4            | 38.0                                    | 282.2           | 4.80                    | 22.00                   | 1.00       |
|              | 2     |    |       | 31.0        | 5.61                   | 108       | 8.3 | 0                       | 163.4            | 30.4                                    | 292.1           | 7.50                    | 4.60                    | 1.00       |
|              | 3     |    |       | 30.8        | 5.36                   | 103       | 8.3 | 0                       | 159.6            | 30.4                                    | 290.1           | 4.80                    | 14.90                   | 1.00       |
|              | 4     |    |       | 30.8        | 4.46                   | 86        | 8.1 | 3.60                    | 155.8            | 0                                       | 290.1           | 14.00                   | 2.20                    | 1.00       |
| VII          | 1     |    | 13:00 | 32.0        | 6.37                   | 122       | 8.3 | 0                       | 163.4            | 22.8                                    | 290.1           | 2.60                    | 14.20                   | 1.40       |
|              | 2     |    |       | 31.0        | 5.73                   | 110       | 8.2 | 0                       | 163.4            | 15.2                                    | 290.1           | 3.70                    | 1.00                    | 1.00       |
|              | 3     |    |       | 30.8        | 4.84                   | 93        | 8.2 | 0                       | 159.6            | 15.2                                    | 292.1           | 4.80                    | 13.00                   | 1.40       |
|              | 4     |    |       | 30.6        | 4.36                   | 84        | 8.1 | 0                       | 155.8            | 7.6                                     | 282.2           | 10.60                   | 15.40                   | 1.40       |
| VIII         | 1     |    | 13:15 | 30.0        | 7.07                   | 138       | 8.4 | 0                       | 163.4            | 22.8                                    | 282.2           | 8.30                    | 2.20                    | 1.40       |
|              | 2     |    |       | 31.4        | 5.54                   | 107       | 8.4 | 0                       | 163.4            | 22.8                                    | 288.2           | 7.10                    | 3.40                    | 1.40       |
|              | 3     |    |       | 30.0        | 7.21                   | 137       | 8.3 | 0                       | 155.8            | 22.8                                    | 286.2           | 7.10                    | 0                       | 1.40       |
| IX           | 1     |    | 13:40 | 32.0        | 6.96                   | 136       | 8.4 | 0                       | 152.0            | 22.8                                    | 276.3           | 10.60                   | 4.60                    | 1.40       |
|              | 2     |    |       | 31.8        | 6.43                   | 125       | 8.4 | 0                       | 155.8            | 22.8                                    | 284.2           | 7.10                    | 0                       | 1.40       |
|              | 3     |    |       | 31.2        | 6.43                   | 124       | 8.3 | 5.60                    | 159.6            | 22.8                                    | 280.3           | 7.10                    | 7.05                    | 1.80       |

Tabla 9-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados es 17 de Junio de 1985.

Zm= profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos, dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/l. No se detectaron nitritos ni ortofosfatos.

| Estación | Nivel | Zm<br>m | Hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>ml/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | PO <sub>4</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|----------|-------|---------|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I        | 1     |         | 10:25 | 29.2        | 4.05                   | 76        | 8.0 | 0                       | 117.8            | 22.8                                    | 161.6           | 14.00                   | 161.0                   | 5.20                    | 7.50       |
|          | 2     | 1.8     |       | -           | 2.02                   | -         | 7.3 | 3.64                    | 140.6            | 0                                       | 141.4           | 29.40                   | 246.0                   | 5.20                    | 7.50       |
| II       | 1     |         | 10:45 | 30.8        | 4.86                   | 93        | 7.9 | 0                       | 133.0            | 30.4                                    | 141.4           | 11.00                   | 56.0                    | 3.40                    | 4.40       |
|          | 2     |         |       | 29.6        | 4.19                   | 79        | 7.8 | 0                       | 133.0            | 15.2                                    | 169.7           | 10.70                   | 131.0                   | 3.40                    | 4.40       |
|          | 3     |         |       | 29.0        | 3.37                   | 63        | 7.6 | 2.42                    | 140.6            | 0                                       | 153.5           | 12.80                   | 89.0                    | 2.20                    | 2.20       |
| III      | 1     |         | 10:55 | 30.6        | 5.13                   | 98        | 7.9 | 0                       | 136.8            | 15.2                                    | 173.7           | 15.10                   | 62.0                    | 2.20                    | 2.20       |
|          | 2     |         |       | 29.7        | 3.37                   | 64        | 7.7 | 0                       | 133.0            | 15.2                                    | 162.4           | 14.00                   | 72.0                    | 4.80                    | 4.80       |
|          | 3     | 3.0     |       | 29.5        | 2.56                   | 48        | 7.9 | 0                       | 155.8            | 15.2                                    | 202.0           | 30.60                   | 15.0                    | 5.20                    | 5.20       |
| IV       | 1     |         | 11:15 | 30.3        | 6.48                   | 123       | 8.3 | 0                       | 133.0            | 30.4                                    | 193.9           | 9.50                    | 100.0                   | 2.20                    | 2.20       |
|          | 2     |         |       | 30.0        | 4.73                   | 89        | 8.2 | 0                       | 129.2            | 15.2                                    | 193.9           | 7.20                    | 88.0                    | 2.20                    | 2.20       |
|          | 3     | 3.0     |       | 29.8        | 4.05                   | 77        | 7.9 | 0                       | 140.6            | 22.8                                    | 185.8           | 14.60                   | 12.0                    | 2.20                    | 2.20       |
| V        | 1     |         | 11:30 | 32.0        | 6.62                   | 129       | 8.3 | 0                       | 133.0            | 30.4                                    | 202.0           | 11.20                   | 96.0                    | 1.00                    | 1.00       |
|          | 2     |         |       | 30.4        | 5.80                   | 111       | 8.3 | 0                       | 136.8            | 15.2                                    | 181.8           | 11.70                   | 148.0                   | 4.80                    | 4.80       |
|          | 3     |         |       | 30.0        | 5.26                   | 99        | 8.2 | 0                       | 133.0            | 22.8                                    | 206.0           | 14.60                   | 144.0                   | 2.20                    | 2.20       |
|          | 4     | 4.0     |       | 29.6        | 4.59                   | 87        | 8.0 | 0                       | 140.6            | 22.8                                    | 185.8           | 9.40                    | 109.0                   | 2.20                    | 2.20       |
| VI       | 1     |         | 12:00 | 31.4        | 6.30                   | 122       | 8.4 | 0                       | 133.0            | 30.4                                    | 193.9           | 10.60                   | 123.0                   | 0                       | 0          |
|          | 2     |         |       | 30.0        | 5.00                   | 95        | 8.2 | 0                       | 140.6            | 22.8                                    | 193.9           | 11.70                   | 109.0                   | 2.20                    | 2.20       |
|          | 3     |         |       | 29.8        | 4.73                   | 89        | 8.2 | 0                       | 133.0            | 22.8                                    | 206.0           | 13.40                   | 166.0                   | 0                       | 1.00       |
|          | 4     | 5.5     |       | 29.5        | 4.45                   | 84        | 8.2 | 0                       | 136.8            | 30.4                                    | 189.8           | 14.60                   | 81.0                    | 2.20                    | 2.20       |
| VII      | 1     |         | 12:15 | 31.8        | 7.42                   | 144       | 8.4 | 0                       | 136.8            | 30.4                                    | 202.0           | 8.30                    | 135.0                   | 2.20                    | 2.20       |
|          | 2     |         |       | 29.8        | 5.13                   | 97        | 8.2 | 0                       | 136.8            | 38.0                                    | 206.0           | 27.10                   | 184.0                   | 2.20                    | 2.20       |
|          | 3     |         |       | 29.8        | 4.73                   | 89        | 8.2 | 0                       | 136.8            | 22.8                                    | 185.8           | 11.20                   | 201.0                   | 2.20                    | 2.20       |
| VIII     | 4     | 5.8     |       | 29.7        | 4.45                   | 84        | 8.2 | 0                       | 129.2            | 22.8                                    | 173.7           | 11.20                   | 98.0                    | 0                       | 0          |
|          | 1     |         | 12:30 | 33.0        | 7.00                   | 138       | 8.5 | 0                       | 133.0            | 30.4                                    | 202.0           | 9.40                    | 131.0                   | 0                       | 0          |
|          | 2     |         |       | 29.9        | 5.13                   | 97        | 8.2 | 0                       | 140.6            | 30.4                                    | 189.8           | 9.40                    | 106.0                   | 1.00                    | 1.00       |
| IX       | 3     | 4.0     |       | 29.3        | 4.45                   | 84        | 8.0 | 0                       | 136.8            | 22.8                                    | 181.8           | 5.10                    | 37.0                    | 2.20                    | 2.20       |
|          | 1     |         | 12:45 | 33.1        | 6.62                   | 131       | 8.4 | 0                       | 129.2            | 22.8                                    | 214.2           | 11.70                   | 135.0                   | 2.20                    | 2.20       |
|          | 2     |         |       | 30.0        | 5.80                   | 110       | 8.3 | 0                       | 136.8            | 30.4                                    | 214.2           | 10.60                   | 183.0                   | 2.20                    | 2.20       |
|          | 3     | 2.5     |       | 29.4        | 3.78                   | 71        | 8.0 | 0                       | 136.8            | 15.2                                    | 206.0           | 13.30                   | 146.0                   | 2.20                    | 2.20       |

