

## DINÁMICA DEL PERIFITON ASOCIADO CON MACROFITAS EN LA CIÉNAGA DE ESCOBILLITAS Y SU RELACIÓN CON EL PULSO DE INUNDACIÓN

### PERIPHYTIC DYNAMIC ASOCIATED TO MACROPHYTES IN ESCOBILLITAS SWAMP AND ITS RELATION TO THE FLOOD PULSE

YIMMY MONTOYA MORENO<sup>1,2</sup>, NÉSTOR AGUIRRE RAMÍREZ<sup>2</sup>

#### RESUMEN

El ensamblaje perifítico es un componente poco conocido en los ecosistemas tropicales, por lo que se estudió su variación respecto al pulso de inundación en un lago de plano inundable (ciénaga). Se realizaron cinco muestreos en el ciclo hidrológico entre mayo de 2006 y 2007. Se encontraron 114 taxones diferentes siendo dominantes las diatomeas durante todos los muestreos, excepto hacia el final (aguas bajas en ascenso), período en el cual las clorophyta predominan debido al ingreso de agua, aumento en la concentración de fósforo, de sólidos y de fitoplancton. Las variables físicas, químicas y biológicas evaluadas no mostraron relación con los índices comunitarios. El ACC presentó en el primer eje 41.8% de la variación, y se asoció positivamente con los nitritos, nitratos, H<sup>+</sup> y No y negativamente con la profundidad y la dominancia. El segundo componente (30%) estuvo asociado a la mineralización del agua (SDT, conductividad eléctrica, pH, OD y fosfatos).

**Palabras clave:** Ficoperifiton tropical; Ciénaga; Lago de plano inundable.

#### ABSTRACT

Periphytic assembly is a little known in tropical ecosystems, so we studied its variation with respect to the flood pulse in a floodplain lake (swamp). Five samples were taken in the hydrological cycle between May 2006 and 2007. 114 different taxa were found to be dominant diatoms in all samples, except toward the end (rising waters), a period in which the predominant clorophyta due to the entry of water, elevated concentrations of phosphorus, solids and phytoplankton. Physical, chemical and biological variables evaluation showed no relation with the communitary indexes. The CCA filed the first axis of variation 41.8%, which was positively associated with nitrites, nitrates, H<sup>+</sup>, No, and negatively with the depth and dominance. The second component (30%) was associated with the mineralization of water (TDS, electrical conductivity, pH, DO and phosphates).

**Keywords:** Tropical phycoperiphyton; Swamp; Flood plain lake.

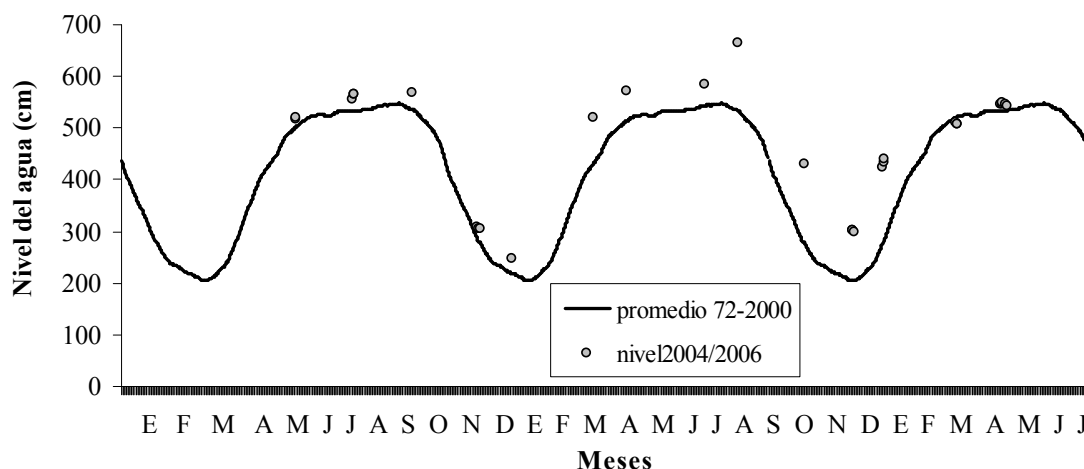
#### INTRODUCCIÓN

Los grandes humedales son paisajes importantes en Suramérica, en donde cubren todavía un millón de kilómetros cuadrados (Neiff, 1999). Los humedales son ecosistemas complejos que poseen características físicas, químicas y biológicas asociadas con un régimen hídrico ya sea de forma temporal o permanente. Debido a estas características, presentan un alto grado de productividad y son considerados

como ecosistemas de gran importancia para la conservación de muchas especies vegetales y animales y de hábitat muy frágil (Bravo & Windevoxhel, 1997).

