



REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

UNIVERSIDAD JAVERIANA

CONTENIDO

	Pág.
EDITORIAL	7
TRABAJOS DE INVESTIGACION	9
Sistemas de producción y cambios en la fertilidad del suelo en la reserva integral "La Macarena": Germán Amat & Orlando Vargas	11
Estudio del Fitoplancton durante las primeras etapas de llenado de la Central Hidroeléctrica de Betania (Huila-Colombia): Santiago Duque & John Ch. Donato	29
Micorrizas en <i>Decussocarpus rospigliosi</i> (Pilger) De Laubenfls. Una Podocarpaceae del bosque andino: Eduardo Guerrero & Elizabeth Hodson de Jaramillo	53
Propagación vegetativa de <i>Alnus acuminata</i> H.B.K. por cultivo de tejidos vegetales: Elizabeth Hodson de Jaramillo. Carmen E. Rodríguez & Alexandra Chemás J.	67
Anillos de Boole. Segunda Parte: Carlos Ruiz S.	79
NOTAS	101
¿Y la Matemática para qué: Iván Castro Ch.	103
Notas sobre la vegetación acuática de Colombia. I: Estructura: Udo Schmidt-Mumm	107
Registro de una Colonia de Nidación de "Guacharos" <i>Steatornis caripensis</i> Humboldt (STEATORNITHIDAE): Enrique Zerdá O. & Jaime E. Correa Q.	123
DISTINCIONES	131
PROGRAMA DE POSTGRADO	135
Maestrías en Biología y Microbiología Especialización en Microbiología Médica	140
LIBROS	143
RESUMENES DE TESIS	145

**ESTUDIO DEL FITOPLANCTON DURANTE LAS PRIMERAS
ETAPAS DE LLENADO DEL EMBALSE DE LA CENTRAL
HIDROELECTRICA DE BETANIA, HUILA-COLOMBIA¹**

Santiago Duque²
John Ch. Donato³

RESUMEN

El presente trabajo evaluó las primeras etapas de sucesión de la comunidad de fitoplancton en el embalse de Betania durante Diciembre de 1986 y Abril de 1987, época correspondiente a los primeros meses de llenado del embalse. Como resultado del presente estudio se registran ciento un taxa de los cuales diez y seis son nuevos para Colombia. Las condiciones geográficas, fisico-químicas y biológicas permiten la colonización de sus aguas por especies fitoplanctónicas tanto oligotróficas como eutróficas que se adaptan a las condiciones hidrodinámicas del embalse, principalmente a la diferente tasa de renovación. Las condiciones iniciales muestran la estratificación del embalse en capas, y diferencias entre sus brazos (Yaguará y Magdalena).

ABSTRACT

The present work evaluated the first stages of succession of the phytoplankton community present in the "Central Hidroelectrica de Betania" during december of 1986 and april of 1987, (first months filling). One hundred and one taxa were reported, sixteen of wich were not registred for Colombia. The geographic, physico-chemical and biological characteristics allowed the oligotrophic as well as eutrophic phytoplankton species colonization. This species themselves to the hydrodinamic conditions that indicate layer stratiphication and difference between the two dams branches (Yaguará and Magdalena).

1. Contrato INDERENA-AZOBIONAL, N° 38/86 de 1986.

2. Departamento de Biología, Universidad Pedagógica Nacional. Apartado Personal 52485 N:2. Bogotá-Colombia.

3. Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Javeriana. Apartado Aéreo 56710, Bogotá-Colombia.

INTRODUCCION

Como parte de un sin número de proyectos hidroeléctricos durante las últimas décadas se han construido en Colombia una gran cantidad de embalses, los cuales llegan a cubrir un área inundada de más de 125.000 hectáreas (Valde-rama, 1986).

El embalse de la Central Hidroeléctrica de Betania (C.H.B.) es a partir de julio de 1987 el más grande del país en funcionamiento (Tabla 1). Dada su localización sobre el curso principal del río Magdalena, cuya cuenca es la más degradada del país después de la cuenca del río Bogotá, y su gran importancia socioeconómica, se ha visto la necesidad de realizar estudios cuyo objetivo es el de evaluar el impacto de dicho proyecto (Cabrera et. al., 1978; Universidad Nacional de Colombia, 1984, 1986; C.H.B., 1986 a, b, c, d, e, f; INDERENA, 1985, 1986 a, b). Estos estudios coinciden en plantear como el embalse afectará varios aspectos, principalmente el relacionado con los posibles cambios en la calidad del agua, tanto en el cuerpo de agua embalsada como en la zona de influencia inmediata aguas abajo de la presa aspecto último que repercutirá negativamente sobre el recurso pesquero de la región.

La subgerencia del Medio Ambiente del INDERENA, AZOBIONAL, la C.H.B. y el HIMAT, con el ánimo de continuar con los programas de estudio de la represa,

Tabla 1. Características generales del embalse de la central hidroeléctrica de Betania (C.H.B.). Universidad Nacional, (1984)

Area de inundación	7.400 hectáreas
Volumen total	1.971.10 ⁶ m ³
Profundidad máxima	90 m.
Profundidad media	28 m.
Vida útil	Más de 50 años
Ramal río Magdalena	22 Km.
Ramal río Yaguará	13 Km.
Sitio de la presa	200 m. abajo de la desembocadura del Yaguará en el Magdalena.
Caudal medio de la presa	473 m ³ /seg.
Caudal medio del Yaguará	25 m ³ /seg.
Caudal medio del Magdalena	448 m ³ /seg.
Precipitación promedio	1.680 mm.
Nivel de operación máximo	564 m.s.n.m.
Nivel de operación mínimo	548 m.s.n.m.
Total instalación	510 MW
Turbinas	3. unidades tipo Francis (170 MW cada una)
Altura de la presa principal	91 m.

planearon la presente investigación cuyo objetivo principal se enmarca dentro del conocimiento biológico de las etapas tempranas de sucesión de la comunidad de fitoplancton y la caracterización de las condiciones fisico-químicas del período de estudio.

El presente trabajo cubre el período del llenado de Diciembre de 1986 - Abril de 1987, cuyo nivel de ascenso se resume así:

Mes	Dic. 86	Dic. 87	Feb. 87	Mar. 87	Abr. 87
Cota (m)	516	520	529	536	553

MATERIALES Y METODOS

Durante diciembre de 1986 - abril de 1987, se realizaron cuatro muestreos en el embalse de Betania, exceptuando el mes de Enero. Para cubrir en su totalidad al embalse, en cada visita se incluyó una estación representativa para la cola, parte media y presa, tanto para el brazo del Magdalena como para el brazo de Yaguará. Como este período representó la primera parte del tiempo del llenado en el embalse, fue necesario la reubicación de las estaciones para mantenerlas dentro del esquema de división anterior. La figura 1 presenta la ubicación de las estaciones de muestreo para el presente estudio. En cada una de las estaciones se tomaron muestras tanto para el análisis cualitativo como el cuantitativo. Las

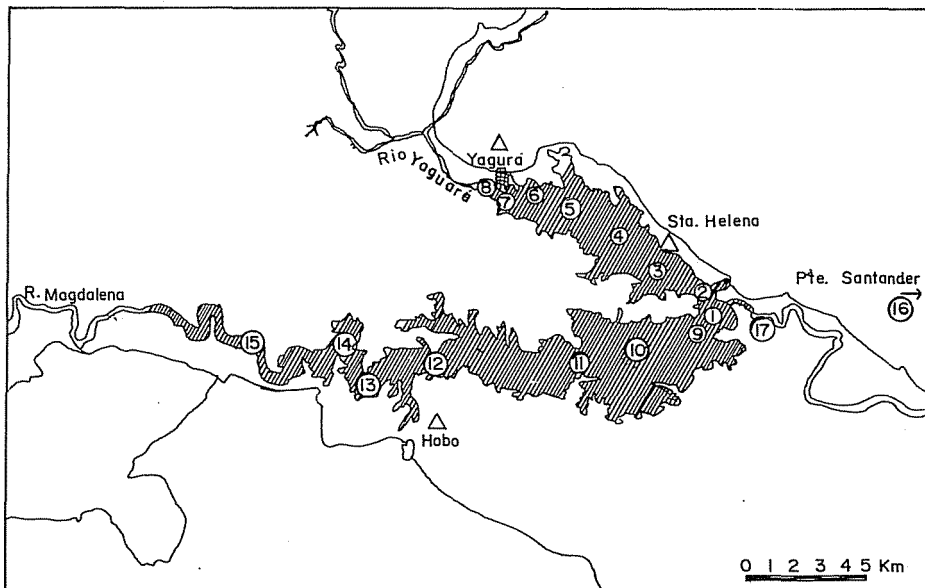


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo en el Embalse de Betania (Mapa adaptado de Universidad Nacional de Colombia. 1984).