Tabla 10-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 27 de Julio de 1985.

Zm= profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos y dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/l. No se detectaron nitritos.

| Estación | nivel | Zm<br>m | hora  | Temp.<br>°C | O <sub>2</sub><br>ml/l | %<br>sat. | pH  | CO <sub>2</sub><br>mg/l | Alcali.<br>total | Alcali.<br>CO <sub>3</sub> | Dureza<br>total | NH <sub>4</sub><br>ug/l | NO <sub>3</sub><br>ug/l | PO <sub>4</sub><br>ug/l | Pt<br>ug/l |
|----------|-------|---------|-------|-------------|------------------------|-----------|-----|-------------------------|------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| I        |       |         | 9:15  | 29.1        | 3.63                   | 68        | 7.4 | 7.04                    | 140.6            | 0                          | 165.6           | 20.30                   | 41.00                   | 2.20                    | 2.20       |
|          |       |         |       | 29.0        | 1.88                   | 35        | 7.3 | 7.04                    | 136.8            | 0                          | 169.6           | 13.10                   | 43.00                   | 2.20                    | 2.20       |
|          |       |         |       | 29.0        | 2.02                   | 38        | 7.2 | 7.04                    | 140.6            | 0                          | 141.1           | 15.20                   | 76.00                   | 2.20                    | 2.20       |
| III      |       |         | 9:55  | 30.4        | 5.51                   | 105       | 8.1 | 0                       | 140.6            | 15.2                       | 161.6           | 8.30                    | 84.00                   | 1.00                    | 6.80       |
|          |       |         |       | 30.2        | 4.97                   | 95        | 8.1 | 0                       | 140.6            | 15.2                       | 173.7           | 7.20                    | 30.00                   | 1.00                    | 6.80       |
|          |       |         |       | 29.4        | 2.69                   | 51        | 7.6 | 7.04                    | 140.6            | 0                          | 161.6           | 14.00                   | 43.00                   | 0.80                    | 2.80       |
| V        |       |         | 10:25 | 31.2        | 5.91                   | 114       | 8.3 | 0                       | 140.6            | 22.8                       | 181.8           | 8.30                    | 52.00                   | 0                       | 12.30      |
|          |       |         |       | 30.2        | 5.24                   | 100       | 8.2 | 0                       | 140.6            | 22.8                       | 210.0           | 6.00                    | 98.00                   | 0                       | 12.30      |
|          |       |         |       | 30.2        | 3.36                   | 64        | 8.1 | 0                       | 140.6            | 15.2                       | 222.2           | 10.60                   | 61.00                   | 0                       | 5.50       |
|          |       |         |       | 30.0        | 2.95                   | 56        | 7.9 | 0                       | 133.0            | 7.6                        | 189.9           | 10.60                   | 75.00                   | 0                       | 5.50       |
| VIII     |       |         | 11:15 | 32.0        | 6.05                   | 118       | 8.4 | 0                       | 140.6            | 15.2                       | 210.0           | 15.20                   | 37.00                   | 0                       | 2.20       |
|          |       |         |       | 31.0        | 4.70                   | 91        | 8.3 | 0                       | 140.6            | 15.2                       | 185.8           | 10.60                   | 89.00                   | 0                       | 2.20       |
|          |       |         |       | 31.0        | 3.49                   | 67        | 8.0 | 0                       | 140.6            | 15.2                       | 206.4           | 4.90                    | 62.00                   | 0                       | 6.80       |

Tabla 11-A. Registro de los parámetros físico-químicos muestreados el 27 de Agosto de 1985.