En Colombia los esfuerzos dedicados a la investigación en ciénagas (lagos de planos inundables) han venido incrementándose en los últimos años, en especial en las dos décadas anteriores, siendo los peces la comunidad más estudiada en este tipo de ecosistemas (Montoya & Aguirre, en prensa).

1. Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental (GAIA), Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. e-mail: yimmymontoya3@hotmail.com
  2. Profesor, Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación (GAIA). e-mail: naguirre@udea.edu.co
- Fecha de recibido: Diciembre 15, 2008      Fecha de aprobación: Abril 12, 2009



**Gráfica 1.** Variación de los niveles históricos de la ciénaga y durante el muestreo

La importancia que en general se atribuye al perifiton en los ecosistemas acuáticos fue resumida por Moreira (1988) quien destacó su producción de metabolitos orgánicos que alimentan diversos organismos, su contribución con más del 70% de la materia orgánica a la productividad total, sus altas tasas de reciclaje, su posibilidad de proporcionar abrigo y alimento a varios tipos de organismos, sobre todo peces, su alta productividad primaria y su papel como mejor indicador biológico que el fitoplancton y su empleo en bioremediación. Autores como Singh *et al.* (2006) plantean que sistemas de biopelículas son especialmente útiles para el tratamiento de compuestos recalcitrantes debido a su alta biomasa microbiana y su capacidad de inmovilizar compuestos. El propósito de esta investigación es estudiar la dinámica del perifiton asociado con macrofitas y evaluar su relación con las variables físicas y químicas estudiadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

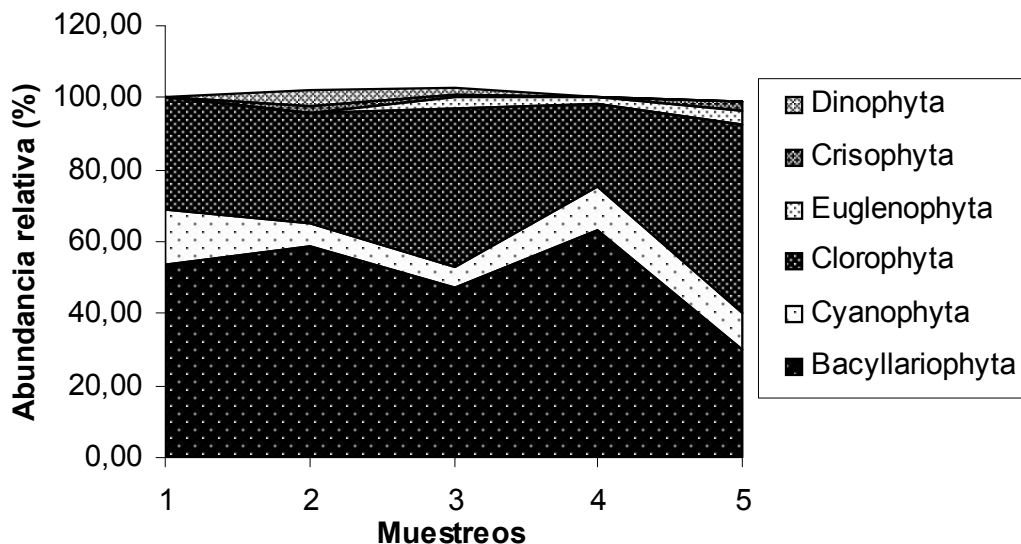
**Área de estudio.** La ciénaga de Escobillas hace parte del complejo cenagoso de Ayapel, localizado hacia la parte sur-oriente del sistema. El sitio de investigación se ubicó a los 8° 17' 18.6" N y 75° 5' 37.9" W en el departamento de Córdoba, Colombia. Se encuentra a los 22 msnm, con temperaturas oscilando entre 26°C y 29°C y precipitaciones del

orden de los 2562 mm anuales (IGAC, 1986). Esta ciénaga es de tipo II según la clasificación de Arias (1985) ya que no presenta conexión directa con el río.