muestras del análisis cualitativo se tomaron con una red de plancton de 45 μ de ojo de malla, a una profundidad de 20 cm. y se fijaron con formol al 3%. Las muestras cuantitativas fueron tomadas con una botella de muestreo horizontal y fijadas con lugol (0.5 ml. por 100 ml. de muestra).

En la determinación de los diferentes taxa se utilizaron los trabajos de Huber-Pestalozzi (1938-1972); Prescott (1966); Rino (1969, 1971, 1972); La Coste (1980); Parra et al (1983); Tell (1980, 1985).

Para el estudio cuantitativo de las muestras se utilizó el método del microscopio invertido, mediante la observación de 5 a 20 ml. de muestra, para conseguir un límite de confiabilidad de 0.95 (Lund et al, 1958). Los organismos filamentosos y/o coloniales se tomaron como un solo individuo.

El análisis e interpretación de la información obtenida se basó en el índice de diversidad (Margalef, 1957).

RESULTADOS Y DISCUSION

Aspectos físico-químicos

Paralelo al estudio taxonómico del fitoplancton del embalse de Betania, el HIMAT y la C.H.B. desarrollaron un trabajo con el fin de establecer las condiciones físico-químicas del cuerpo de agua. Dicho estudio se realizó entre diciembre de 1986 y marzo de 1987. Con base en sus resultados se realizan los análisis del presente trabajo.

Al comparar las características físico-químicas observadas durante el período inicial con el diagnóstico del impacto ambiental desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia (1984), se confirman las diferencias en el comportamiento de los brazos que conforman el embalse (Yaguará y Magdalena).

EL INDERENA (1986b) y la Universidad Nacional de Colombia (op. cit.), mencionan como la cuenca alta del río Magdalena presenta uno de los más altos índices de alteración, hecho que se refleja en el proceso de deforestación, uso generalizado de las tierras bajas para el establecimiento de monocultivos que requieren para su mantenimiento elevados aportes de compuestos químicos (fertilizantes y biocidas), factores que en conjunto han producido un deterioro en la calidad de las aguas, siendo más evidente en la cuenca del río Yaguará con respecto a la cuenca alta del río Magdalena.

Con relación a lo anterior, la ubicación geográfica del embalse favorece la segregación de capas (estratificación), que puede ser incrementada por condiciones físico-químicas características en cada uno de los niveles. En el brazo del Yaguará, se suman condiciones tales como la de presentar un menor volumen y

tener una menor tasa de renovación de las masas de agua que sumado a la materia orgánica autóctona (cubeta del embalse) y alóctona (río Yaguará) contribuye al proceso normal de aumento de trofia de las aguas, que se aprecia en los perfiles de la temperatura y el oxígeno disuelto (Figura N° 2).

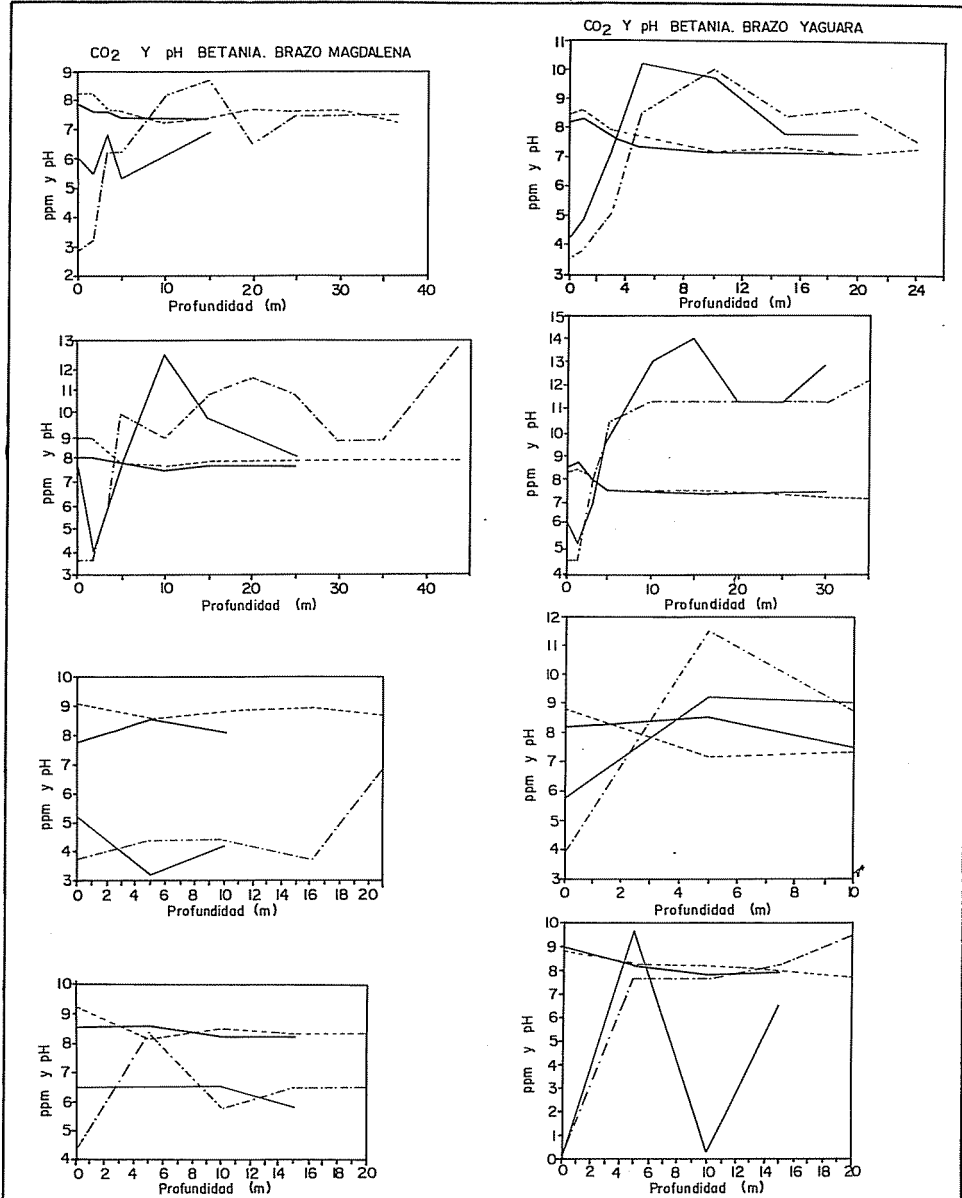


Figura 2. Perfil de los valores de Temperatura y Oxígeno Disuelto encontrados durante el período Dic./86-Marzo/87 para el Embalse de Betania (— T. parte media del Embalse. --- T. Presa - O.D. Presa. ... O.D. parte media del Embalse).

El comportamiento de la última variable diferencia para el brazo del Yaguará un perfil de tres capas: El "Epilimnion" inicialmente se comporta como una capa homogénea hasta una profundidad aproximada de 5 m (Figuras 2 y 3), presenta valores altos de saturación superficial de Oxígeno debidos tanto a la actividad fotosintética del fitoplancton como al efecto de mezcla del viento. Posteriormente, en febrero y marzo se observa como la comunidad de algas parece tener su máxima concentración en aguas intermedias.