Zm= profundidad máxima. Alcalinidad total, alcalinidad de carbonatos y dureza total en mg CaCO<sub>3</sub>/l. No se detectaron nitritos.

| PARAMETROS                                   | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Ene.  | Feb.  | Mzo.  | Abr.  | May.  | Jun.  | Jul.   | Ago.  |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Temperatura (°C)                             | 30.4  | 29.1  | 27.9  | 24.7  | 26.3  | 28.0  | 27.6  | 29.5  | 30.6  | 29.8   | 30.1  |
| Oxígeno disuelto (ml/l)                      | 3.76  | 4.47  | 4.46  | 4.35  | 4.99  | 4.46  | 4.15  | 4.50  | 5.49  | 4.86   | 3.98  |
| % de saturación                              | 70    | 85    | 85    | 80    | 88    | 85    | 77    | 85    | 105   | 93     | 80    |
| pH   | 7.83  | 7.72  | 7.70  | 7.77  | 7.80  | 7.17  | 7.97  | 8.83  | 8.00  | 7.72   | 7.62  |
| Dióxido de carbono (mg/l)                    | 2.52  | 5.22  | 3.37  | 0.47  | 0.94  | 1.89  | 0     | 1.52  | 0.59  | 0.21   | 2.17  |
| Alcalinidad total (mg CaCO <sub>3</sub> /l)  | 94.3  | 143.5 | 179.5 | 184.1 | 173.1 | 188.2 | 162.8 | 174.3 | 157.9 | 135.2  | 139.2 |
| Alc. de carbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /l) | 1.80  | 6.12  | 18.40 | 19.39 | 21.29 | 14.53 | 19.53 | 23.45 | 20.77 | 22.27  | 11.10 |
| Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /l)       | 218.2 | 224.7 | 220.8 | 248.0 | 264.9 | 288.1 | 213.5 | 268.8 | 284.4 | 186.2  | 182.5 |
| Amonio (ug/l)                                | 7.61  | 21.86 | 3.23  | 4.57  | 2.76  | 5.67  | 11.14 | 49.89 | 12.15 | 13.74  | 11.10 |
| Nitratos (ug/l)                              | 1.11  | 2.00  | 35.72 | 40.46 | 37.49 | 2.44  | 8.04  | 77.28 | 9.62  | 119.45 | 60.84 |
| Nitritos (ug/l)                              | 0     | 0.25  | 0     | 3.44  | 2.91  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     |
| Ortofosfatos (ug/l)                          | 0.843 | 1.793 | 0.447 | 1.027 | 1.327 | 0     | 0.186 | 2.647 | 0.037 | 2.421  | 0.723 |
| Fósforo total (ug/l)                         | 2.920 | 5.017 | -     | 2.510 | 3.980 | 3.941 | 1.893 | 4.250 | 1.227 | 2.648  | 5.569 |
| Visibilidad disco de Secchi (m)              | 0.57  | 0.67  | 0.58  | 0.65  | 0.61  | 0.53  | 0.63  | 0.42  | 0.34  | 0.27   | 0.43  |

Tabla 12-A. Resumen mensual de los parámetros físico-químicos muestreados de Octubre de 1984 a Agosto de 1985 en la Laguna de Amela, Colima.

|           | Z(m) | N | $\bar{X}$ |                      |    |
|-----------|------|---|-----------|----------------------|----|
| DICIEMBRE | 0.3  | 4 | 3810      | H <sub>0</sub> 0.045 | ns |
|           | 1.0  | 3 | 3207      |                      |    |
|           | 1.5  | 4 | 3563      |                      |    |
| FEBRERO   | 0.3  | 4 | 3379      | H <sub>0</sub> 0.214 | ns |
|           | 1.0  | - | --        |                      |    |
|           | 1.5  | 2 | 3417      |                      |    |
| ABRIL     | 0.3  | 4 | 12805     | H <sub>0</sub> 0.400 | ns |
|           | 1.0  | 3 | 13655     |                      |    |
|           | 1.5  | 4 | 11938     |                      |    |
| JUNIO     | 0.3  | 4 | 6789      | H <sub>0</sub> 1.640 | ns |
|           | 1.0  | 4 | 8251      |                      |    |
|           | 1.5  | 4 | 8003      |                      |    |
| AGOSTO    | 0.3  | 4 | 5786      | H <sub>0</sub> 1.420 | ns |
|           | 1.0  | 4 | 1532      |                      |    |
|           | 1.5  | 4 | 6320      |                      |    |

Tabla 13-A. Test de Kruskal-Wallis para las diferencias en abundancia de fito plankton en tres niveles de profundidad (0.3, 1.0 y 1.5 m) en la Laguna de Amela, Col.

Z = profundidad    N = Número de datos     $\bar{X}$  = media



|           | N  | $\bar{X}$ |                             |
|-----------|----|-----------|-----------------------------|
| DICIEMBRE | 11 | 3556      |                             |
| FEBRERO   | 6  | 3229      |                             |
| ABRIL     | 11 | 12721     | $H^0 = 14.72$ Significativa |
| JUNIO     | 12 | 7681      |                             |
| AGOSTO    | 12 | 4546      |                             |

Tabla 14-A Test de Kruskal-Wallis para las diferencias en abundancia promedio de fitoplancton en cinco muestreos bimensuales - para la capa superficial de agua (hasta 1.5 m de profundidad) en la laguna de Amela, Col.

|                   | LSRc | LSRt   |                  |
|-------------------|------|--------|------------------|
| DICIEMBRE-FEBRERO | 327  | 1039.4 | No significativa |
| FEBRERO-ABRIL     | 9492 | 1039.4 | Significativa    |
| ABRIL-JUNIO       | 5040 | 2383.2 | Significativa    |
| JUNIO-AGOSTO      | 3135 | 2330.7 | Significativa    |

Test de Student-Neuman-Keuls para la significancia del test anterior.