**Muestreos y materiales.** En una estación se realizaron 5 muestreos entre los años 2006 y 2007, teniendo en cuenta diferentes momentos de nivel hidrológico en la ciénaga: aguas altas en ascenso (1 de mayo), aguas altas fase estabilización (29 de septiembre), aguas altas descenso (12 de diciembre), aguas bajas (18 de marzo) y aguas bajas en ascenso (30 mayo de 2007) (Gráfica 1).

La transparencia se midió con un disco de Secchi ( $\Phi=0.3$  m), la temperatura del agua, el oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación, la conductividad eléctrica y el pH, empleándose medidores WTW; la profundidad total se evaluó con una plomada. Se tomaron muestras de agua para el análisis de la concentración de nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal y ortofosfatos empleando un fotómetro nanocolor.

Se tomaron con pinzas dos muestras de raíces de macrofitas de cada especie de dominante. Las muestras se depositaron en frascos de plástico de 100 ml, a los que se les agregó agua de la ciénaga previamente filtrada y después se fijaron con solución de lugol. Las raíces recolectadas se llevaron al la-



Gráfica 2. Cambios en la proporción de los grupos ficoperifíticos en la ciénaga Escobillita

boratorio para hacer la determinación de las especies del ficoperifiton con base en los trabajos de Bourrelly (1966, 1968, 1985), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b) y Bicudo (2006). El conteo de los organismos se realizó bajo un microcopio Olympus CHK, teniendo en cuenta el material adherido a las raíces, considerando 30 campos sobre las raíces de las macrófitas con el objetivo de 40X. Tal número de campos se determinó mediante curvas de saturación de especies.

Para explicar el comportamiento de las variables estudiadas a nivel temporal se empleó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis, agrupando los muestreos en aguas bajas, altas y transición. La estructura de la comunidad de macroinvertebrados se evaluó usando las abundancias relativas y totales, las variaciones en los índices de diversidad de Shannon y Weaver ( $H'$ ), equidad de Pielou ( $J$ ), dominancia de Simpson ( $S$ ) y el índice de riqueza numérica de taxones ( $N_0$ ). Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para ordenar los índices comunitarios en el tiempo y su relación con las variables climáticas y fisicoquímicas, además que se empleó el índice de fluctuación de Dubois (Guisande *et al.*, 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las macrofitas dominantes corresponden a *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach, *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth, *Eichhornia azurea* Alexander, *Paspalum repens* Bergius, *Aeschynomene americana* Linneo, *Trapa natans* L., *Nymphoides humboldtiana* Kuntze y *Utricularia sp.* En estos sustratos predominaron en el ficoperifiton organismos como *Eunotia minor*, *Actinella sp.*, *Fragillaria sp.* y *Frustulia krammeri*.

Se encontraron 114 taxones diferentes siendo dominantes las Diatomeas durante todos los muestreos, excepto hacia el final (aguas bajas en ascenso), período en el cual las cloroficeas predominan (Gráfica 2). El grupo que presentó mayor biodiversidad fueron las Cloroficeas (48,2%), seguidas por las Bacillarioficeas (34,2%), las Cianoficeas (9,6%), Euglenoficeas (3,5%), Crisoficeas (2,6%) y finalmente, las Dinoficeas (1,7%).

La Tabla 1 presenta los valores de las variables físicas, químicas y biológicas, la cual permite evidenciar que se presentaron unas condiciones acuáticas fluctuantes, excepto para la temperatura del agua y