La picnoclina dentro de los perfiles corresponde al nivel de entrada del río Yaguará que al traer una gran carga de sedimentos genera una demanda de Oxígeno (C.H.B., 1987), produce una disminución del Oxígeno disuelto (Figura 2) con el correspondiente aumento del dióxido de carbono (Figura 3).

La capa de aguas profundas o hipolimnion en el brazo del Yaguará muestra una recuperación de sus condiciones (Figuras 2 y 3), que se puede explicar por los resultados positivos de la limpieza de la cubeta recomendada por la Universidad Nacional (1984), y desarrollada por la C.H.B. (1986e) que permitió la eliminación del 70% de la cobertura vegetal. Para el brazo del Magdalena en el embalse de Betania se aprecian también las mismas capas pero con menor diferenciación entre ellas. La disminución del Oxígeno disuelto entre los 15 y 20 m de profundidad (Figura 2) y el aumento en el CO₂ (Figura 3) determinan que ésta es la profundidad de entrada del río Magdalena al embalse. Como en el brazo del Yaguará la zona profunda del brazo del Magdalena presenta también la recuperación de sus condiciones en la calidad del agua debidas a la eliminación de la cobertura vegetal anteriormente mencionada.

Es evidente que para todo el embalse el grado de mineralización de las aguas produce un tamponamiento del pH, en donde las grandes variaciones de la concentración del CO₂ en el eje vertical no implican cambios de igual magnitud en el valor del pH.

Dado que el período de estudio de la presente investigación sólo comprende una fase parcial del proceso del llenado en el embalse, es prematuro inferir sobre el comportamiento del ciclo de nutrientes, principalmente del nitrógeno y del fósforo implicados directamente tanto en el proceso de eutroficación como en el de eutrofización (Bahamonde & Cabrera, 1983). Para futuras investigaciones se recomienda analizar el ciclo de estos dos nutrientes, su dinámica y su interrelación con las interfases del ecosistema (atmósfera y sedimento).

Margalef (1983) y Donato et al (1987), comprueban que el desarrollo de los circuitos alternos para el ciclo del nitrógeno y del fósforo son el mejor indicador para conocer la evolución de un ecosistema acuático, en este caso el embalse de Betania.

La disminución de la concentración del Oxígeno disuelto en el nivel de entrada de los ríos al embalse (Figura 2) también puede explicarse por el posible com-

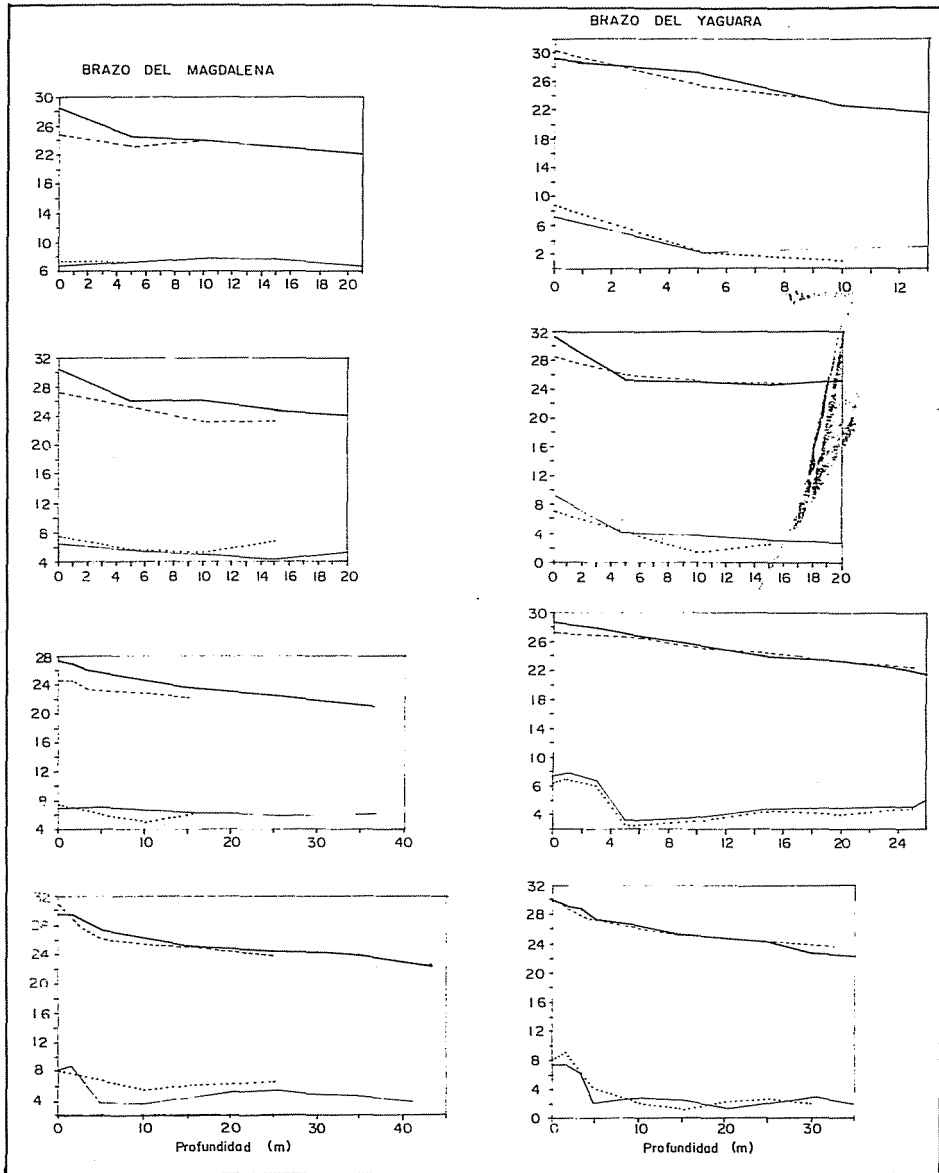


Figura 2. Perfil de los valores de Temperatura y Oxígeno Disuelto encontrados durante el periodo Dic./86-Marzo/87 para el Embalse de Betania (— T. parte media del Embalse. --- T. Presa - O.D. Presa. ...O.D. parte media del Embalse).

portamiento del azufre en el cuerpo de agua. Dadas las condiciones críticas en el hipolimnion del embalse en horas determinadas del día (Curva diurna de Oxígeno, C.H.B., 1987b) principalmente para el brazo del Yaguará, el sulfato se reduce a ácido sulfídrico, que migra hacia la superficie donde es oxidado nuevamente. Este último proceso donde están implicados los bacterios oxidantes del azufre (Wetzel, 1981) requiere una alta demanda de Oxígeno.

Por lo tanto, este fenómeno contribuye a disminuir las concentraciones de Oxígeno disuelto encontradas en el nivel de entrada de los ríos, como son de 5 a 10 m. para el brazo del Yaguará y de 10 a 20 m para el brazo del Magdalena.

Aspectos Biológicos

En la tabla 2, se registran los diferentes taxa encontrados para el presente estudio pertenecientes a la comunidad de fitoplancton de los cuales 16 son nuevos para Colombia. (Wets, 1914; Taylor, 1935; Molina, 1983; Ramirez, 1986 Florez & Quiroz, 1986; Donato et. al., 1987, Donato, 1987; Coesel, 1985; Coesel et al, 1988). Dentro de los 110 taxa, se observaron adaptaciones morfológicas, bioquímicas y fisiológicas de las algas, que en conjunto representan condiciones ecológicas específicas para cada población. El análisis de las propiedades intrínsecas de estas poblaciones permite construir un marco de referencia sobre el tipo y estructura de la comunidad, que refleja las condiciones ecológicas en un momento y un sitio determinado dentro del embalse.