Notación: LSRc= mínimo rango significativo calculado

LSRt= mínimo rango significativo de tablas

P 0.05 para las dos pruebas.

| OCTUBRE     |       |   |           |       | ANOVA  |    |       |         |             |
|-------------|-------|---|-----------|-------|--------|----|-------|---------|-------------|
| parámetro   | nivel | N | $\bar{x}$ | $s^2$ | f.v.   | gl | s.c.  | c.m.    | Sc.         |
| Temperatura | 1     | 9 | 31.2      | 0.297 | Entre  | 3  | 6.089 | 2.03*** | 1-4 rechazo |
|             | 2     | 9 | 30.8      | 0.171 | Dentro | 26 | 5.111 | 0.20    | 1-3 "       |
|             | 3     | 9 | 30.4      | 0.152 |        |    |       |         | 1-2 no "    |
|             | 4     | 3 | 30.4      | 0.030 |        |    |       |         | 2-3 no "    |
| Oxígeno     | 1     | 9 | 4.81      | 0.634 | Entre  | 3  | 34.47 | 11.5*** | 1-4 rechazo |
|             | 2     | 9 | 4.16      | 0.263 | Dentro | 26 | 27.59 | 1.06    | 1-3 "       |
|             | 3     | 9 | 2.46      | 2.385 |        |    |       |         | 2-4 "       |
|             | 4     | 3 | 2.10      | 0.670 |        |    |       |         | 2-3 "       |
| pH          | 1     | 9 | 8.41      | 0.058 | Entre  | 3  | 1.432 | 0.48**  | 1-4 no "    |
|             | 2     | 9 | 8.46      | 0.045 | Dentro | 26 | 2.258 | 0.09    | 1-3 no "    |
|             | 3     | 9 | 8.07      | 0.158 |        |    |       |         | 2-4 "       |
|             | 4     | 3 | 7.83      | 0.083 |        |    |       |         | 2-3 no "    |

| NOVIEMBRE |   |   |      |       |     |      |                        |      |             |
|-----------|---|---|------|-------|-----|------|------------------------|------|-------------|
| Oxígeno   | 1 | 9 | 5.73 | 1.890 | (w) | 3, 8 | 19.85                  | 0.64 | 1-4 rechazo |
|           | 2 | 9 | 5.12 | 0.587 |     |      |                        |      | 1-3 "       |
|           | 3 | 8 | 2.97 | 4.011 |     |      |                        |      | 1-2 no "    |
|           | 4 | 3 | 2.77 | 1.623 |     |      |                        |      | 2-4 no "    |
|           |   |   |      |       |     |      | $F'_{\Delta} = 5.65^*$ |      |             |

| DICIEMBRE   |   |   |      |       |        |    |       |         |             |
|-------------|---|---|------|-------|--------|----|-------|---------|-------------|
| Temperatura | 1 | 9 | 28.7 | 0.250 | Entre  | 3  | 9.145 | 3.05*** | 1-4 rechazo |
|             | 2 | 9 | 27.9 | 0.611 | Dentro | 26 | 9.555 | 0.37    | 1-3 "       |
|             | 3 | 9 | 27.3 | 0.250 |        |    |       |         | 1-2 no "    |
|             | 4 | 3 | 27.3 | 0.335 |        |    |       |         | 2-4 no "    |
| Oxígeno     | 1 | 9 | 5.51 | 1.902 | Entre  | 3  | 25.04 | 8.35*   | Sc. ns      |
|             | 2 | 9 | 4.83 | 1.697 | Dentro | 26 | 50.05 | 1.92    | SNK ns      |
|             | 3 | 9 | 3.46 | 1.980 |        |    |       |         |             |
|             | 4 | 3 | 3.20 | 2.710 |        |    |       |         |             |

Tabla 15-A. Comparaciones entre las medias aritméticas mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y test de comparaciones múltiples (Sc: prueba de Scheffé; SNK: test de Student-Newman-Keuls), de los cuatro niveles de profundidad para los parámetros físico-químicos muestreados (el 4º nivel corresponde solo al promedio de las estaciones V, VI y VII). En los casos en que no aparecieron diferencias significativas, no se incluyen los parámetros.

\* = 0.05; \*\* = 0.01; \*\*\* = 0.001. ns = no significativa

w = ANOVA especial con suma de cuadrados y cuadrados medios - ponderados para casos en que no se cumple la igualdad de varianzas.

ENERO

| parámetro   | nivel | N | X    | s <sup>2</sup> | f.v.   | gl | s.c.  | cm.    | Sc.    |
|-------------|-------|---|------|----------------|--------|----|-------|--------|--------|
| Temperatura | 1     | 9 | 25.3 | 0.500          | Entre  | 3  | 5.413 | 1.80** | Sc. ns |
|             | 2     | 9 | 24.6 | 0.278          | Dentro | 26 | 8.887 | 0.34   | SNK ns |
|             | 3     | 9 | 24.3 | 0.250          |        |    |       |        |        |
|             | 4     | 3 | 24.3 | 0.333          |        |    |       |        |        |

FEBRERO

|             |   |   |      |       |        |    |       |        |             |
|-------------|---|---|------|-------|--------|----|-------|--------|-------------|
| Temperatura | 1 | 9 | 27.0 | 0.500 | Entre  | 3  | 6.221 | 2.074* | Sc. ns      |
|             | 2 | 9 | 26.2 | 0.695 | Dentro | 26 | 16.44 | 0.633  | SNK ns      |
|             | 3 | 9 | 25.9 | 0.861 |        |    |       |        |             |
|             | 4 | 3 | 26.5 | 0.213 |        |    |       |        |             |
| Oxígeno     | 1 | 9 | 5.81 | 1.171 | Entre  | 3  | 10.93 | 3.643* | 1-3 rechazo |
|             | 2 | 9 | 4.98 | 0.369 | Dentro | 26 | 25.97 | 0.999  | 1-4 no "    |
|             | 3 | 9 | 4.27 | 1.695 |        |    |       |        | 2-3 no "    |
|             | 4 | 3 | 4.77 | 0.043 |        |    |       |        |             |