**Tabla 1**  
**Valores\* de las variables físicas y químicas y biológicas en la ciénaga Escobillitas**

Muestreo	Aguas altas			Aguas bajas		Media	Vmin	Vmax	Rango	DE	CV
	ascenso	estable	descenso	ascenso	descenso						
Profundidad (m)	5,56	5,7	2,3	4,8	5,2	4,71	2,3	5,7	3,4	1,39	29,56
Transparencia (m)	1,32	1,06	0,35	1,17	1,27	1,03	0,35	1,32	0,97	0,40	38,21
Temperatura agua (°C)	30,4	31,8	29,9	29,9	30,5	30,50	29,9	31,8	1,9	0,78	2,55
Cond. eléctrica (µS/cm)	21,8	12,1	23	13,8	17,6	17,66	12,1	23	10,9	4,78	27,08
SST (mg/l)	9	6	12	4	7,75	7,75	4	12	8	3,03	39,11
SDT (mg/l)	112	38	95	23	67	67,00	23	112	89	37,37	55,78
Saturación Oxígeno (%)	29	77	62	55	55,75	55,75	29	77	48	17,37	31,16
Oxígeno disuelto (mg/l)	2,01	5,46	4,65	3,98	4,02	4,02	2,01	5,46	3,45	1,28	31,71
pH (unidades de pH)	6,97	6,15	7,39	6,81	6,83	6,83	6,15	7,39	1,24	0,45	6,53
Nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0	0,90	4,6	1,3	1,8	1,72	0	4,6	4,6	1,74	101,15
Nitrito NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,02	0,032	0,33	0,073	0,13	0,12	0,02	0,33	0,31	0,13	108,20
N-amoniaco NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,17	0,05	0,010	0,09	0,1	0,08	0,01	0,17	0,16	0,06	71,23
Ortofosfatos PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,21	0,36	0,18	0,36	0,5	0,32	0,18	0,5	0,32	0,13	40,28
Relación N/P	0,90	2,73	27,44	4,06	4,06	7,84	4,90	27,44	26,54	11,03	140,78
Clorofila a (µg/l)	0,1	1,5	11,66	11,6	64	17,77	0,1	64	63,9	26,41	148,59
Feopigmentos (µg/l)	0	3,69	59	22,1	166	50,16	0	166	166	68,85	137,26

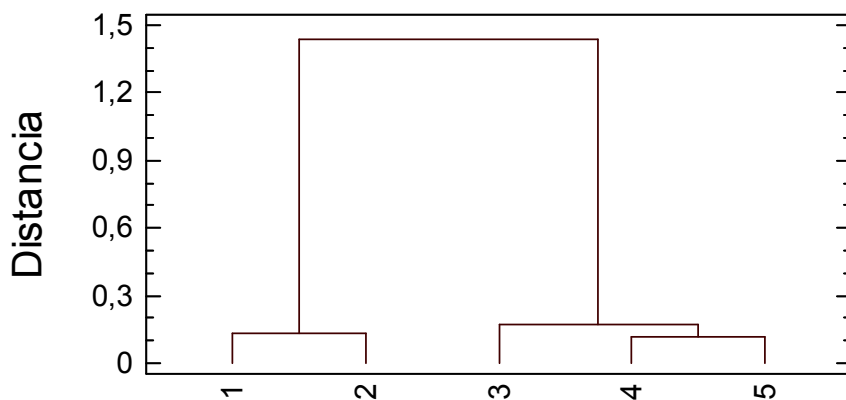
\* Valores puntuales, tendencia central y dispersión

el pH, los cuales presentan estabilidad ambiental alta (CV <10%). Presentaron diferencias estadísticas la concentración de clorofila a activa, los feopigmentos y el índice de diversidad (F=2840, p=0.0004, F=26.6, p=0.03 y F=25.1, p=0.03, respectivamente). Las aguas de la ciénaga Escobillitas se pueden describir como oligotróficas, oxigenadas subsaturadas, poco mineralizadas, limitadas por fósforo, transparentes, cálidas y con baja concentración de clorofila.

