

PEREZ – ARBELAEZIA

Volumen 3 No. 9 Octubre 1991



JARDIN BOTANICO
"JOSE CELESTINO MUTIS"

JARDIN BOTANICO
"JOSE CELESTINO MUTIS"
PEREZ - ARBELAEZIA

Santafé de Bogotá, D.C. Colombia	Volumen 3, No. 9; pp. 1-102 Octubre 1991	ISSN 0120-7717
-------------------------------------	---	-------------------

Director de la Revista
Luis Eduardo Mora Osejo

Comité Editorial
Luis Eduardo Mora Osejo
César Escallón
Edgar Linares
Roberto Sánchez
Vilma Jaimes

PEREZ ARBELAEZIA

Es una publicación semestral del Jardín Botánico "José Celestino Mutis" dedicada a la memoria de su fundador, Doctor Enrique Pérez Arbeláez (1896-1972), quien consagró su vida a institucionalizar la tradición científica de Colombia y a fomentar la investigación, divulgación y defensa de nuestros recursos naturales.

Portada: *Mutisia clematis* L., emblema del Jardín Botánico "José Celestino Mutis".

La reproducción total o parcial de un artículo debe citar la fuente.

Corresponde a los autores la total responsabilidad de las ideas, tesis y conceptos emitidos en sus respectivos artículos.

No se devuelve la colaboración espontánea ni se mantiene correspondencia sobre ella.

Para suscripciones y solicitudes de números atrasados, escribir a: Sección de Canje y Suscripción, Revista PEREZ-ARBELAEZIA, Biblioteca, Jardín Botánico "José Celestino Mutis", Apartado Aéreo 59887, Santafé de Bogotá, Colombia.

Registro en el Ministerio de Gobierno, 7 de mayo de 1986, Resolución No. 001440
Tarifa Postal Reducida, Permiso No. 594 de 1986 de Adpostal.

CONTENIDO

Banco de semillas y tendencias en la regeneración natural de un bosque altoandino en la región de Monserrate (Cundinamarca, Colombia).	3
<i>Vilma Jaimes Sánchez & David Rivera Ospina.</i>	
Sobre el género <i>Cornus</i> (Cornaceae) en Colombia.	37
<i>José Luis Fernández A., Gustavo Lozano Contreras et al.</i>	
Rendimiento de <i>Cordia alliodora</i> (Ruíz & Pavón) Oken por acción de cinco hongos MVA.	43
<i>Luis Martín Caballero R. & Rocío del Pilar Cortés B.</i>	
Estrategias reproductivas de las Loranthaceae en el bosque subandino.	55
<i>Jeaneth Sánchez M. & Eduardo Barrera T.</i>	
Observaciones fitoecológicas en el Darién colombiano II, aspectos fenológicos.	67
<i>Silvio Zuluaga Ramírez.</i>	
Perifiton de la Laguna de Chingaza (Parque Nacional Natural Chingaza).	81
<i>Luz Stella González González & John Charles Donato Rondón.</i>	

PERIFITON DE LA LAGUNA DE CHINGAZA (PARQUE NACIONAL NATURAL CHINGAZA) ¹

Luz Stella González González²
John Charles Donato Rondón ³

González González, Luz Stella & John Charles Donato Rondón. 1991. Perifiton de la Laguna de Chingaza (Parque Nacional Natural Chingaza). PEREZ-ARBELAEZIA 3(9): 81-100. ISSN 0120-7717.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la comunidad del perifiton de la laguna de Chingaza (Parque Nacional Natural Chingaza), durante el período comprendido entre octubre de 1988 y febrero de 1990; utilizando placas de acrílico. Durante este período se hicieron muestreos cada dos meses en 4 estaciones definidas de la zona litoral y una estación en aguas libres. Paralelamente se estudió el comportamiento de las características físicas y químicas de la laguna, con el fin de establecer relaciones entre el perifiton y estos factores. Entre los resultados obtenidos se registraron 62 especies de algas, de las cuales las más abundantes fueron las diatomeas *Cymbella lanceolata*, *Fragilaria virescens*, *Tabellaria flocculosa*, *Epithemia turgida*, *Navicula* sp. y la desmideacea *Closterium* sp. Se concluyó además que el perifiton presenta variaciones temporales definidas por las características climáticas (precipitación) y que la zona litoral influye de manera significativa en el desarrollo de la comunidad. Adicionalmente, las características físicas y químicas de la laguna permiten definirla como oligotrófica, de aguas blandas, pH ácido, baja mineralización y limitada por nitrógeno.

ABSTRACT

A periphyton community was studied at the Chingaza National Park, between october 1988 and february 1990. Samples every two months were taken at 4 defined stations in the Chingaza pond. Physical and chemical water characteristic were also studied in order to settle biotic and abiotic relationships.

62 algal species were found. Five diatoms (*Cymbella lanceolata*, *Fragilaria virescens*, *Tabellaria flocculosa*, *Epithemia turgida*, *Navicula* sp. and the desmidean *Closterium* sp. represented the most important community members.

Periphyton shows temporal changes due to climatic characteristics and the littoral zone influence meaningful at the community development. Chingaza pond, can be defined as oligotrophic, nitrogen limited, low pH and low mineralization water body.

1. Contribución del "Programa de Investigaciones para el Desarrollo de la Ecología y Sistemática", Convenios COLCIENCIAS-INDERENA-E.A.A.B.- UNIVERSIDAD JAVERIANA (Proyecto No. 1203-05-013-87).
2. Bióloga. Universidad Javeriana. Apartado Aéreo 92534, Santafé de Bogotá, Colombia.
3. Biólogo. Profesor-Investigador Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Universidad Javeriana, Apartado Aéreo 17987 Santafé de Bogotá, Colombia.

INTRODUCCION

El término perifiton utilizado en este trabajo se refiere a la comunidad de microalgas que se desarrollan sobre un sustrato artificial o natural, tanto en ríos como en la zona litoral de lagos y lagunas (WETZEL, 1981; FAIRCHILD & LOWE, 1984; y DARLEY, 1987). En sistemas lénticos, el perifiton presenta una productividad similar a la del fitoplancton, la cual aunada a las altas tasas de productividad de los macrófitos da como resultado que zona litoral represente el principal aporte de materia orgánica al sistema (FOERSTER & SCHILICHING, 1965; WETZEL, 1981).

Teóricamente la comunidad presenta una alta heterogeneidad espacial y temporal como respuesta a una mayor variabilidad en los parámetros físicos y químicos que en aguas abiertas. Factores como luz, temperatura, disponibilidad de nutrientes, movimientos del agua, determinan el comportamiento y distribución de la comunidad (WETZEL, 1981; ROSS, 1983).