MARZO

|             |   |   |      |       |        |    |       |          |                   |
|-------------|---|---|------|-------|--------|----|-------|----------|-------------------|
| Temperatura | 1 | 9 | 28.6 | 0.528 | Entre  | 3  | 4.34  | 1.45 *   | Sc. ns            |
|             | 2 | 9 | 27.9 | 0.361 | Dentro | 25 | 11.6  | 0.46     | 1-4 rechazo       |
|             | 3 | 8 | 27.6 | 0.554 |        |    |       |          | 4-2 no "          |
|             | 4 | 3 | 27.6 | 0.333 |        |    |       |          | (SNK)<br>3-2 no " |
| Oxígeno     | 1 | 9 | 5.26 | 0.548 | Entre  | 3  | 38.16 | 12.72*** | 2-4 rechazo       |
|             | 2 | 9 | 5.28 | 1.579 | Dentro | 25 | 29.65 | 1.19     | 2-3 rechazo       |
|             | 3 | 8 | 3.61 | 1.747 |        |    |       |          | 2-1 no "          |
|             | 4 | 3 | 1.83 | 0.203 |        |    |       |          | 3-4 no "          |
| pH          | 1 | 9 | 7.84 | 0.013 | Entre  | 3  | 0.46  | 0.153**  | 1-4 rechazo       |
|             | 2 | 9 | 7.80 | 0.020 | Dentro | 25 | 0.60  | 0.024    | 2-4 "             |
|             | 3 | 8 | 7.63 | 0.045 |        |    |       |          | 1-3 no "          |
|             | 4 | 3 | 7.47 | 0.133 |        |    |       |          | 3-4 no "          |

ABRIL

|         |   |   |      |       |        |    |      |       |             |
|---------|---|---|------|-------|--------|----|------|-------|-------------|
| Oxígeno | 1 | 9 | 4.50 | 0.175 | Entre  | 3  | 3.27 | 1.09* | 1-4 rechazo |
|         | 2 | 9 | 4.27 | 0.520 | Dentro | 25 | 6.63 | 0.265 | 1-3 no "    |
|         | 3 | 8 | 3.90 | 0.140 |        |    |      |       | 2-4 no "    |
|         | 4 | 3 | 3.43 | 0.043 |        |    |      |       |             |

MAYO

|             |   |   |      |       |        |    |      |        |             |
|-------------|---|---|------|-------|--------|----|------|--------|-------------|
| Temperatura | 1 | 9 | 30.0 | 0.324 | Entre  | 3  | 5.25 | 1.75** | Sc. ns      |
|             | 2 | 9 | 29.6 | 0.278 | Dentro | 24 | 5.75 | 0.24   | 1-4 rechazo |
|             | 3 | 7 | 29.1 | 0.476 |        |    |      |        | 1-3 no "    |
|             | 4 | 3 | 28.7 | 0.333 |        |    |      |        | (SNK)       |

Tabla 15-A (Continuación)...

MAYO

| parámetro | nivel | N | X    | s <sup>2</sup> | f.v. | gl  | s.c. | c.m. | Sc.         |
|-----------|-------|---|------|----------------|------|-----|------|------|-------------|
| Oxígeno   | 1     | 9 | 5.20 | 0.073          | (w)  | 3,7 | 72.9 | 0.69 | 1-4 rechazo |
|           | 2     | 9 | 4.69 | 0.026          |      |     |      |      | 1-3 "       |
|           | 3     | 9 | 3.91 | 1.261          |      |     |      |      | 2-4 "       |
|           | 4     | 3 | 0.63 | 1.203          |      |     |      |      | 3-4 "       |
|           |       |   |      |                |      |     |      |      | 1-2 no "    |
|           |       |   |      |                |      |     |      |      | 2-3 no "    |
| pH        | 1     | 9 | 9.08 | 0.002          | (w)  | 3,8 | 97.0 | 0.66 | 1-4 rechazo |
|           | 2     | 8 | 9.04 | 0.003          |      |     |      |      | 1-3 "       |
|           | 3     | 9 | 8.96 | 0.023          |      |     |      |      | 2-4 "       |
|           | 4     | 3 | 8.50 | 0.010          |      |     |      |      | 3-4 "       |
|           |       |   |      |                |      |     |      |      | 1-2 no "    |
|           |       |   |      |                |      |     |      |      | 2-3 no "    |

F'Δ = 20.53\*\*\*

F'Δ = 27.47\*\*\*

JUNIO

|             |   |   |      |       |        |      |      |        |                |
|-------------|---|---|------|-------|--------|------|------|--------|----------------|
| Temperatura | 1 | 9 | 31.2 | 0.444 | Entre  | 3    | 7.81 | 2.60** | 1-4 rechazo    |
|             | 2 | 9 | 30.7 | 0.500 | Dentro | 26   | 9.56 | 0.37   | 1-3 rechazo    |
|             | 3 | 9 | 30.0 | 0.250 |        |      |      |        | 1-2 no "       |
|             | 4 | 3 | 30.0 | 0.000 |        |      |      |        | 2-4 no "       |
| Oxígeno     | 1 | 9 | 6.18 | 0.262 | (w)    | 3,10 | 65.8 | 0.48   | 1-4 rechazo    |
|             | 2 | 9 | 5.56 | 0.265 |        |      |      |        | 1-3 no "       |
|             | 3 | 9 | 5.18 | 1.244 |        |      |      |        | 2-4 no "       |
|             | 4 | 3 | 4.17 | 0.103 |        |      |      |        |                |
|             |   |   |      |       |        |      |      |        | F'Δ = 19.45*** |
| pH          | 1 | 9 | 8.33 | 0.007 | Entre  | 3    | 0.15 | 0.05** | 1-4 rechazo    |
|             | 2 | 9 | 8.28 | 0.009 | Dentro | 26   | 0.22 | 0.009  | 1-3 no "       |
|             | 3 | 9 | 8.21 | 0.011 |        |      |      |        | 2-4 no "       |
|             | 4 | 3 | 8.10 | 0.000 |        |      |      |        |                |

JULIO

|             |   |   |      |       |     |      |      |      |              |
|-------------|---|---|------|-------|-----|------|------|------|--------------|
| Temperatura | 1 | 9 | 31.0 | 2.000 | (w) | 3,25 | 17.0 | 0.20 | 1-4 rechazo  |
|             | 2 | 8 | 29.5 | 0.285 |     |      |      |      | 1-3 no "     |
|             | 3 | 8 | 29.1 | 0.125 |     |      |      |      |              |
|             | 4 | 3 | 29.0 | 0.000 |     |      |      |      |              |
|             |   |   |      |       |     |      |      |      | F'Δ = 5.39** |
| Oxígeno     | 1 | 9 | 6.02 | 1.272 | (w) | 3.13 | 22.4 | 0.38 | 1-3 rechazo  |
|             | 2 | 9 | 4.86 | 0.705 |     |      |      |      | 1-4 no "     |
|             | 3 | 8 | 3.83 | 1.145 |     |      |      |      | 2-3 no "     |
|             | 4 | 3 | 4.43 | 0.003 |     |      |      |      |              |
|             |   |   |      |       |     |      |      |      | F'Δ = 6.77** |

Tabla 15-A (Continuación)...