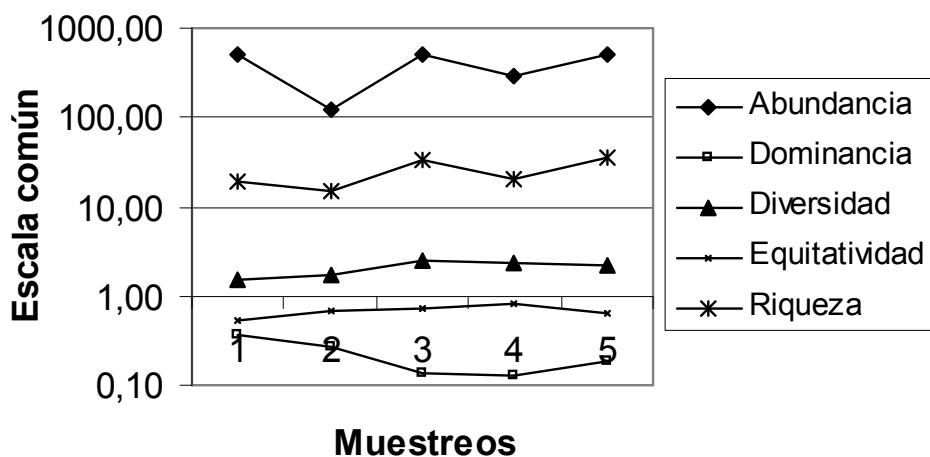
La Gráfica 3 presenta el análisis de agrupamiento para los muestreos con base en el índice de similitud de Bray y Curtis, el cual presenta dos bloques, en los que se separan los muestreos en fase de llenado de los de vaciado de la ciénaga. Esta fluctuación del nivel del agua asociada con el pulso de inundación presenta oscilaciones marcadas. La estructura del ensamble presenta una diversidad media, la cual tiende a aumentar con la disminución de la columna de agua, aumentando la riqueza numérica y disminuyendo el índice de

dominancia (Gráfica 4), con una tendencia a presentar una relación inversa entre la variación de las condiciones fisicoquímicas y la estructura del ensamble ficoperifítico (Gráfica 5). Como en los sistemas de planos inundables, la dinámica hídrica depende de los pulsos de inundación, que regulan los procesos geomorfológicos, biogeoquímicos y la estructura de la comunidad (Junk *et al.*, 1989; Neiff, 1999).

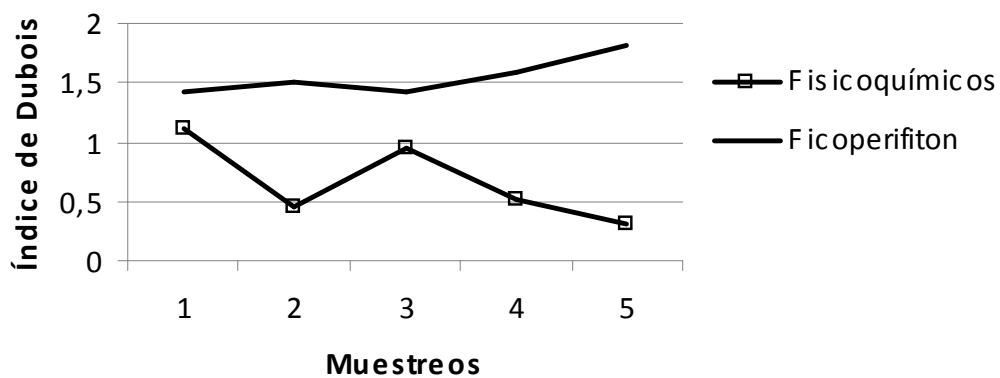
La prueba de correlación múltiple mostró que la variación del nivel del agua estuvo relacionada con la concentración de nitritos y nitratos y con la transparencia. Las variables físicas y químicas evaluadas no presentaron correlación con los índices comunitarios (p>0.05). A nivel temporal, la concentración de clorofila y de feopigmentos presentan tendencia a aumentar con el vaciado de la ciénaga (r=0.91, p=0.0335, r=0.92, p=0.00258, respectivamente). Entre los índices comunitarios se presenta correlación positiva entre riqueza numérica y feopigmentos (r=0.88, p=0.0493).