Esta investigación tuvo como objetivo fundamental conocer las características estructurales y las variaciones temporales que presenta la comunidad perifítica y determinar de qué manera las características físicas y químicas del medio influyen en ella.

La laguna de Chingaza, sitio de estudio para el presente trabajo, es un cuerpo de agua aligotrófico, típico de alta montaña tropical situado a 3.265 m. y que forma parte de la red hídrica del Parque Nacional Natural Chingaza. La laguna está formada por la corriente represada del río Frío, su área aproximada es de 8.8 Ha y el área de su cuenca de drenaje es de 2.118 Ha con un volumen embalsado de 8.800.000 m³ aproximadamente (GAVIRIA, 1983).

La investigación forma parte del proyecto "Estudios Limnológicos del Parque Nacional Natural Chingaza", enmarcado dentro del Programa de Investigación para el Desarrollo de la Ecología y la Sistemática en la Universidad Javeriana.

MATERIALES Y METODOS

Dado que la zona litoral de la laguna no es homogénea, se definieron 4 estaciones de muestreo en la zona litoral y una estación adicional para parámetros físicos y químicos en aguas libres. La estación 1 corresponde a la salida del río Frío, las estaciones 2 y 4 a zonas litorales con bosques adyacente, la estación 3 está localizado en la desembocadura del río Frío y la estación 5 es de aguas libres (Fig.1).

Para definir las estaciones de muestreo se consideraron los valores de oxígeno disuelto, conductividad (CASTAGNINO, 1982; SALAS, 1983), turbidez (SLADECKOVA, 1962), ortofosfatos (DONATO, 1987) y como parámetro biológico se consideró la diversidad de especies aplicando el índice de Shannon-Wiener (ROBINSON & SANDGREN, 1984).

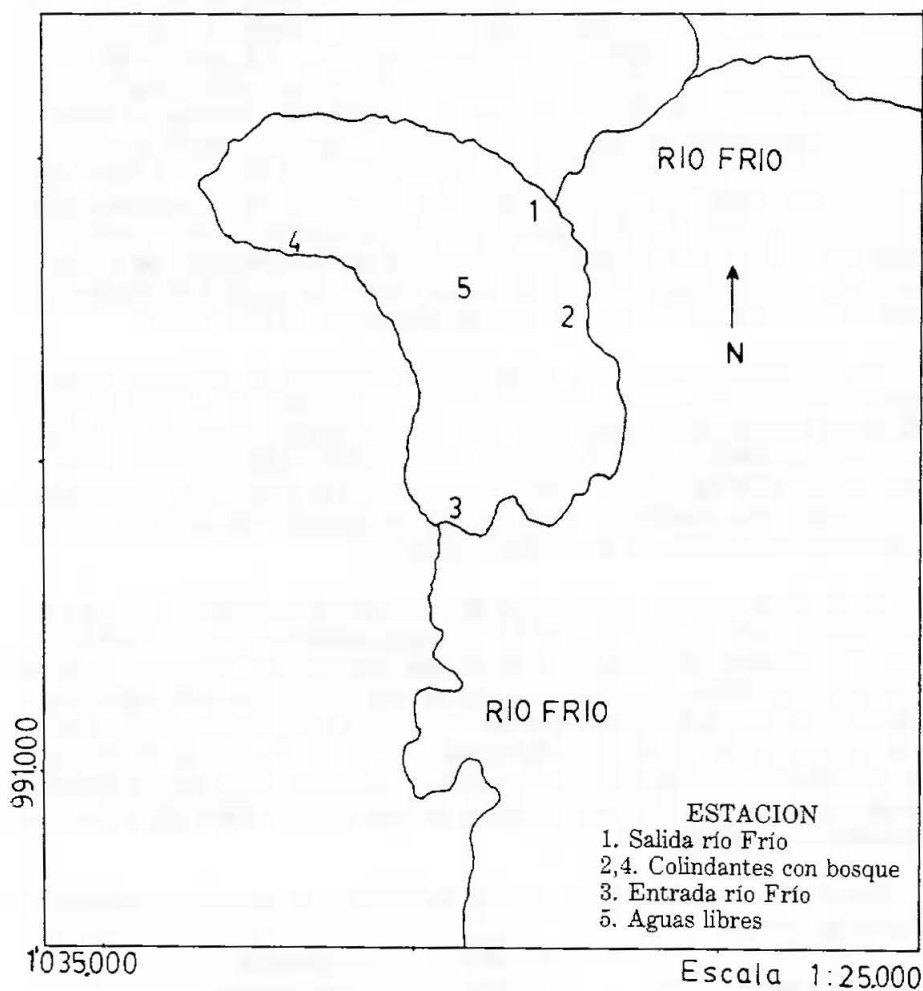
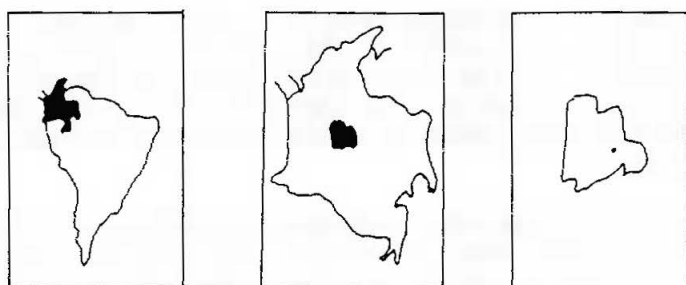


FIGURA 1 Mapa de la laguna de Chingaza, indicando estaciones de muestreo.

El estudio de las microalgas perifíticas se realizó mediante la técnica de colonización de sustratos artificiales, (SLADECKOVA, 1962) para lo cual se montaron en pares, placas acrílicas de 12 x 5.5 cm. En cada estación de muestreo se colocaron dos montajes; la placa superior se utilizó para la determinación cuantitativa de las algas, mientras que la placa inferior sirvió para la determinación cualitativa.

Para recolectar las muestras se siguió la técnica de Sedgwick-Rafter (citado por GREESON, 1979) donde se recomienda un tiempo de exposición de las placas de dos semanas; cumplido este tiempo los sustratos se removieron y limpiaron con una espátula y a cada muestra se le agregaron 20 ml de agua destilada y se fijaron con 0.2 ml de lugol. Paralelamente se determinaron en campo parámetros como pH con un potenciómetro Corning Meter modelo 671, oxígeno disuelto (ppm) y temperatura (°C) con un oxímetro Y.S.I. modelo 33 S.C.T. Meter, conductividad con un conductímetro Y.S.I. modelo 33 S.C.T. Meter, alcalinidad (mg/l CaCO_3), acidez (mg/l CaCO_3), sílice (mg/l SiO_2) y dureza total (mg/l CaCO_3) con una batera AguaMerck. Además se tomaron muestras para análisis en laboratorio de nitratos (mg/l N), nitritos (mg/l N), amonio (mg/l N), sulfatos (mg/l SO_4), ortofosfatos (mg/l PO_4), CO_2 libre (mg/l CO_2), cloruros (mg/l Cl), hierro (mg/l Fe), sodio (mg/l Na), magnesio (mg/l CaCO_3), manganeso (mg/l Mn), potasio (mg/l K) y turbidez (u. nefelométricas). Estas muestras se mantuvieron refrigeradas a una temperatura de 4°C en la oscuridad y se analizaron dentro de las 24 horas siguientes a su recolección, siguiendo los métodos de análisis recomendados por APHA (1986).