Según Margalef (1978) y Reynolds (1984), las propiedades morfológicas, mecánicas y fisiológicas de las algas, y su dependencia del enriquecimiento y turbulencia del agua, representa el mejor instrumento de monitoreo para el fitoplancton en ecosistemas acuáticos.

Tabla 2. Taxonomía de la comunidad de Fitoplancton encontrada en el embalse de Betania. (Ver Anexo)

*Primer registro para Colombia.

CYANOPHYCEAE (CYANOBACTERIO)

Aphanizomenon sp.

Microcystis aeruginosa, Kutz.

Anabaina (*Anabaena*) *circinalis*, Rabenhorst.

Anabaina sp.

Chroococcus turgidus, (Kutz) Nag.

Oscillatoria sp.

Gloeocapsa sp.

Aphanocapsa sp.

Anacystis sp.

Lyngbya sp.

CHLOROPHYCEAE

VOLVOCALES

Pandorina morum, (Muller) Bory.
Eudorina elegans, Ehr.
Sphaerocystis sp.
Chlamydomonas sp.

CHLOROCOCCALES

Pediastrum duplex, Meyen.
 * *Pediastrum simplex*, (Meyen) Lemm.
 * *Pediastrum clathratum*, (Schroet) Lemm.
Pediastrum tetras, (Ehr.) Ralfs.
Coelastrum cf. reticulatum, (Dang.) Senn.
Scenedesmus ecornis, (Ralfs) Chodat.
Scenedesmus quadricauda, (Turp) Bréb.
 * *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh) Chodat. *maximus* Ukerkovich.
 * *Scenedesmus acuminatus*, (Lagerh) Chodat.
Golenkinia (Micractinium) sp.
Oocystis sp.
Actinastrum sp.
Dictyosphaerium pulchellum, Wood.
Dictyosphaerium ehrenbergianum, Nag.
Botryococcus braunii, Kutz
Tetraedron sp.

ZYGNEATALES

Staurastrum sp.
 * *Staurastrum wolleanum*, Butler
Staurastrum teliferum, Ralfs
Staurastrum chaetoceras, (Schrod) Smith
Closterium sp. 1
Closterium sp. 2
Closterium sp. 3
Closterium sp. 4
Closterium moniliferum, (Bory) Ehr.
Closterium acutum, Bréb
Euastrum ansatum, Ralfs
Cosmarium lundelli, Del
Cosmarium sp. 1
Cosmarium sp. 2
Staurodesmus cuspidatus, (Bréb) Teil
 * *Arthrodesmus octocornis*, Ehr.

CHAETOPHORALES

* *Stigeoclonium helveticum*, Vischer

BACILLARIOPHYCEAE

Melosira granulata, (Ehr) Ralfs

Melosira italica, Kütz

* *Melosira crenulata*

Asterionella formosa, Hass

* *Synedra ulna*, (Nit.) Ehr

* *Surirella cf. robusta*, Ehr.

Cymbella ventricosa, Kütz.

Gomphonema parvulum, (Kütz) Grun.

DINOPHYCEAE

* *Peridinium cunningtonii*, (Lemm.) Lemm.

Peridinium cf. cinctum, (Müller) Ehr.

* *Gymnodinium excavatum*, Nygaard.

EUGLENOPHYCEAE

Thachelomonas hispida, (Pery) Stein

* *Thachelomonas volvocina*, Ehr.

* *Thachelomonas acanthostoma*, Stokes

Thachelomonas acanthophora, Stokes

Euglena acus, Ehr.

* *Euglena polymorpha*, Dang.

Euglena oxyuris, Schmarda

Phacus triqueter, (Ehr.) Duj.

Phacus pleuronectes, Duj.

Phacus longicauda, (Ehr.) Duj.

Basado en lo anterior, en la tabla 3 se distribuyen las poblaciones encontradas dentro de las categorías mencionadas por Reynolds (op. cit.) de acuerdo a la relación existente entre la densidad del organismo y la densidad del medio. En el grupo I de esta tabla se incluyen las Diatomeas, de mayor densidad con respecto al medio, principalmente por sus requerimientos nutricionales de silicio (Bahamonde & Cabrera, 1983), produciendo su hundimiento inevitable. Las diatomeas para minimizar este efecto en el embalse de Betania presentan tamaños pequeños, es decir, se pueden considerar pertenecientes al nanoplancton. La Universidad Nacional (1984, 1986) registra algunas de las Diatomeas del orden Pennales para los dos sistemas lóticos (Magdalena y Yaguará). La presencia y abundancia de estos organismos principalmente en el mes de marzo (Figura 4) permite concluir que no son elementos accidentales del plancton. Este fenómeno de colonización de Diatomeas lóticas a embalses, ha sido también observado en Brokopondo (Surinam) por Heide (1976).

El grupo II (tabla 3) incluye a las algas verde-azules (Cianobacterios), que presentan los mejores dispositivos para flotar como son la presencia de vacuolos

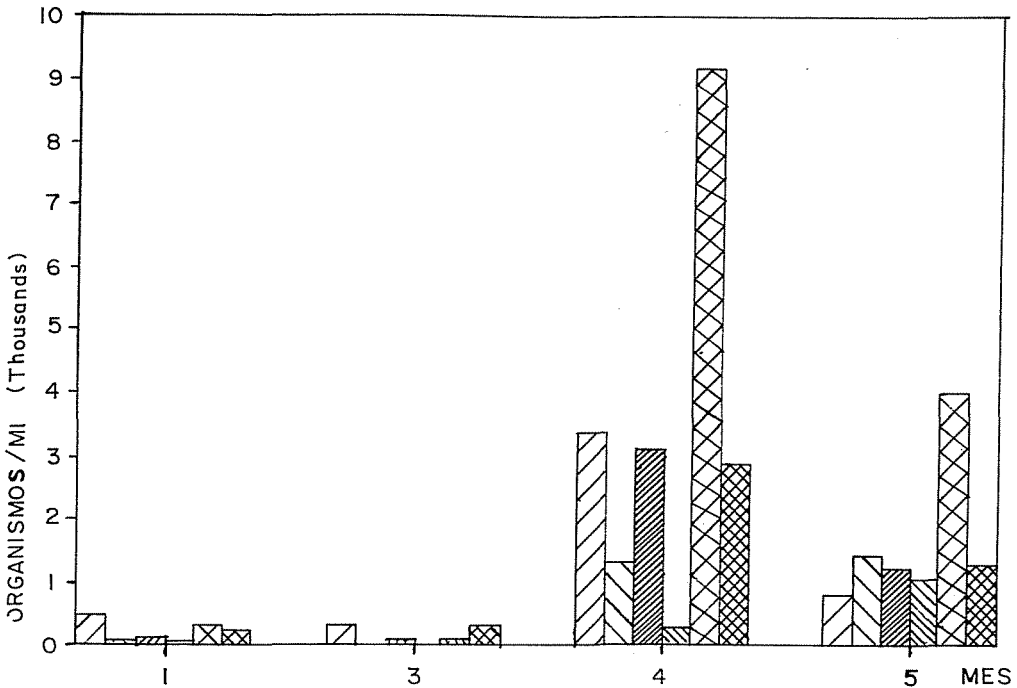


Figura 4. Valores de las abundancias relativas de los diferentes grupos del fitoplancton en el Embalse de Betania. (Dic./86-Abr./87).