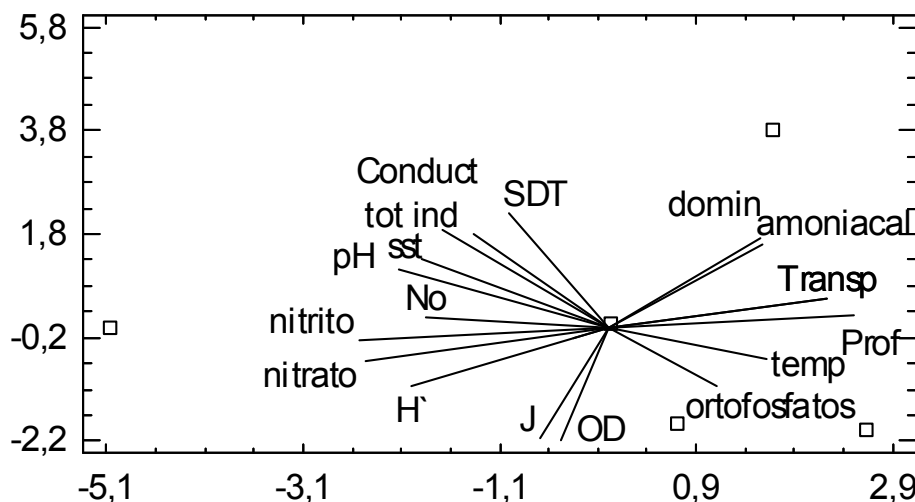
Gráfica 3. Dendrograma de similaridad de la estructura del ensamble ficoperifítico comparando los cinco muestreos



Gráfica 4. Variación de los índices comunitarios durante el tiempo de muestreo



Gráfica 5. Variación de la estabilidad del ficoperifiton en relación con las variables fisicoquímicas



Gráfica 6. Análisis de componentes principales (ACP) relacionando factores fisicoquímicos y biológicos

Tabla 2  
Correlaciones de las variables con los componentes principales 1 y 2

Variable	NH <sub>4</sub>	Clorofila	Conduct	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	OD	PO <sub>4</sub>	pH	Prof	Temp	SDT	H'	J	Dom	No
Eje 1	-0,19	0,14	0,17	0,31	0,32	0,08	-0,04	0,25	-0,29	-0,21	0,07	0,3	0,12	-0,25	0,29
Eje 2	-0,2	0,1	-0,33	0,03	-0,33	0,31	0,27	-0,23	0,05	0,13	-0,4	0,13	0,29	-0,23	-0,03

El análisis de componentes principales recogió 71,8% de la variabilidad total de los datos en los primeros dos ejes (Gráfica 6). El primer componente (41,8%) fue asociado positivamente con los nitritos, nitratos, H' y No y negativamente con la profundidad y la dominancia (Tabla 2). El segundo componente (30%) estuvo asociado con la mineralización del agua (SDT, conductividad eléctrica, pH, OD y fosfatos).

La variación del nivel del agua asociado con el régimen del pulso de inundación genera variaciones en las condiciones fisicoquímicas del cuerpo de agua. En aguas altas en ascenso se presentó la mayor dominancia y abundancia (principalmente de diatomeas) y el menor valor de H'. Las Cianofíceas alcanzan su mayor abundancia, mientras que las Corofíceas presentan su menor valor de abundancia, asociado con la menor razón N/P. Estos organismos son muy sensibles con las modificaciones de la calidad del agua y de las condiciones hidrodinámicas (Fernández y Esteves, 2003).

Durante la fase de aguas altas en estabilización se presenta bajos valores de mineralización y un aumento en las concentraciones de OD, clorofila y feopigmentos y en la relación N/P. El sistema aumenta su metabolismo alcanzando la mayor saturación de OD, aunque con valores heterotróficos, comportándose como sistema léntico. Se registró la menor abundancia y riqueza del ensamble ficeperifítico, hay disminución en la abundancia de Cianofíceas y un aumento en la de Dinofíceas. Engle y Melack (1990) encontraron que la deposición de limos en las raíces de las macrofitas impide el desarrollo de la comunidad.

En el período de aguas altas en descenso, se presentan las mayores conductividades, valores de pH, SST, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y feopigmentos. El 22% de la profundidad media permaneció iluminado, pese a esto, se presentó la menor profundidad Secchi y total, los valores más bajos de temperatura del agua, NH<sub>4</sub> y PO<sub>4</sub>. Se presenta los mayores valores de diversi-

dad y de abundancia de organismos, debidos al intercambio de organismos asociados con el aumento anterior de la conectividad lateral del sistema.