Para la identificación y determinación taxonómica de las algas se utilizaron entre otros, los trabajos de HUSTED (1959), VAN HEURCK (1962), DESIKACHARY (1968), BICUDO & BICUDO (1970), PRESCOTT (1973), PARRA, et al. (1982a, 1982b, 1983), RIVERA (1982), STEINITZ-KANNAN, et al. (1982, 1988), COESEL (1983, 1985), DE OLIVERA, et al. (1986). Las diatomeas se limpiaron mediante oxidación del protoplasma siguiendo la técnica propuesta por HASTLE & FRICKELL (1970).

En la determinación cuantitativa de las muestras se utilizó la técnica del microscopio invertido descrita por LUND et al. (1958) y VOLLENWEIDER (1974). Se tomaron alícuotas de 1 ml de muestra y se diluyeron en 10 ml de agua destilada, dentro de cámaras de sedimentación. Se consideró significativo un conteo superior a 100 individuos de las especies más abundantes, con el fin de no sobrepasar el límite de confiabilidad de 0.95 (LUND, et al. 1958). Dado que se utilizaron dos placas de colonización en cada muestreo, para la determinación cuantitativa se tomaron muestras por separado de cada una y luego se promediaron los resultados.

Estos se expresaron en número de individuos por área de superficie siguiendo la fórmula:

$$\text{Total célula perifiton/cm}^2 = \frac{\text{No. céls/ml x vol. muestra}}{\text{área total de la placa}}$$

(modificada de GREESON, 1979).

Para procesar la información se utilizó la técnica de Análisis de Coordenadas Principales (PCORD), con el fin de establecer variaciones espacio-temporales entre muestras para variables físicas, químicas y biológicas. Además, con el fin de determinar la estructura de la comunidad, se aplicó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (MARGALEF, 1983; ROBINSON & SANDGREN, 1984).

RESULTADOS Y DISCUSION

Características físicas y químicas

Desde el punto de vista climático, en la laguna de Chingaza se presentan dos épocas definidas de precipitación: una estación de lluvias entre mayo y agosto y una estación con menores precipitaciones entre diciembre y marzo y de manera similar se presenta la distribución de los caudales, con un período de aguas altas entre junio y agosto y un período de aguas bajas entre diciembre y marzo (CARREÑO & RAMIREZ, 1979). Estas variaciones temporales ejercen una gran influencia sobre el comportamiento general de las condiciones físicas y químicas de la laguna (Fig. 2); en todos los meses de muestreo los parámetros tienen un comportamiento relativamente homogéneo con excepción del mes de agosto cuando los parámetros relacionados positivamente con la conductividad (alcalinidad, dureza, iones) caen a sus niveles más bajos, resultado del efecto de dilución debido al alto nivel de las aguas en esta época (Fig. 3).

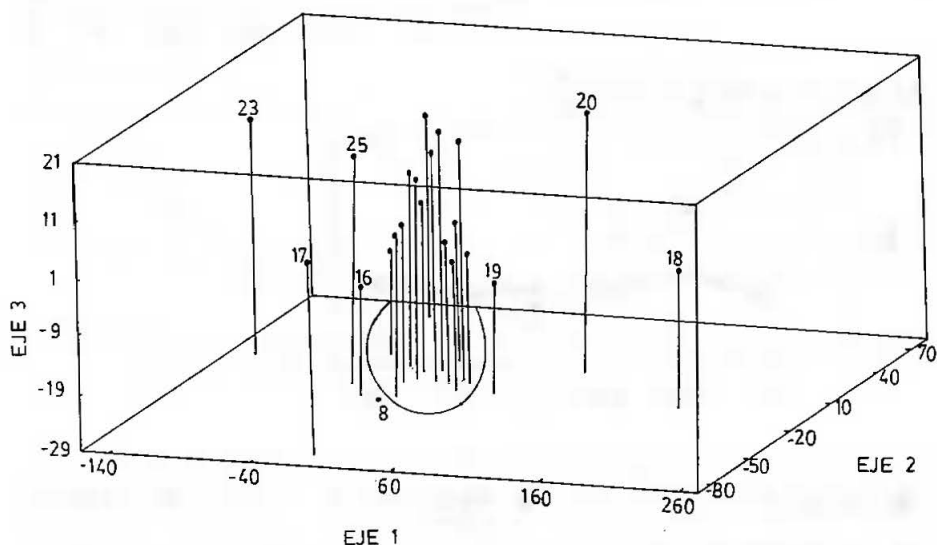
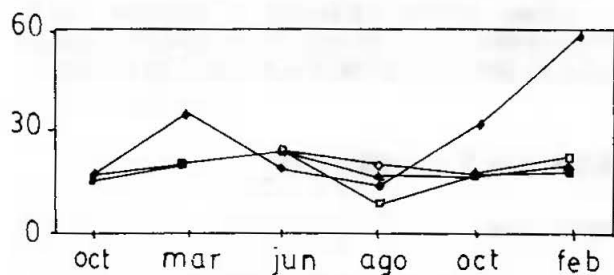
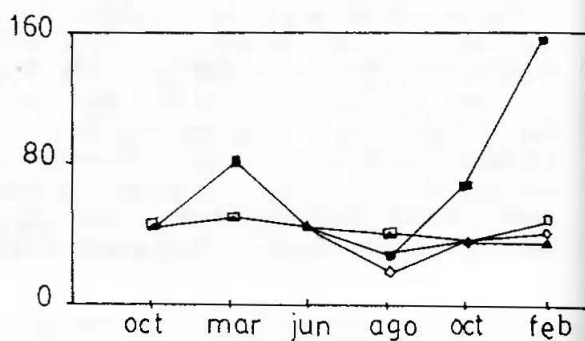


FIGURA 2. Análisis de Coordenadas Principales (PCORD) entre muestras de parámetros físicos y químicos.