Forma de calcular Índices de Similitud y Probabilidades conjuntas a partir de los datos de presencia-ausencia.

La tabla de presencia-ausencia está elaborada de la siguiente manera:

| Especie | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | ... | $t_i$ |
|---------|-------|-------|-------|-----|-------|
| $sp_1$  | x     |       | x     | ... |       |
| $sp_2$  | x     | x     | x     | ... |       |
| $sp_3$  |       | x     |       | ... |       |
| .       |       |       |       | ... |       |
| .       |       | x     |       | ... |       |
| $sp_i$  | x     |       |       | ... |       |

A      B      C

donde:  $t_i$  - denota los tiempos en los cuales se toman las muestras  
 $sp_i$  - denota las n especies  
 x - presencia de determinada especie en un tiempo dado

A partir de esta tabla se obtiene la siguiente información:

I. - Para cada par de muestras.

Y = número de especies compartidas por ambas muestras

A = número de especies en la muestra A

B = número de especies en la muestra B

Una vez obtenida esta información se aplica la fórmula propuesta por Sørensen para el índice de similitud (Brower, 1977).

$$\text{Ind. de Simil.} = \frac{2Y}{A + B} \times 100$$

Se obtiene un valor entre 0 y 100 que va de disimilitud total hasta semejanza completa.

II. - Para cada par de especies.

a - número de veces en que ambas especies se presentan juntas

b - número de veces en que aparece la  $sp_1$  y no la  $sp_2$

c - número de veces en que aparece la  $sp_2$  y no la  $sp_1$

d - número de veces en que están ausentes ambas especies

Esta información se vierte en una tabla de contingencia 2 x 2 (Krebs, 1985):

|        |          |          |         |         |
|--------|----------|----------|---------|---------|
|        |          | $sp_2$   |         |         |
|        |          | presente | ausente |         |
| $sp_1$ | presente | a        | b       | (a + b) |
|        | ausente  | c        | d       | (c + d) |
|        |          | (a + c)  | (b + d) | n       |

El propósito de este ordenamiento es conocer el grado de asociación entre un par de especies a través del cálculo de sus probabilidades conjuntas, como sigue:

$$P(1 \text{ y } 2) = \frac{a + b}{n} \times \frac{a + c}{n} \times 100$$

El valor obtenido es entre 0 y 100.

Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.

$$H = - \sum (p_i) (\log_2 p_i)$$

donde:

H - Índice de diversidad (bits/individuo)  
 $p_i$  - proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i

Índice de Diversidad máxima.

$$H \text{ máx.} = \log_2 S$$

donde: H máx - diversidad de especies bajo condiciones de igualdad máxima.

S - número de especies de la comunidad

(Krebs, 1985)

## GLOSARIO

- Abatimiento:** Disminución pronunciada de un determinado gas o nutriente, en el hipolimnion.
- Abundancia:** Número de individuos por unidad de área o de volúmen. Sinónimo de densidad.
- Aeróbico:** Estado que significa presencia de oxígeno libre elemental en un medio.
- Alogénico:** Elemento que proviene de fuentes externas al ecosistema.
- Anoxia:** Carencia de oxígeno disuelto.
- Asociación:** Cualquier grupo de especies que ocurren juntas en el mismo lugar o en lugares diferentes y que permanecen estables a lo largo de un tiempo dado.
- Autogénico:** Elemento formado por el metabolismo de los organismos en el ecosistema.
- Caliptra:** Una caperuza o tapa que poseen algunas células terminales de ciertas algas filamentosas verde-azules.
- Cara cingular:** De una diatomea, la que ofrece la articulación de las dos valvas.
- Cara valvar:** De una diatomea, la que ofrece la ornamentación de la valva.
- Cenobio:** Se consideran como individuos pluricelulares, puesto que las células hermanas que los constituyen llegan a diferenciarse unas de otras en la posesión de espinas o relieves o en la manera de establecer las conexiones mutuas.
- Cloroplastos:** Organulos rodeados de membrana que contienen clorofila, en los cuales se efectúa la fotosíntesis.
- Comunidad:** Cualquier conjunto de poblaciones de organismos vivos en un área o hábitat dados.
- Decalcificación biogénica:** Es la precipitación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) inducida por el fitoplancton al tomar bicarbonato -

( $\text{HCO}_3$ ) para obtener dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

- Diversidad** : Expresa como los elementos de un conjunto (comunidad) se distribuyen en diferentes subconjuntos (especies). Se calcula sobre una parte de la comunidad, definida por la afinidad taxonómica de sus especies y es una función que tiene un valor mínimo si todos los individuos pertenecen a la misma especie y un valor máximo si cada una de ellas pertenece a diferentes especies. //Riqueza de especies.
- Dominancia** : Se refiere a aquellas especies que ejercen un control importante sobre la comunidad por virtud de su tamaño, el número de sus individuos o sus actividades. Las especies dominantes son las que tienen un éxito ecológico y determinan en gran parte las condiciones bajo las cuales crecen las especies con ellas vinculadas.
- Epilcono** : Parte superior de la epiteca en las diatomeas.
- Epilimnion** : Estrato superior de la zona dividida por la termoclina.
- Estrategia demográfica**:Tendencia de las especies a crecer en forma explosiva o conservativa de acuerdo con las condiciones favorables o desfavorables del medio, en función de su capacidad de adaptación a tales cambios.
- Estrías** : Líneas de poros dispuestos en forma regular en las valvas de las diatomeas.
- Filamento** : Serie lineal de células que forman una hebra y se mantienen unidas por sus paredes celulares por medio de una vaina.
- Fósforo coloidal**: Fósforo suspendido en agregaciones macroorgánicas.
- Fósforo sestónico orgánico**: Fósforo que se encuentra en los organismos formando ácidos nucleicos, ésteres de enzimas, vitaminas, nucleótidos, etc.
- Frústulas** : Parte silificada de las diatomeas, en la que se distinguen dos tecas; que se relacionan generalmente, como una tapa -epiteca- y el fondo de una caja -hipoteca-.