En los períodos de aguas bajas se incrementa el nivel trófico, mientras que en aguas altas disminuye (Castillo, 2000). Se registró la menor profundidad total y Secchi, concentraciones de clorofila y feopigmentos mayores que en los muestreos anteriores, valores máximos de conductividad y de la relación N/P, que superan la relación atómica de 20:1, la cual según Huszar citado en Oliveira (2006) evidencia que el fósforo es el principal nutriente limitante del crecimiento de la comunidad perifítica, independiente del estado trófico del sistema. Además, aumenta la diversidad y la riqueza, disminuye la dominancia aunque se presenta un segundo pico de abundancia de Diatomeas y Cianofíceas, los cuales están asociados con el aumento en la limitación por fósforo.

Con el ascenso de las aguas, se presenta una disminución de la abundancia de las Diatomeas, siendo las Clorofíceas las que dominan el ficoperifiton, con una presencia representativa de Desmidiáceas. Se registraron las mayores concentraciones de fósforo y bajos valores de la relación N/P. Estos picos de nutrientes se presentan como respuesta a procesos locales (Melack & Fisher, 1990) como resuspensión, aportes de los tributarios, actividades biológicas como la fijación de nitrógeno y la bioturbación (Carvalho *et al.*, 2001).

#### AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el convenio Universidad de Antioquia-GAIA-Universidad Nacional de Colombia, en el proyecto Grecia-Colciencias.

#### LITERATURA CITADA

- Arias, P.** 1985. Las ciénagas en Colombia. *Rev Divulg Pesq Inderena*. **22**: 39-70.
- Bicudo, C. E.,** Menezes, M. 2006. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil*. 2ª ed. São Carlos: Editorial Rima.
- Bourelly, P.** 1966, 1968, 1985. *Les algues d'eau douce*. Paris: Editorial N. Boubée y Cie..
- Bravo, J.,** Windevoxhel, N. 1997. Manual para la identificación y clasificación de humedales en Costa Rica. San José: UICN/ORMA-MINAE.
- Carvalho, P.,** Bini, L.M., Thomaz, S.M., Oliveira, L. G., Robertson, B., Tavechio, W. L. G. 2001. Comparative limnology of South America floodplain lakes and lagoons. *Acta Scientiarum*. **23** (2): 265-73.
- Castillo, C.T.** 2000. Productividad y biomasa fitoperifítica en los lagos Yahuaraca y Tarapoto (Amazonas, Colombia). *Rev Amb Aire Agua Suelo*. **1**: 59-68.
- Engle, D.L.,** Melack, J.M. 1990. Floating meadow epiphyton: biological and chemical features of epiphytic material in an Amazon floodplain lake. *Freshwater Biol*. **23**: 479-94.
- Fernández, V.O.,** Esteves, F.A. 2003. The use of indices for evaluating the periphytic community in two kinds of substrate in Imboassica lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz J Biol*. **63** (2): 233-43.
- Guisande, C.,** Barreiro, A., Maneiro, I., Riveiro, I., Vergara, A., Vaamonde, L. 2006. *Tratamiento de datos*. Madrid: Editorial Díaz y Santos.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).** 1986. *Estudio general de los suelos de los municipios de Ayapel, Buenavista, Planeta Rica y Pueblo Rico (Departamento de Córdoba)*. Bogotá, DC: IGAC.
- Junk, W. J.,** Bayley, P.B., Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Proceedings of the international large river symposium. *Can Sper Publ Fish Aquat Sci*. **106**: 110-27.
- Krammer, K.,** Lange-Bertalot, H. 1986, 1988, 1991a, 1991b. 4 v. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae*. Stuttgart: Gantner Verlag K.G.
- Melack, J.M.,** Fisher, T.R. 1990. Comparative limnology of tropical floodplain lakes with an emphasis on the Central Amazon. *Acta Limnol Brasil*. **3**: 1-48.
- Moreira, J.A.** 1988. *Productividad primaria do periphyton em viveiros destinados a piscicultura*. Tesis de maestria. Brasil: Univ. Federal de Bahia, Depto de Zoologia.
- Neiff, J.J.** 1999. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. En: Málvarez, A (ed). *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe (ORCYT). p. 99-149.
- Oliveira, F.C.** 2006. *Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica in situ a diferentes condições ambientais no Rio Santa Maria da Vitória, Es*. Tese de Mestre. Universidad Federal del Espíritu Santo. 133 p.
- Sing, R.,** Debarati, P., Rakesh, J. 2006. Biofilms: implications in bioremediation. *Trends Microbiol*. **14**: 389-97.