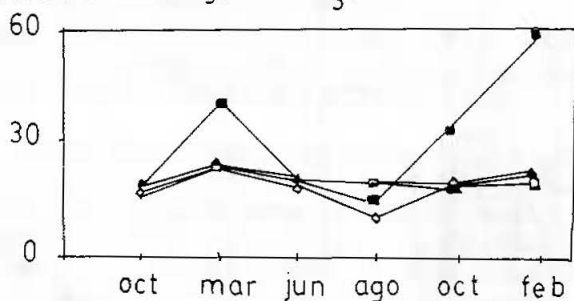
Calcio (mg/l CaCO_3)



Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)



Alcalinidad (mg/l CaCO_3)



◆ - estación 1

■ - estación 3

▲ - estación 5

◇ - estación 2

□ - estación 4

FIGURA 3. Valores de calcio y alcalinidad en mg/l CaCO_3 y conductividad en S/cm para la laguna de Chingaza.

En este mismo sentido, en junio las altas precipitaciones y el nivel alto de aguas llevan a una "homogenización", por lo que en este mes los valores de casi todos los parámetros son similares en todo el sistema. Adicionalmente, la laguna presenta una leve estratificación térmica y de oxígeno durante todo el año (DONATO en prep.) y sólo aparece un período de mezcla en este mes.

Otro factor determinante en las características físicas y químicas de la laguna lo constituye la entrada del río Frío que magnifica las variaciones estacionales; la influencia del río se ve reflejada en el aumento de CO_2 , ortofosfatos y calcio en la estación 3 cuando en el resto de la laguna estos factores presentan valores más bajos (Figs. 3 y 4).

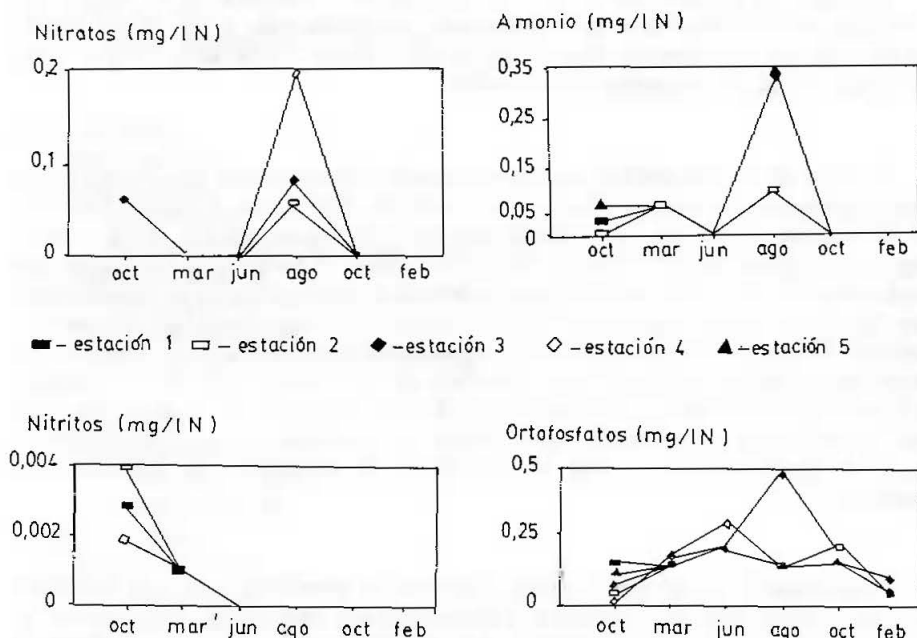


FIGURA 4. Valores de nitratos, nitritos y amonio en mg/l N y Ortofosfatos en mg/l PO_4 para la laguna de Chingaza.

La laguna de Chingaza puede definirse como un ecosistema acuático típico de alta montaña tropical, con bajas concentraciones iónicas y de nutrientes lo cual permite clasificarla como oligotrófica. El ión dominante es el calcio y a él se deben básicamente las variaciones en la conductividad, alcalinidad y dureza (Fig.3).

La razón nitrógeno / fósforo muestra como elemento limitante en la laguna al nitrógeno, condición que parece ser común en sistemas acuáticas tropicales. (FARNWORTH & GOLLEY, 1977; VINCENT et al., 1984 y PAINE, 1986).

Es así como esta relación es de 0 durante gran parte del año, dado que el nitrógeno en forma combinada (NO_2 , NO_3 , NH_4) sólo aparece disponible en el medio en tres épocas (Fig. 4). Por otra parte, la laguna presenta altos valores de ortofosfatos (Fig. 4) producto de la descomposición de materia orgánica y principalmente por los aportes de la cuenca (quemaz, erosión).

Perifiton

1. Composición y Variación Espacial.

Durante el período de estudio la comunidad perifítica de la laguna de Chingaza estuvo dominada por diatomeas, desmideaceas, y en menor grado por clorofíceas, cianofíceas, crisofíceas y euglenofíceas. En la tabla 1 se presenta un listado de las 62 especies encontradas.

Dentro de la comunidad aparecen especies típicamente perifíticas tales como *Cymbella lanceolata*, *Fragilaria virescens*, *Epithemia turgida*, *Tabellaria flocculosa*, *Navicula* sp., *Closterium* sp. y *Oedogonium* sp., entre otras. Según lo exponen ROOS (1983) y ROUND (1984), el hecho que las diatomeas predominen de un modo tan evidente es debido a las estrategias de crecimiento que ellas desarrollan y que les permite afrontar exitosamente el hábitat béntico variable. Es así como la secreción de mucílago en *Epithemia turgida*, *Fragilaria virescens*, *Tabellaria flocculosa*, *Navicula* sp. y el desarrollo de pedúnculos en *Cymbella lanceolata*, *C. minuta*, *Gomphonema truncatum*, *G. acuminatum* y *G. constrictum* y las clorofíceas filamentosas *Oedogonium* sp., *Bulbochaete* sp., y *Stigeoclonium* sp. dan la posibilidad al organismo de adherirse al sustrato.

Coexistiendo con el componente típicamente perifítico aparecen también especies pertenecientes al neuston (*Trachelomonas varians*, *Euglena acus*) y al euplancton (*Botriococcus braunii*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Hyalotheca mucosa*, etc.). que por sedimentación, o para completar su ciclo de vida, se encuentran posadas sobre el sustrato.

Por otra parte, la distribución de organismos en la zona litoral de la laguna de Chingaza muestra una relativa homogeneidad espacial; sin embargo, el número de individuos varía entre estaciones de la laguna y de un mes de muestreo a otro. Como se indica en la Figura 5, aparecen tres grupos definidos de estaciones: el primero agrupa a las estaciones con las abundancias más bajas de individuos (menos de 400 ind/cm²), en el grupo 2 se reúnen las estaciones con mayores abundancias (más de 1800 ind/cm²) y el tercero está formado por el resto de estaciones con abundancias intermedias. Esta diferencia en las abundancias se explica como consecuencia de las características de la zona litoral de la laguna de Chingaza; destacándose las siguientes:

Tabla 1. Lista de las especies de la comunidad del perifiton encontradas en la laguna de Chingaza.