- Heterocisto:** Células especializadas que ayudan a la reproducción vegetativa por fragmentación. En la fijación de nitrógeno el carbono asimilado por las células vegetativas a la luz, pasa a los heterocistos en la oscuridad proporcionándoles una fuente reductora y la energía necesaria para el metabolismo, en condiciones aerobióticas.
- Hidrología:** Estudio de las propiedades físicas y químicas de las aguas naturales y de los elementos que contienen (nutrientes y gases).
- Hipocono:** Parte inferior de la hipoteca en las dinofíceas.
- Hipolimnion:** Estrato inferior de la zona dividida por la termoclina.
- Lamelada:** Con dos o más laminillas perpendiculares y paralelas.
- Limnética:** En las aguas dulces, califica a los habitantes de las aguas libres, se consideren o no como plancton.
- Paramilum:** Polímero de la glucosa que se almacena en forma de gránulos en el citoplasma de las euglenofíceas.
- Rafe:** Una línea, hendidura o espacio transparente que se extiende longitudinalmente en la superficie valvar de una diatomea.
- Seston:** Materia particulada orgánica e inorgánica en suspensión.
- Sinergístico:** Concurso de dos o más factores para cumplir una función.
- Termoclina:** Lugar de máximo gradiente vertical de temperatura.
- Tricoma:** Colonia lineal de células conectadas entre sí por cordones citoplasmáticos dentro de un filamento.
- Valva:** Es la parte plana o poco abombada en las tecas de las diatomeas.
- Zona fótica:** Se refiere al estrato de agua totalmente iluminado.
- Zona trofógena:** Estrato restringido por el nivel de compensación - profundidad en la cual la intensidad de fotosíntesis se iguala a la intensidad de respiración - en el cual la penetración de luz es cerca del 1 al 2 % de la intensidad en superficie.

## BIBLIOGRAFIA

- American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF). - 1980. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 15th. ed. APHA. U.S.A. 874 pp.
- Baxter, R. M. 1970. A note on the limnology of lake Hayq, Ethiopia. Limnol. Oceanogr. 15: 144-149.
- Bourrelly, P. 1968. Les algues d'eau douce. Initiation a la systematique II. Les algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Ed. N. Boubé et Cie. Paris, Francia. 438 pp. 114 láms.
- Bourrelly, P. 1970. Les algues d'eau douce. Initiation a la systematique III. Les algues bleues et rouges, les eugléniens, peridiniens et cryptomonadines. Ed. N. Boubé et Cie. Paris, Francia. 512 pp. 137 láms.
- Bourrelly, P. 1972. Les algues d'eau douce. Initiation a la systematique I. Les algues vertes. Ed. N. Boubé et Cie. Paris, Francia. 572 pp. 122 láms.
- Boyd, C. E. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Craftmaster Printers, Inc. Auburn University. 359 pp.
- Brewer, P. G. y J. C. Goldman. 1976. Alkalinity changes generated by fitoplankton growth. Limnol. Oceanogr. 21: 108-117.
- Brower, E. J. y J. H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. W.M.C. Brown Company Publishers. 194 pp.
- Caro, P., C. A. Bonetto y J. Zalocar. 1979. Producción primaria de fitoplancton de lagunas del nordeste de la provincia de Corrientes. Ecosur 6(11): 83-100.
- De Buen, F. 1941. El lago de Pátzcuaro. Recientes estudios limnobiológicos. Rev. Geogr. (México) 1: 20-44.
- De Buen, F. 1943. Los lagos michoacanos I. Caracteres generales. El lago de Zirahuén. Rev. Soc. Méx. Hist. Nat. 4: 211-232.

- De Buen, F. 1944. Limnobiología de Pátzcuaro. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. 15: 261-312
- Desikachary, T. V. 1959. Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi 686 pp. 139 láms.
- Findenegg, I. 1965. Factors controlling primary productivity, especially with regard to water replenishment, stratification and mixing. En: C. R. Goldman (Ed) Primary Productivity in aquatic environments. Mem. Inst. Ital. Idrobiol. No 18 University of California.
- Flores, O. L. 1983. Contribución al conocimiento de las algas dulceacuícolas de La Presa Cajón de Peña Municipio de Tomatlán, Jalisco. Tesis ESc. Nac. Ci. Biol. I. P. N. México 60 pp. 6 láms.
- Fjerdingstad, E. 1966. Cells dimensions of some members of Aphanizomenon Morren (Cyanophyceae) Schweizerisch Zeitschrift für Hydrologie Vol. 28 Fasc. 2. 6 pp.
- García, E. 1980. Apuntes de climatología. Programa Vigente en la carrera de Biólogos de la U.N.A.M. 3a. ed. México 153 pp.
- Hill, G. y H. Rai 1982. A preliminary characterization of the tropical lakes by comparison with polar and temperate systems. Arch. Hidrob. 96(1): 97-111.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae) En: A. Pascher (Ed). Die Süsswasserflora Mitteleuropa 10, 2. Aufl. G. Fisher. Jena Reimp. 1976 por O. Koeltz Science Publishers W. Germany.
- Komarek, J. und. B. Fott. 1983. Chlorophyceae: Chlorococcales. En: Huber-Pestalozzi, G. (Ed). Das phytoplankton des Süßwassers. Hälfte Band XVI Teil 7. 1
- Komárková-Legnerová, J. 1969. The systematics and ontogenesis of the genera Ankistrodesmus Corda and Monoraphidium gen. nov. En: B. Fott (Ed) Studies in Phycology. Cho. Academis Prague: 75-144 22 láms.
- Krebs, G. J. 1985. Estudio de la distribución y abundancia. Ecología. Ed. Harla 2a. ed. Thad. J.B. Correa. México. 753 pp.