/ / Cianoficeas. / / Volvocales. / / Filamentosas, Cloroficeas.
 / / Desmideaceas. / / Diatomeas. / / Flagelados

gasíferos y de mucílago. Las algas verdes (Chlorococcales y Desmidiaceas) representan el grupo III (tabla 3) que tienen una densidad celular muy cercana a la del medio. Este complejo grupo posee diferentes adaptaciones para disminuir la densidad celular las cuales se resumen a continuación:

- Inclusión de gotas de grasa y aceite en *Botryococcus braunii*.
- Pequeño tamaño (Nanoplancton de 2 a 20 μ) en *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Euastrum* y *Cosmarium*.
- Desarrollo de una capa de mucílago en *Sphaerocystis* sp., *Oocystis* sp., y *Dictyosphaerium* sp.
- Presencia de protuberancias o apéndices externos en *Golenkinia* sp., y el grupo de las Desmidiaceas (*Staurastrum* s p., *Staurodesmus cuspidatus* y *Arthrodesmus octocornis*).
- Forma de la célula y distribución espacial de la colonia observada en *Closterium* sp. y *Ankistrodesmus* sp. Por último, el grupo IV de la misma

Tabla 3. Distribución de las adaptaciones de las poblaciones de fitoplancton en el Embalse de Betania (primeras etapas de llenado), de acuerdo a la flotabilidad de los organismos con respecto a la densidad del medio (Reynolds, 1984) P: densidad del medio; P': densidad del organismo

I. No mótils con flotabilidad negativa $P' > P$

<i>Melosira granulata</i>	<i>Fragilaria</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp1
<i>Melosira itálica</i>	<i>Amphipleura</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp2
<i>Melosira crenulata</i>	<i>Asterionella formosa</i>	<i>Synedra ulna</i>
<i>Navicula</i> sp1	<i>Surirella</i> sp1	<i>Pinnularia</i> sp1
<i>Navicula</i> sp2	<i>Surirella cf. robusta</i>	<i>Pinnularia major</i>
<i>Cymbella ventricosa</i>	<i>Gomphoneis</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Ceratoneis</i> sp.	<i>Pleurosigma</i> sp.
<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Gomphonema</i> sp.	<i>Eunotia</i> sp.
<i>Diatomea</i> sp1	<i>Diatomea</i> sp2.	

II. No mótils con flotabilidad positiva $P' < P$

<i>Aphanizomenon</i> sp.	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Chroococcus turgidus</i>
<i>Anabaina</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Gloeocapsa</i> sp.
<i>Anabaina circinalis</i>	<i>Aphanocapsa</i> sp.	<i>Anacystis</i> sp.
<i>Lyngbya</i> sp.		

III. No mótils con flotabilidad neutral $P' \sim P$

<i>Sphaerocystis</i> sp.	<i>Euastrum ansatum</i>	<i>Coelastrum cf. reticulatum.</i>
<i>Pediastrum simplex</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Oocystis</i> sp.
<i>Pediastrum duplex</i>	<i>Scenedesmus ecornis</i>	<i>Tetraedron</i> sp.
<i>Pediastrum clathratum</i>	<i>S. acuminatus</i> vel. off. f. <i>maximus</i>	<i>Ankistrodesmus</i> sp.
<i>Pediastrum tetras</i>	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	<i>Golenkinia</i> sp.
<i>Cosmarium</i> sp1	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	<i>Actinastrum</i> sp.
<i>Cosmarium</i> sp2	<i>D. erhrenbergianum</i>	<i>Staurastrum</i> sp.
<i>Cosmarium lundelii</i>	<i>Arthrodesmus octocornis</i>	<i>Staurastrum teliferum</i>
<i>Staurodesmus cuspidatus</i>	<i>Closterium moniliferum</i>	<i>Staurastrum wolleanum</i>
<i>Botryococcus braunii</i>	<i>Closterium acutum</i>	<i>Staurastrum chaetoceras</i>

IV. Mótils con flotabilidad neutral $P' \sim P$

<i>Mallomonas</i> sp.	<i>Chlamydomonas</i> sp.	<i>Eudorina elegans</i>
<i>Peridinium cf. cinctum</i>	<i>Gymnodinium excavatum</i>	<i>Euglena acus.</i>
<i>Peridinium cunningtonii</i>	<i>Trachelomonas hispida</i>	<i>Euglena polymorpha.</i>
<i>Phacus triqueter</i>	<i>Trachelomonas volvocina</i>	<i>Euglena oxyuris</i>
	<i>Trachelomonas acanthostoma</i>	<i>Euglena</i> sp.
<i>Phacus longicauda</i>	<i>Trachelomonas acanthophora</i>	<i>Trachelomonas armata.</i>
<i>Pandorina cf. morum</i>	<i>Trachelomonas</i> sp1	<i>Trachelomonas</i> sp2.

tabla incluye a los flagelados que se desarrollan en ambientes de baja o nula turbulencia lo cual les permite la búsqueda de óptimas condiciones de luz y alimento (nutrientes inorgánicos y materia orgánica disuelta).

Con respecto a la abundancia de las comunidades de algas (Figura 4), se observa un significativo aumento hacia el mes de marzo, en Diatomeas y Cianofíceas, que implican un cambio en las condiciones físico-químicas con tendencia a un aumento de la trofia. La relación de las abundancias entre algas verdes, verde-azules y Diatómeas se encuentra determinada por la relación N/P, así como por el pH (Shapiro, 1973). De esta forma los valores bajos de N/P favorecen el predominio de las Cianofíceas, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. Valores altos de la misma relación producen aumentos en Diatomeas y algas verdes. Así mismo, el pH alto favorece a las algas verde-azules y el bajo a las algas verdes. Por lo tanto, los cambios de estas tres variables en el embalse son las responsables inmediatas de las variaciones numéricas en las algas. La complejidad en el comportamiento de la comunidad fitoplanctónica reflejada en los valores de la diversidad (Figura 5), demuestra como las diferentes masas de agua del embalse de Betania son heterogéneas espacial y temporalmente, característica dada tanto por los diferentes tipos de agua que lo alimentan como por las variaciones en las tasas de renovación (epilimnion-hipolimnion, entre otros).

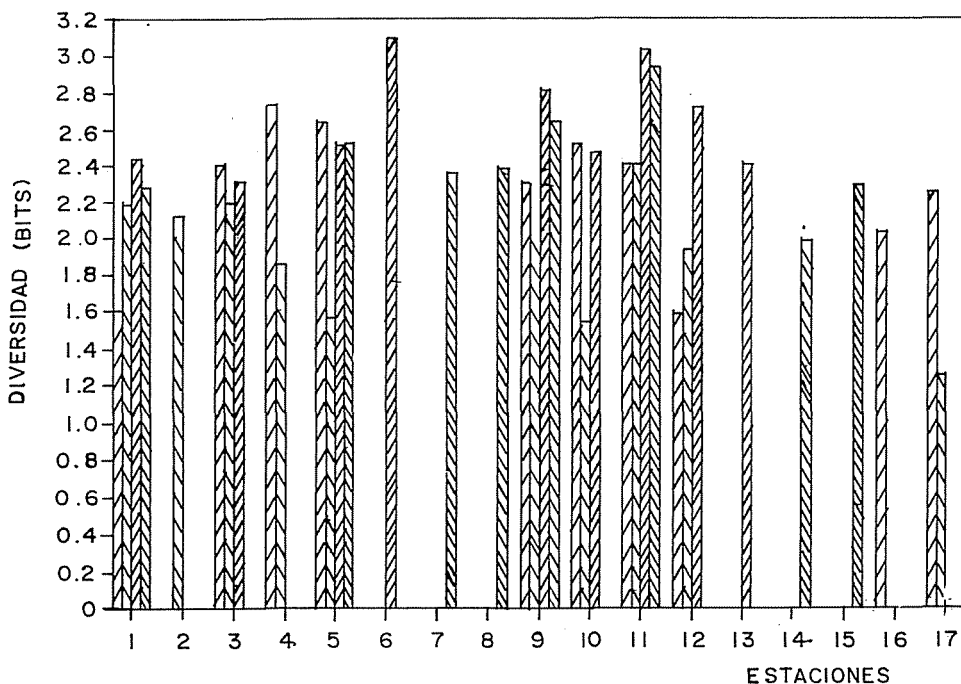






Figura 5. Valores de diversidad (Shannon-Weaver) obtenidos para el Embalse de Betania. (Dic./86 - Abr./87).  Dic./86 -  Feb./87 -  Mar./87 -  Abr./87

Desde un punto de vista general, la heterogeneidad y variación tanto físico-química (horizontal y vertical), como biológica mencionada anteriormente impone al embalse de Betania la falta de reproductibilidad en sus condiciones, dificultando el entendimiento de la evolución biológica de sus aguas, contrario a lo que se presenta en un lago, aspecto que según Bahamonde & Cabrera (1983), es una de las principales diferencias entre estos dos sistemas.