Cyanophyceae

Chroococcales

Chroococcaceae

Chroococcus sp.

Oscillatoriales

Oscillatoriaceae

Oscillatoria sp.

Nostocaceae

Anabaena constricta (Szafer) Geitler.

Chlorophyceae

Chlorococcales

Oocystaceae

Oocystis sp.

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs.

Scenedesmaceae

Scenedesmus quadricauda (Chod) Smith

Dictyosphaeriaceae

Botryococcus braunii Kuetzing

Oedogoniales

Oedogoniaceae

Oedogonium sp.

Bulbochaete sp.

Zygnematales

Zygnemataceae

Spirogira sp.

Mougeotia sp.

Desmidiaceae

Closterium moniliferum (Bory) Ehr.

C. subulatum (Kutz) de Breb.

C. Kuetsingii Brebisson.

Closterium sp.

Hyalotheca mucosa

Xanthidium antilopaeum (Breb) Kuetzing

Staurastrum sp.

Cosmarium sp.

Spaherozoma aubertianum West

Staurastrum cf. *Sebaldii* Reinsch

Spondylosium planum De Bory.

Ulothricales

Ulothricaceae

Geminella interrupta (Turpin) Lagerheim

Chaetophorales

Chaetophoraceae

Stigeoclonium sp.

Chrysophyceae

Ochromonadales

Dynobryaceae

Dynobryon divergens Imhof

Bacillariophyceae

Pennales

Naviculaceae

Navicula radiosa Kutz

Navicula hebes Ralfs

Navicula sp.

Frustulia rhomboides (Ehr) De Toni

Stauroneis anceps Ehr.

Stauroneis sp.

Pinnularia maior (Kutz) Rabh

Pinnularia gibba Ehr.

Pinnularia viridis (Nitz) Ehr.

Fragilariaceae

Tabellaria flocculosa (Roth) Kutz

Diatoma sp.

Fragilaria virescens Ralfs

Synedra ulna (Nitz) Ehr.

Ceratoneis arcus (Ehr) Kutz

Eunotiaceae

Eunotia cf. *flexuosa*

Eunotia cf. *lunaris*

Cymbellaceae

Cymbella lanceolata Ehr.

C. minuta Hilse

Gomphonema acuminatum Ehr.

G. truncatum Ehr.

G. constrictum Ehr.

Epithemiaceae

Epithemia turgida (ehr.) Patrick & Reimer*Rhopalodia gibba* (Ehr.). O Mueller

Surirellaceae

Surirella biseriata Breb.

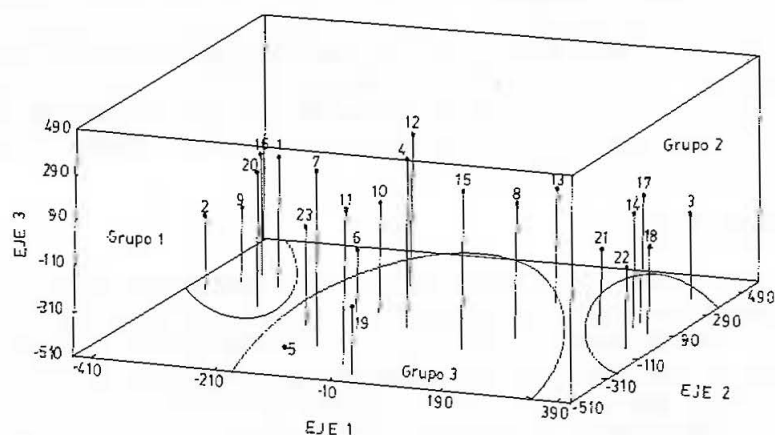
Achnanthaceae

Cocconeis placentula Ehr.

Euglenophyceae

Euglenales

Euglenaceae

Euglena acus Ehr.*Trachelomonas varians* Deflandre*T. hispida* (Pery) Stein*Trachelomonas* sp.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
1 est.1 (oct/88)	3 est.3 (oct/88)	4 est. 4 (oct/88)
2 est.2 (oct/88)	14 est.3 (ago/89)	5 est. 2 (mar/89)
9 est.2 (jun/89)	17 est.2 (oct/89)	6 est.3 (mar/89)
16 est.1 (ago/89)	18 est.3 (oct/89)	7 est.4 (mar/89)
20 est.1 (feb/90)	21 est.2 (feb/90)	8 est.1 (jun/89)
	22 est.3 (feb/90)	10 est.3 (jun/89)
		11 est.4 (jun/89)
		12 est.1 (ago/89)
		13 est.2 (ago/89)
		15 est.4 (ago/89)
		19 est.4 (oct/89)
		23 est.4 (feb/90)

FIGURA 5. Análisis de Coordenadas Principales (PCORD) entre muestras para la comunidad del perifiton de la laguna de Chingaza.

- a. La extensión de la zona colonizable: La estación 1 –salida del río Frío– muestra el promedio de abundancias más bajo, como resultado de una zona litoral reducida en comparación a las otras estaciones de muestreo. Estos resultados coinciden con COLINVAUX & STEINITZ (1980) y KUHN et al. (1981), los cuales enfatizaron la importancia del tamaño de la zona litoral para determinar la abundancia del componente perifítico.
- b. El efecto de arrastre por flujo de agua: la corriente generada por el afluente en la estación 1, ejerce una acción abrasiva que sumada al anterior efecto reduce considerablemente el número de individuos.
- c. Aportes del afluente: Este efecto, junto con la amplia zona litoral de la estación 3, determina el promedio de individuos perifíticos más alto de la laguna.
- d. Zona litoral predominantemente rocosa o con abundancia de macrófitos: el desarrollo del perifiton en esta zona está sujeto a una mayor variabilidad en el número de individuos en comparación al que se presenta en zonas rocosas, ya que dependen del ciclo de vida de la planta (WETZEL; 1981; ROUND, 1984). Para la laguna un claro ejemplo lo constituyen las estaciones 2 y 4 ya que las dos son zonas litorales colindantes con bosque, pero mientras en la primera el cinturón de macrófitos (*Myriophyllum quitense*, *Potamogeton illinoensis*, *P. paramoanus*, *Nitella flexilis*, *Ranunculus limoselloides*) determina que los valores de abundancia muestren grandes oscilaciones entre muestreos, la segunda –predominantemente rocosa– es mucho más estable (Fig. 6).