- Legendre, L. y P. Legendre. 1978. Associations. En: A. Sournia (Ed) Phytoplankton manual. U N E S C O 251-260
- Lehninger, L. B. 1979. Bioquímica. Ed. Omega. Barcelona, España. 1117 pp.
- Lewis, W. M. Jr. 1973. The thermal regime of lake Lanao (Philippines) and its theoretical implications for tropical lakes. Limnol. Oceanogr. 18 (2): 200-217.
- Lewis, W. M. Jr. 1977a. Ecological significance of the shapes of abundance-frequency distributions for coexisting phytoplankton species. Ecology 58: 850-859
- Lewis, W. M. Jr. 1977b. Net growth rate through time as an indicator of ecological similarity among phytoplankton species. Ecology 58: 149-157
- Lewis, W. M. Jr. 1978a. A compositional, phytogeographical and elementary structural analysis of the phytoplankton in a tropical lake: Lake Lanao, Philippines. J. Ecology 66: 213-226
- Lewis, W. M. Jr. 1978b. Spatial distribution of the phytoplankton in a tropical lake: Lake Lanao, Philippines. Int. Revue ges. Hydrobiol. 63: 619-635.
- Lind, O. T. 1974. Handbook of common methods in Limnology. C. V. Mosby, ST. Louis 154 pp.
- López, P. L. 1977. Variación estacional del fitoplancton y su relación con algunos parámetros hidrológicos en la Laguna de Tuxpan, Guerrero. Tesis Fac. de Cienc. U.N.A.M. 56 pp.
- Margain, H. R. 1979. Flora Ficológica de los cuerpos de agua temporales de la cuenca alta del río Pánuco. Tesis Fac. de Cienc. U.N.A.M.
- Margalef, R. 1968. Perspectives in ecological Theory. Chicago Univ. Press. 111 pp.
- Margalef, R. 1978. Diversity. En: A. Sournia (Ed) Phytoplankton manual. U N E S C O. 251-260.

- Margalef, R. 1983. Limnología. Ed. Omega. Barcelona, España 1010pp.
- Melack, J. M. 1981. Photosynthetic activity of phytoplankton in tropical African soda lakes. Proceeding of First International - Symposium in Thalassic (inland) Salt Lakes. Hidrobiologie 81: 71-85.
- Olausson, E. e I. Cato. 1980. Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries. Copyright by John Wiley and Sons Ltd. 451 pp.
- Ortega, M. M. 1984. Catálogo de algas continentales recientes de México. U.N.A.M. México 566 pp. 115 láms.
- Paerl, W. H. y J. F. Ustach. 1982. Blue-green algal scums: An explanation for their occurrence during freshwater blooms. Limnol. Oceanogr. 27(2): 212-217
- Palmer, M. C. 1962. Algas en los abastecimientos de agua. Ed. Interamericana. México. 91 pp.
- Parra, B. O. 1973. Revision der Gattung Pediastrum Meyen (Chlorophyta) En: Huber-Pestalozzi, G. [Ed]. Das phytoplankton des Süsswassers. Halfte Band XVI Teil 7.1.
- Patrick, R. y C. W. Reimer. 1966. The Diatoms of United States. The Livingston Publishing Co., Philadelphia. Monographs of Natural Sciences of Philadelphia. Number 13 Vol. I y II 688 pp. 64 láms.
- Pérez, R. R. y E. Salas Gómez. 1958. Euglenae del Valle de México I. Algunas especies encontradas en el estanque de Chapultepec. Rev. Latinoamer. Microbiol. I: 303-325 4 láms.
- Pérez R. R. y E. Salas Gómez. 1960a. Euglenae del Valle de México II. Descripción de cinco especies nuevas. En: Libro Homenaje al - Dr. Eduardo Caballero y Caballero. Ed. Politécnica. México. 55-62 2 láms.
- Pérez R. R. y E. Salas Gómez. 1960b. Euglenae del Valle de México III. Euglena tornara sp. nov. Acta Zool. Méx. 4: 1-5 5 figs.
- Premazzi, G. y A. Provini. 1985. Internal P loading in lakes. A different approach to its evaluation. Hidrobiologie 120: 23-33

- Prescott, G. W. 1962. Algae of the Western Great lakes area. W.M.C. Brown Co. Iowa 977 pp. 136 láms.
- Prescott, G. W. 1977. How to know the freshwater algae. W.M.C. Brown Co. Iowa. 293 pp.
- Reid, G. K. y R. D. Wood. 1976. Ecology of inland waters and estuaries. D. Van Nostrand Co. New York.
- Remington, D. R. y A. M. Schork. 1977. Estadística Biométrica y Sanitaria. Ed. Prentice-Hall Internacional. 2a. ed. Madrid, España 387 pp.
- Rosales, H. L. 1980. Manual de Laboratorio de Oceanografía Química. - Inst. de Ciencias del Mar y Limnología. U.N.A.M. México.
- Sámamo, B. A. 1933. Algunas cianofíceas del lago de Xochimilco. An. - Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México 4: 29-31
- Sámamo, B. A. 1934. Contribución al conocimiento de las algas verdes de los lagos del Valle de México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. - Autón. México 5: 149-177
- Sámamo, B. A. 1940. Algas del Valle de México. Parte II. An. Inst. - Biol. Univ. Nac. Autón. México 11: 41-50
- Shapiro, J. 1973. Blue-green algae: Why they become dominant. Science 179: 382-384.
- Smayda, T. 1980. Phytoplankton species succession. En: I. Morris (Ed) The Physiological ecology of phytoplankton. Blackwell Science Oxford. 539-555.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1969. Biometría. Principios y Métodos estadísticos en la Investigación Biológica. H. Blume Ediciones. Rosario, Madrid. 846 pp.
- Solórzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypoclorite method. Limnol. Oceanogr. 14(5): 799-801
- Strickland, J. D. y T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Ed. Canada 310 pp.

- Talling, J. F. 1966. The annual cycle of stratification and phytoplankton growth in Lake Victoria (East Africa). Int. Revue ges. Hydrobiol Hydrogr. 51: 545-621.
- Tiffany, H. L. y M. E. Britton. 1952. The algae of Illinois. University of Chicago Press. U.S.A. 497 pp. 108 lams.
- Uherkovich, G. 1966. Die Scenedesmus-Arten Ungarns. Ed. Akadémiai Kiadó, Budapest. 173 pp. 27 lams.
- West, W. y G. S. West. 1923. A monograph of the British Desmidiaceae. Printed for Ray Society. London Vol. V 300 pp.
- Wetzel, R. G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Co. Philadelphia London. Toronto. 744 pp.
- Zeitzchel, B. 1978. Why study phytoplankton ? En: A. Sournia (Ed) Phytoplankton manual. U N E S C O. 1-6 p.