CONCLUSIONES

El embalse de la Central Hidroeléctrica de Betania, es un ecosistema cálido con tendencia a la estratificación en capas, tanto por diferencias de densidad, producidas por cambios de temperatura, como de sólidos disueltos. Esta segregación permite diferenciar hasta tres capas: Una superior conformada por el epilimnion, que ha aumentado progresivamente su profundidad, cuya parte inferior está en contacto con el nivel de entrada de los ríos (brazo del Yaguará, 5 m y brazo del Magdalena, 10 m).

Las condiciones físico-químicas (variaciones de Oxígeno disuelto, temperatura, pH y CO_2) y biológicas (fitoplancton), demuestran que la productividad se concentra en aguas intermedias (aproximadamente 1 m), indicando el inicio de una organización vertical de las diferentes poblaciones de algas, acorde a las variaciones principalmente en la intensidad lumínica y en las concentraciones de nutrientes. Estos hechos explican como especies supuestamente oligotróficas y eutróficas adaptadas a condiciones de estratificación conviven conjuntamente (Margalef, et. al. 1976; Donato et. al., 1987). La capa intermedia corresponde al nivel de entrada de los ríos Yaguará y Magdalena que produce una alta demanda bioquímica de Oxígeno, observada en el aumento del CO_2 . Se suma a lo anterior la posible oxidación de compuestos de azufre (H_2S) en ese nivel por bacterias aeróbicas que agudizan aún más la disminución del Oxígeno.

La capa profunda (Hipolimnion), presenta condiciones mejores que las diagnosticadas por la Universidad Nacional (1984), evento que se explica por la eliminación de la cobertura vegetal de la cubeta del embalse. Aunque las condiciones de evolución primaria del embalse son muy favorables, se prevee problemas de calidad en el agua en sitios de influencia de las aguas residuales de los Municipios de Yaguará y Hobo, aspecto ya observado en abril (1987) por afloramientos de algas, "blooms" y mortandad de peces.

Las condiciones del efluente durante la primera etapa del llenado son favorables, por cuanto la descarga del río se realiza a través de los túneles de desviación que intensifican la aireación de las aguas profundas. Las condiciones del efluente con la puesta en funcionamiento de la central (mayo de 1987), serán muy diferentes por cuanto las turbinas (tipo Francis) al impedir la turbulencia del agua, incrementarán el déficit de Oxígeno aguas abajo, con el consecuente efecto negativo sobre la calidad en el agua (presencia H_2S), y sobre las comunidades biológicas. Igualmente, la alteración del cauce, debido al alto poder

erosivo de las aguas y las descargas intermitentes de la Central, producirán drásticas variaciones en el cauce del río Magdalena.

La laguna del Juncal, alimentada por aguas del río Magdalena, aguas abajo de la presa, se convierte en un excelente monitoreador de cambios en la calidad del agua. Al conocerse las condiciones físico-químicas como las biológicas (Universidad Nacional, 1986), principalmente de la comunidad de Desmídias ticoplancónicas estudiadas por Coesel et al (1988), se tiene el marco de referencia para la evaluación de los posibles cambios.

Las condiciones limnológicas analizadas en el presente estudio variarán al entrar en funcionamiento el embalse, por cuanto se diferenciarán aún más las tasas de renovación de las masas de agua ocasionadas por los diferentes niveles de descarga (túnel de desviación, turbinas, compuertas, vertederos de borde libre).

De esta manera con la información obtenida en el estudio se dan numerosos elementos tanto físico-químicos como biológicos que permiten evaluar las condiciones futuras del embalse, y de esta forma manejarlo para obtener mejor provecho con el mínimo riesgo ambiental.

AGRADECIMIENTOS

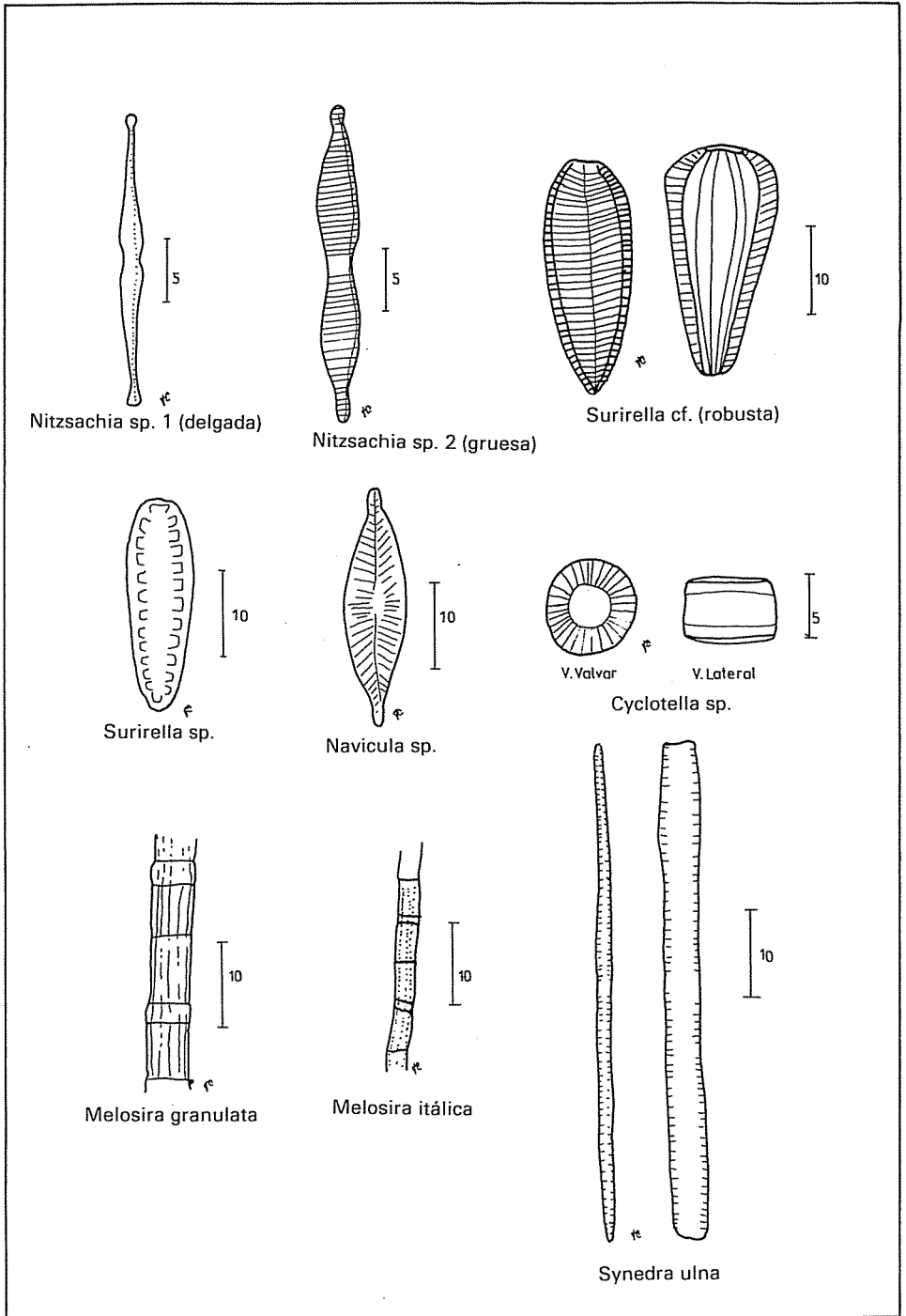
Deseamos expresar nuestros agradecimientos en el INDERENA al Dr. Carlos Fonseca subgerente Medio Ambiente, Dr. Mauricio Valderrama Unidad Investigativa Federico Meden UNIFEM y Ernesto Melendro Interventor del Proyecto, por toda la colaboración prestada. Al mismo tiempo a la Unidad de Manejo Ambiental de la Central Hidroeléctrica de Betania (U.M.A. - C.H.B.) por la ayuda prestada en el desarrollo de la fase de campo. La información parcial físico-química del llenado del embalse ha sido gentilmente facilitada por el HIMAT.