2. Variación Temporal.

De acuerdo con WETZEL (1981) sobre la comunidad actúa todo un conjunto de factores físicos y químicos potencialmente selectivos. Según los resultados obtenidos, los primeros parecen tener mayor influencia en la dinámica del perifiton; de esta forma, en este trabajo se logró establecer que dos factores fundamentales (precipitación y nivel de la laguna) desempeñan un importante papel en la dinámica de la comunidad. Así por ejemplo, en junio y agosto/89 se presenta una alta precipitación asociada con un nivel de aguas alto, factores que junto a una baja turbidez parecen influir en el menor número de individuos registrados en esos meses.

Con relación a los parámetros químicos, el fenómeno más importante para resaltar es la baja relación existente entre la razón N/P y la comunidad perifítica. Los valores de la relación indican las condiciones nutricionales del medio; en la laguna de Chingaza, donde durante casi todo el año esta relación es 0, un aumento de su valor sería de significativa importancia para el desarrollo de las algas como lo exponen MARGALEF (1983) y DONATO, et al. (1987). Sin embargo, este hecho no fué comprobado para el perifiton de la laguna coincidiendo con las afirmaciones de FAIRCHILD & RICHARDSON (1985) y FAIRCHILD, et al. (1989), según las cuales el perifiton puede ser estimulado por muy bajas concentraciones del N y/o P siendo ambos aún indetectables en

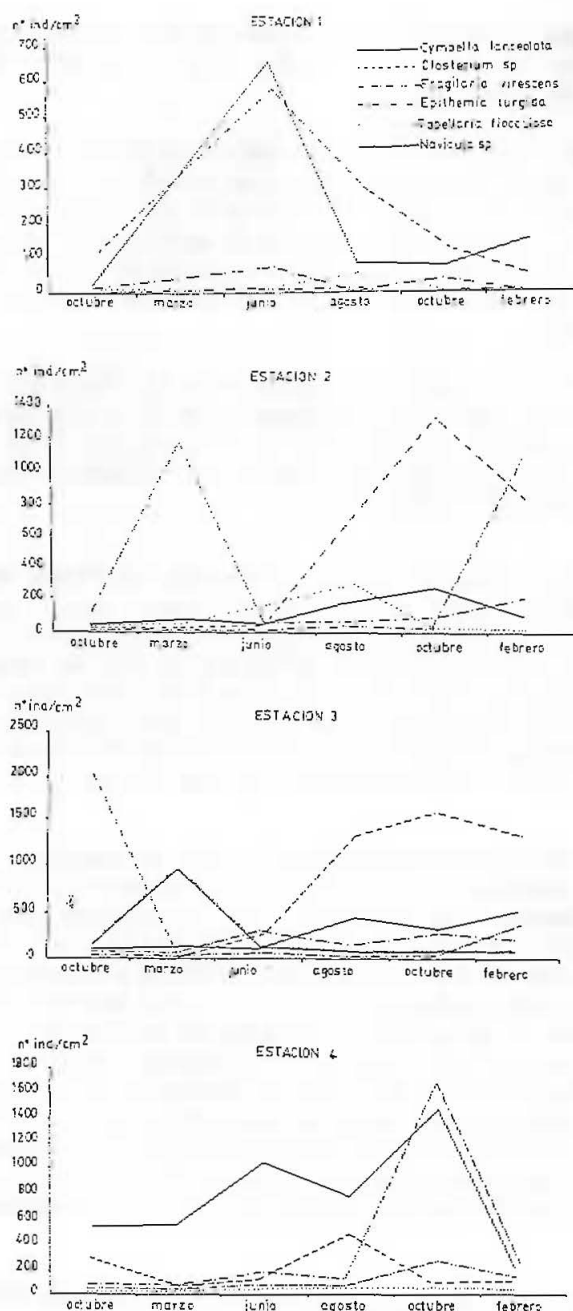


FIGURA No. 6. Variación de las principales especies de algas perifíticas en cada estación estudiada en la laguna de Chingaza.

la columna de agua. Como evidencia podemos resaltar, que en octubre/89 cuando no hay nitrógeno detectable en el medio. (Fig. 3), la comunidad alcanza el mayor número de individuos.

Un elemento fundamental para el metabolismo de las diatomeas es el sílice (REYNOLDS, 1984). Aunque las diatomeas modifican su concentración en el medio, en la laguna de Chingaza los valores de sílice permanecen constantes durante el año (1.5 mg/l SiO_2) con excepción de agosto cuando aumentan (2.2 mg/l SiO_2); sin embargo, esta pequeña variación no parece ser un factor determinante en la dinámica de las diatomeas, ya que no explica otras variaciones presentes a lo largo del año.

Lo anteriormente expuesto podría sustentar la opinión que las características del sustrato natural y las condiciones locales de la zona litoral, a parte de ser un sostén meramente mecánico actuaría también como fuente de nutrientes especialmente en casos en los cuales estos no son suficientes en el medio (WETZEL, 1981; SAND-JENSEN, 1983).

Es importante resaltar que en la comunidad perifítica ninguna especie mantiene el mismo tamaño de la población durante todo el año (WETZEL, 1981); es por esto que dentro del perifiton de la laguna apracen varias especies dominantes a lo largo del muestreo definiendo un ciclo de variación temporal complejo, las diatomeas *Cymbella lanceolata*, *Fragilaria virescens*, *Epithemia turgida*, *Tabellaria flocculosa* y *Navicula* sp., predominan con excepción de tres épocas definidas (octubre/88, agosto/89 y octubre/89) cuando la desmideacea *Closterium* sp. aumenta evidentemente en todas las estaciones (Fig. 6).

En este sentido la comunidad tiene también la posibilidad de responder a otros factores químicos; es así como la alcalinidad parece jugar un importante papel en la dinámica de la comunidad, como lo confirman para otros trabajos WETZEL, (1981); CHARLES, (1985); FAIRCHILD, et al., (1989) ya que en zonas litorales con alta densidad de algas perifíticas a menudo aparecen reducciones de CO_2 acompañadas por un aumento en la absorción de bicarbonato. Para el perifiton de la laguna de Chingaza tal explicación podría ser válida teniendo en cuenta el hecho que las Desmideaceae –sensibles al bicarbonato– aumentan en las épocas en las cuales la alcalinidad es más baja (Fig.3). En este mismo sentido, el calcio (principal catión en la laguna), parece ser también un factor determinante en los ciclos de variación entre diatomeas y desmideas dado que en la época de menor concentración de calcio hay un aumento en el número de la desmideacea *Closterium* sp., altamente sensible a éste.

En consecuencia, la comunidad está regulada por una intrincada red de factores físicos y químicos; sin embargo, parece evidente que la reunión de condiciones ambientales (Precipitación, nivel de las aguas), características del sustrato y en menor medida las condiciones químicas del agua determinan el comportamiento del perifiton.

Diversidad.

El valor promedio de diversidad para el perifiton de la laguna de Chingaza es bajo, 1.6 con un rango de variación de 0.9 a 2.3 bits; esta condición parece ser normal para la comunidad (DARLEY, 1987), resultado de la interacción de varios factores tales como la heterogeneidad de hábitats lo cual conduce a la coexistencia de gran número de especies, la continua disminución de espacio (disponible para la colonización (MARCUS, 1980) y la competencia por espacio, como lo sugieren BROWN & AUSTIN (1973) (citados por MARCUS, 1980).

Con base en el modelo conceptual la estructura y la dinámica del perifiton de la laguna están reguladas por factores externos a la comunidad. La Figura 7 enfatiza en los elementos que definen sus características. De esta figura se desprende el hecho que los aspectos ambientales como la precipitación, y nivel de la laguna, actúan como reguladores directos, no sólo de la comunidad, sino también de las características físicas y químicas. También es importante la influencia que la entrada del río Frío ejerce sobre la comunidad al ser un aporte de elementos procedentes de sistemas acuáticos situados agua arriba como en las condiciones del medio.

Los macrófitos cumplen también un papel importante, no sólo como soporte mecánico y proveedor de microhábitats disponibles para la colonización, sino además como posible fuente de nutrientes. Finalmente, hay un aporte de organismos de otras comunidades (euplancton, neuston) que por accidente o por su ciclo de vida se encuentran posados sobre el sustrato.

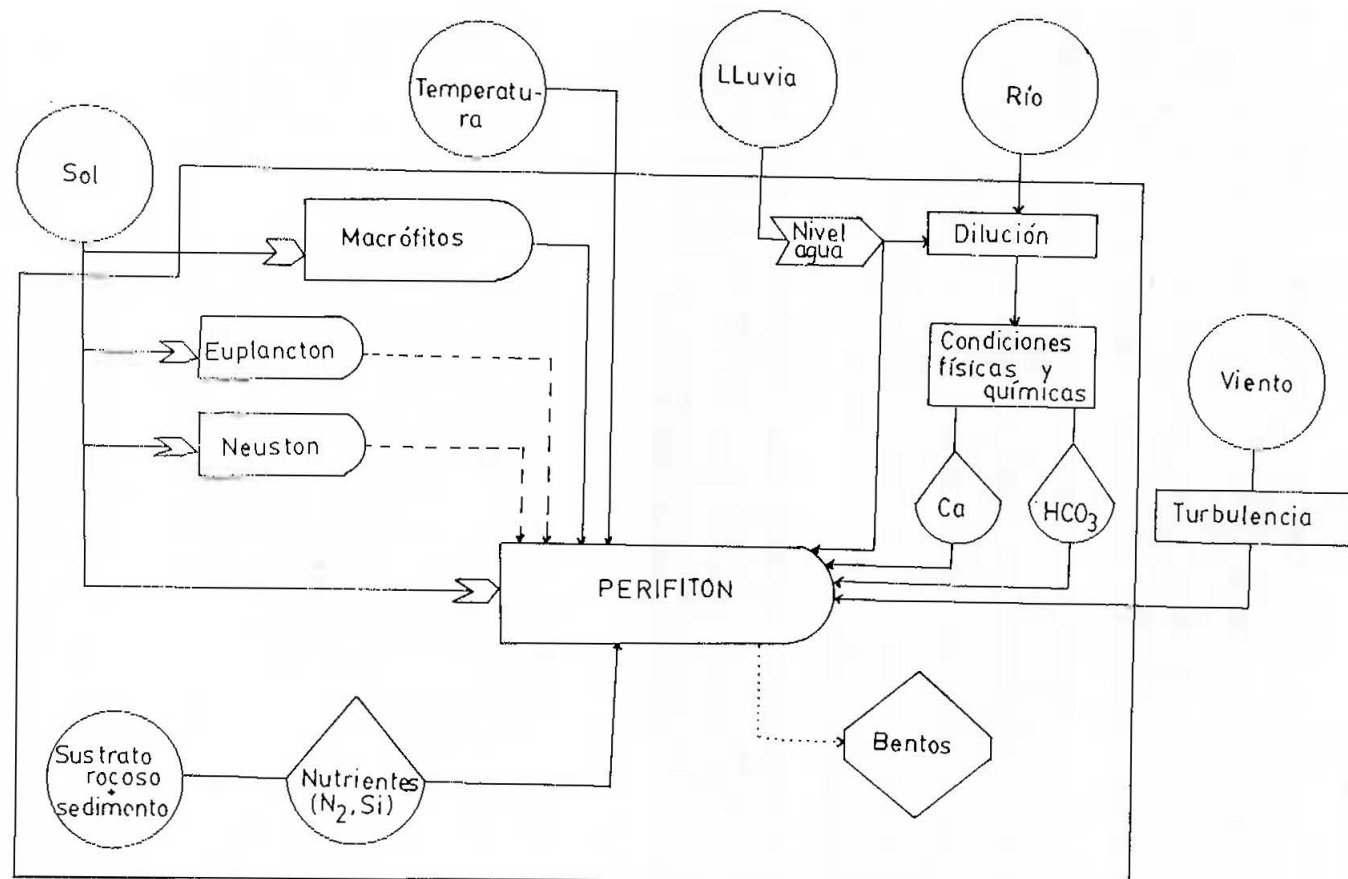


FIGURA No. 7. Modelo conceptual de los factores que influyen sobre el perifiton de la laguna de Chingaza. (Simbología según ODUM; 1986)

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Prof. Dr. Carlos E. Bícudo del Instituto de Botánica Sao Paulo, Brasil; al Prof. Dr. Luis E. Mora Osejo, Director Jardín Botánico de Santafé de Bogotá y al Prof. Henry Bernal de la Universidad Javeriana por la lectura y corrección del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION APHA). 1986. Standar methods for the examination of water and waste-water. 15 ed. Washington. 580 p.
- BICUDO, C.C. & R.H. BICUDO. 1970. Algas do aguas continentales brasileiras. Fundacao Brasileira para o desenvolvimiento do Ensino do ciencias. Sao Paulo. 228 p.
- CARREÑO, J. & M. RAMIREZ. 1979. Contribución al plan de manejo del Parque Nacional Natural Chingaza. Estudio Hidroclimático. Tesis de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santafé de Bogotá, Colombia. 92 p.
- CASTAGNINO, W.A. 1982. Investigación de modelos simplificados de eutroficación en lagos tropicales. CEPIS-OPS, Sao Paulo. Brasil. 27 p.
- COESEL, P.F.M. 1983. De desmidiaceen van Neederland. Deel 2. Fam. Closteriaceae. K.N.N.V. Hoogwood. N.H. 49 p.
- _____. 1985. De desmidiaceen van Neederland. Deel 3. Fam. Desmidiaceae (1). K.N.N.V. Hoogwood. N.H. 70 p.
- COLINVAUX, P. & M. STEINITZ. 1980. Species richness and area in Galapagos and andean lakes: equilibrium phytoplankton communities and a paradox of the zooplankton evolution and ecology of zooplankton communities. C. Kerfoot Ed. University Press of New England. 697- 711 p.
- DARLEY, M.W. 1987. Biología de las algas. 1^{ra} Edición. Edit. Limusa. México 236 p.
- DE OLIVERA, P.; M. STEINITZ-KANNAN, et al. 1986. Las Diatomeas de Ecuador III. Diatomeas fósiles de la laguna de Kumpaka. Provincia de Morona, Santiago. Revista Instituto Geográfico Militar. 24:41-60.