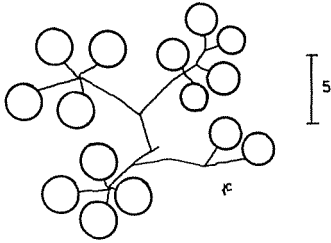
Un especial sentimiento de gratitud al profesor Jaime Aguirre Presidente de la Asociación de Zoólogos, Botánicos y Biólogos de la Universidad Nacional - AZOBIONAL, por su invaluable labor en nuestra formación.

El Dr. Henry Bernal de UNESIS-Universidad Javeriana revisó el manuscrito final.

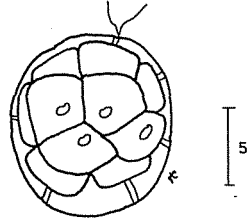
Igualmente a Daniel Fonseca por su interés en la publicación del presente trabajo y su esmero en la elaboración final de las figuras.

Anexo: Algas predominantes encontradas en el presente estudio para el embalse de Betania.

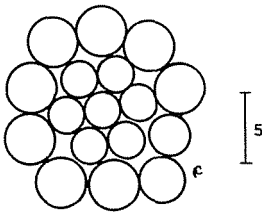




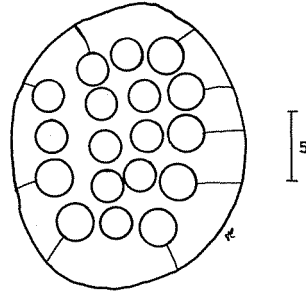
Dictyosphaerium pulchellum



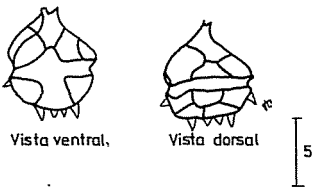
Pandorina cf. morum



Coelastrum sp.



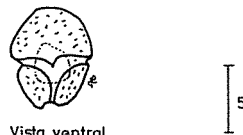
Eudorina elegans



Vista ventral,

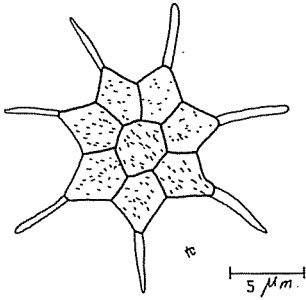
Vista dorsal

Peridinium cunnin gtonii

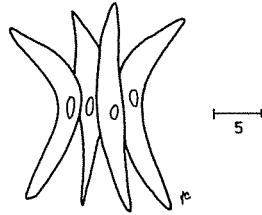


Vista ventral

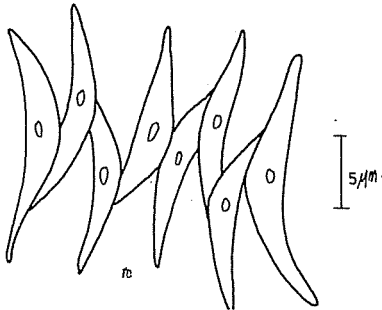
Gymnodinium excavatum



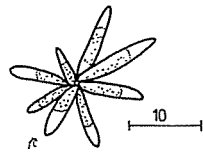
Pediatrum simplex



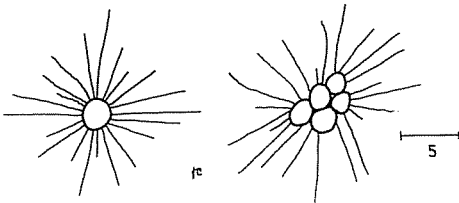
Scenedesmus acuminatus



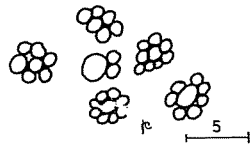
Scenedesmus acuminatus f. maximum



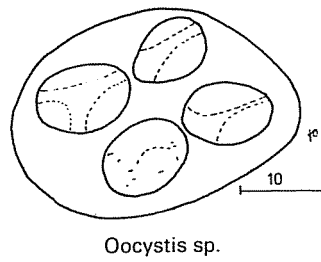
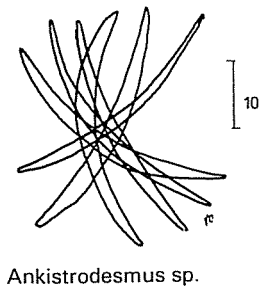
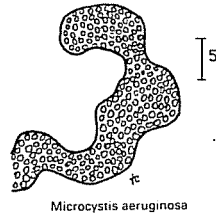
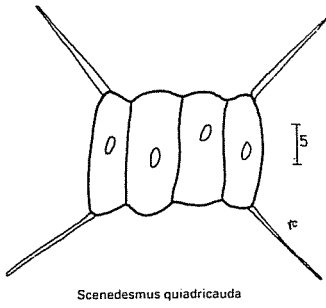
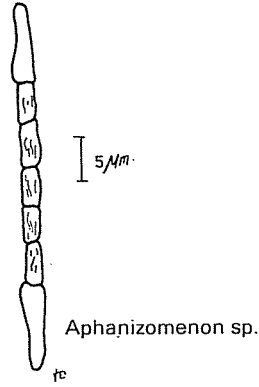
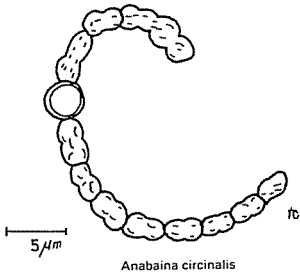
Actinastrum sp.

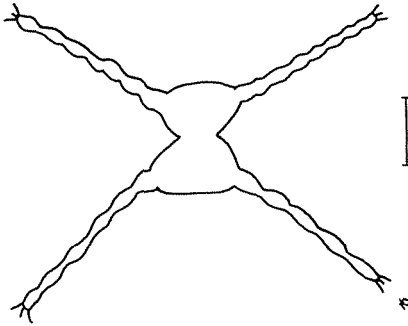


Galenkinia Sp

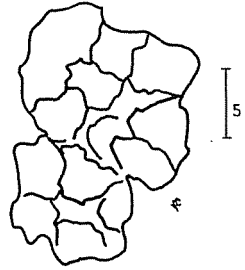


Sphaericystis sp.

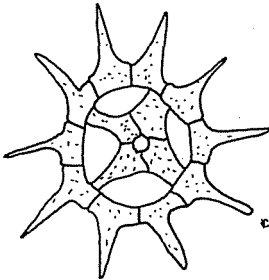




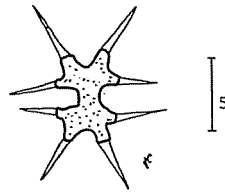
Staurastrum chaetoceras



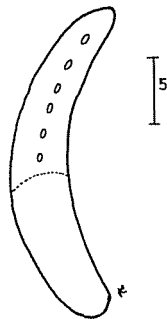
Botryococcus braunii



Pediastrum clathratum



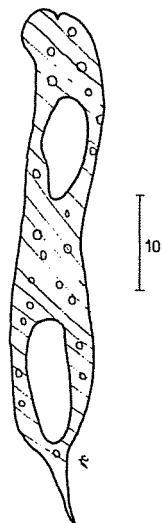
Arthrodesmus octocornis



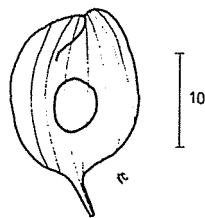
Closterium moniliferum



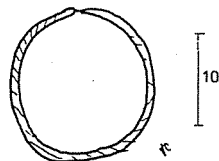
Cosmarium sp.