- DESIKACHARY, T.V. 1968. Cyanophyta. Academic Press. N.Y. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi. 540 p.
- DONATO, J.; S. DUQUE & L.E. MORA-OSEJO. 1987. Estructura y dinámica del fitoplancton de la laguna de Fúquene. Rev. Acad. Col. Ciencias. Ex. Fis. Nat. 16(62):113-144.
- DONATO, J. 1987. Análisis limnológico y concentración de biocidas en peces de los ríos Ariari, Guayuriba, Humea y Meta. Revista de la Facultad de Ciencias. Universidad Javeriana. 1(1):29-52.
- EMINSON, D. & B. MOSS. 1980. The composition and ecology of periphyton communities in freshwaters. Br. Phycol. J. 15:439-446.
- FAIRCHILD, G.W. & R. LOWE. 1984. Artificial substrates which release nutrients: effects on periphyton and invertebrated sucesion. Hidrobiol. 114: 29-37.
- FAIRCHILD, G.W. & W.B. RICHARDSON. 1985. Algal periphyton growth on nutrient-diffusing substrates: an in situ bioassay. Ecology 66 (2): 465-472.
- FAIRCHILD, G.W.; J.W. SHERMAN & W. ACKER. 1989. Effects of nutrient (N.P.C) enrichment, grazing and depth upon littoral periphyton of a softwater lake. Hydrobiol. 173:69-83.
- FARNWORTH, J. & F. GOLLEY (eds.). 1977. Ecosistemas frágiles. 1^{ra} Edición. Fondo de Cultura Económica. México. 374 p.
- FOERSTER, J. & H. SCHLICHTING. 1965. Phyco-periphyton in an oligotrophic lake. Trans. Am. Microsc. Soc. 84:485-502.
- GAVIRIA, S. 1983. Evaluación limnológica inicial del embalse de Chuza en el páramo de Chingaza. E.A.A.B. Santafé de Bogotá, 26 p.
- GREESON, D.E. (ed.). 1979. Methods for collection and analysis of aquatic biological and microbiological samples techniques of water resources investigation of the U.S. geological survey. Chapter A4, book 5. 91-111 p.
- HASTLE, G. & G. FRIXELL. 1970. Diatoms: Cleaning and mounting for light and electron microscopy. Trans. Amer. Microsc. Soc. 89(4). 469-474.
- HUSTEDT, F. 1959. Die Kieselalgen Kryptogamen-Folra. 2 tell. Otto Koeltz Science Publishers. West Germany. 845 p.
- KUHN, D.L.; J.L. PLAFKIN; J. CAIRNS & R.L. LOWE. 1981. Qualitative characterization of aquatic environments using diatom life-form strategies. Trans. Am. Microsc. Soc. 100(2):165-182.

- LUND, J.W.; C. KIPLING & E. LE CREN. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiol.* 11: 143-170.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. 1^{ra} edición Ed. Omega. Barcelona. 1010 p.
- MARCUS, M. 1980. Periphytic community response of chronic nutrient enrichment by a reservoir discharge. *Ecology*. 61(2): 387-399.
- PARRA, O.; M. GONZALEZ. et al. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. I. Cyanophyceae. Universidad de Concepción. Chile. 70 p.
- _____. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. III. Cryptophyceae-Dinophyceae-Euglenophyceae. Universidad de Concepción. Chile. 99 p.
- _____. 1983. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. V. Chlorophyceae. Universidad de Concepción. Chile. 151 p.
- PAYNE, A.I. 1986. The ecology of tropical lakes and rivers. 1^{ra} Edición. John Wiley & Sons. Great Britain. 301 p.
- PRESCOTT, G. 1973. *Algae of the western Great lakes area*. W.M.C. Brown company publishers. Iowa. 962 p.
- REYNOLDS, C.S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton Cambridge University Press G.B. 384 p.
- RIVERA, P.; O. PARRA. et al. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. IV. Bacillariophyceae. Universidad de Concepción. Chile. 97 p.
- ROBINSON, J.V. & C.D. SANDGREN. 1984. An experimental evaluation of diversity indices as environmental discriminators. *Hydrobiol.* 108:187-196.
- ROOS, P.J. 1983. Dynamics of periphyton communities. In: WETZEL, R. G. (ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers. The Hague. 346 p.
- ROUND, F.E. 1984. The ecology of algae. 1^{ra} Edición. Cambridge University Press. 653 p.
- SALAS, H.J. 1983. Desarrollo de metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos. CEPIS-OPS. Sao Paulo. 14 p.

- SAND-JENSEN, K. 1983. Physical and chemical parameters regulating growth of periphytic communities. In: WETZEL, R.G. (ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. Dr. Junk Publishers. The Hague. 346 p.
- SLADECKOVA, A. 1962. Limnological investigation methods for the periphyton ("Aufwuchs") community. *Bot. Rev.* 28:286-353.
- STEINITZ-KANNAN, M.; P. COLINVAUX & R. KANNAN. 1983. Limnological studies in Ecuador: 1. A survey of chemical and physical properties of ecuatorial lakes. *Arch. Hydrobiol.* 1:61-105.
- STEINITZ-KANNAN, M.; P. OLIVERA. et al. 1988. Las diatomeas del Ecuador. I. Diatomeas fósiles de la laguna de Curno, providencia de Imbabura. *Revista Instituto Geográfico Militar*. Quito. 26:7-35.
- VAN HEURCH, H. 1962. *A treatise on the Diatomaceae*. 1^{ra} Edición. Wheldon & Wesley Ltda. 542 p.
- VINCENT, W.; C.L. VINCENT. et al. 1985. Nitrate cycling in lake Titicaca (Perú-Bolivia): the effects of high altitude and tropicality. *Freshwater Biology*. 15:31-42.
- VOLLENWEIDER, P. A. 1974. *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. Blackwell Cientific Publications. 356 p.
- WETZEL, R.G. 1981. *Limnología*. 1^{ra} Edición. Ed. Omega. Barcelona. 679 p.