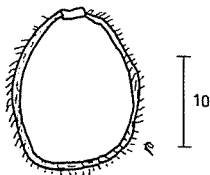
Euglena oxyuris



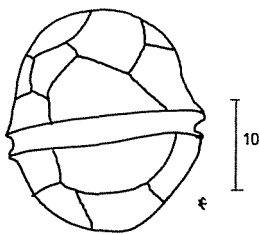
Phacus triquetrus



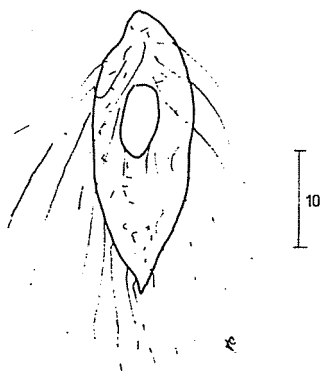
Trachelomonas volvocina



Trachelomonas hispida



Peridinium cf. cinctum



Mallomonas sp.

LITERATURA CITADA

- BAHAMONDE, N y S. Cabrera (Eds) 1983. Embalses, Fotosíntesis y Productividad Primaria. MAB - Curso Taller U. de Chile 231 p.
- CABRERA, A., H. Charry, L.J. García y G.J. Robles, 1978. Estudio ecológico y de efecto ambiental del proyecto Hidroeléctrico de Betania, Huila. Tesis de grado, Ingeniería Geográfica U.J.T.L. Bogotá, 588 p.
- CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA (C.H.B.) 1986a. Adecuación cubeta del embalse. Descripción del Proyecto. Yaguará (Sta Helena), Abril.
- 1986b. Diagnóstico Río Magdalena, tramo sitio presa Neiva-Aipe. Informe preliminar. Yaguará (Sta Helena) Abril.
- 1986c. Manual de operación sobre el llenado y puesta en servicio del embalse. Sedic. Ltda. Yaguará (Sta Helena) Mayo.
- 1986d. Plan de seguimiento limnológico. Informe complementario Nº 3. Yaguará (Sta Helena) Octubre.
- 1986e. Manejo ambiental del proyecto hidroeléctrico de Betania. Recopilación de información Nº 4. Yaguará (Sta Helena).
- 1986f. Evolución de la actividad pesquera y reconocimiento de la actividad de explotación del recurso hidrobiológico. Yaguará (Sta. Helena).
- 1987. Proceso del llenado del embalse. Informe de avance. Febrero-Marzo de 1987. Yaguará (Sta. Helena) Abril.
- COESEL P.F.M., 1985 Soortenlijst Desmidiaceen, Colombia. (Personal communication).
- COESEL P.F.M., S.R. Duque & G. Arango., 1988 Distributional patterns in some neotropical desmid species (Algae, Chlorophyta) in relation to migratory bird routes. *Rev. d'Hydrobid. tropicale. Studies on Colombia Cryptogams XXIX*
- DONATO J. CH, S.R. Duque & L.E. Mora-Osejo, 1987 Estructura y Dinámica del Fitoplankton de la Laguna de Fúquene, Cundinamarca, Colombia. *Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fis y Nat.* 16(62): 113-144.
- DONATO J. CH., 1987 Análisis limnológico y concentración de Biocidas en peces de los ríos Ariari, Guayuriba, Humea y Meta. *Rev. Fac. Cienc. U. Javeriana* 1(1): 29-54
- FLOREZ, V.A. & H.R. Quiroz, 1986 Monitoreo de estaciones biosensoras de cerro Matoso. *XXI Congreso Nacional de Ciencias Biológicas Cali*, p. 45.
- HEIDE, Van Der J., 1976. Brokopondo Research Report, Suriname. Utrecht: 90:87 p.

- HUBER-PESTALOZZI, G., 1938-1972. Das Phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer, Vol 16,6 parts, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- INDERENA, 1985. Informe de avance: Consideraciones acerca del manejo ambiental del Proyecto Betania. Oficina de Planeación. Bogotá.
- 1986a. Informe sobre algunos aspectos de la problemática pesquera con referencia al Proyecto de la Central Hidroeléctrica de Betania. Subgerencia de Fauna y Pesca, Bogotá.
- 1986b. Evaluación de las subcuencas de Yaguará y las Yaguas. Universidad Surcolombiana, Neiva.
- LACOSTE DE DIAZ, E.N., 1980. Desmidiaceae de Misiones. *Lilloa* 35(2): 47-64.
- LUND, J.W.G., C. Kipling & E.D. Le Cren, 1958 The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 2:143-170
- MARGALEF, R., 1957. La Teoría de la información en la Ecología. *Mem. R. Acad. Cienc. Artes Barcelona* 32(13): 373-449.
- D.P. Lanás, J. Armengol, A. Vidal, N. Prat, A. Guiset, J. Toja & M. Estrada, 1976. Limnología de los embalses españoles. Dirección general de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. Madrid. 452p.
- , 1978. Life-forms of Phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica Acta* 1(4): 493-509.
- 1983. Limnología. Omega Ediciones, Barcelona. 1010 p.
- MOLINA J., 1983 Estudio del Fitoplancton de aguas tropicales frías y continentales. Embalse del Sigsa. Universidad Javeriana Depto. Biología. Tesis de Grado. 193 pp.
- PARRA O.O., M. Gonzalez & U. Bellarosa 1983 Manual taxonómico del Fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al Fitoplancton de Chile. Chlorophyceae Vol. 5 Parte 1 Universidad de Concepción., Chile.
- PRESCOTT G.W., 1966 Algae of the Panama canal and its tributaries II; Conjugales. *Phykos* 5(1-2): 1-49
- RAMIREZ J.J., 1986 Fitoplancton de la red en el embalse de El Peñol, Colombia. *Actualidades Biológicas* 17(56): 2-13
- REYNOLDS, C.S., 1984. The ecology of Freshwater Phytoplankton Cambridge University Press. 383 p.
- RINO, A.J., Contribuicao para o conhecimento das algas de agua doce de Mocambique. *Rev. Cienc. Biol.*
I - 2 Serie a: 51-101 1969

II - 4 Serie a: 9-55 1971

III - 5 Serie a: 121-164 1972

SHAPIRO, J., 1973 *Blue-Green Algae: Why they become dominant. Science* 179(4071): 382-384.

TAYLOR W.R., 1935 Alpine algae from the Santa Marta Mountains, Colombia *Am. J. Bot.* 22(9): 763-781

TELL, G., 1980. Les euplénophytes Chlorophylliens du nord-est de L'Argentine *Bull. Mus. Natn. nat. Paris* 4 ser 2 sec. B Nº 1:21-47.

—————1985 Catálogo de las Algas de agua dulce de la república de la Argentina *Biblioteca Phycologica* J. Cramer 283 pp.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (UN), 1984. Diagnóstico Ambiental del Impacto del Proyecto Hidroeléctrico de Betania. Bogotá.

—————1986. Estudio ecológico del embalse y el área de afectación de la Central Hidroeléctrica de Betania. Bogotá. Depto. de Biología. Salida Campo Continental.

VALDERRAMA, M., 1986. Análisis de la situación actual y perspectivas de desarrollo en embalses de Colombia. *Divulgación Pesquera* 22(3-5): 72-91

WETS, B.S. 1914 En Furhmann et Mayor (Ed.) A contribution to our Knowledge of fresh water algae of Colombia. In *Voyage d' exploration scientifique in Colombie*. 1013-1051 New Chatel.

WETZEL R.G., 1981 *Limnología*, Ed. Omega. Barcelona 679 p.