

# APROXIMACIÓN A LAS CONDICIONES LIMNOLÓGICAS DE UN PLANO DE INUNDACIÓN DEL BAJO RÍO MAGDALENA DURANTE UN CICLO DIARIO

## APPROACH TO LIMNOLOGICAL CONDITIONS OF A FLOODPLAIN FROM THE MAGDALENA RIVER DURING A DAILY CYCLE

*Lina María Ramos-Ortega, Erlenis Fontalvo y William López*

### RESUMEN

En la zona litoral y pelágica de la ciénaga Cerro de San Antonio, entre el 22 y 23 de octubre de 2004 se realizaron perfiles verticales de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH. Se colectaron muestras de agua para evaluar las principales características fisicoquímicas y biológicas. Se estableció la productividad primaria fitoplanctónica y se realizaron colectas para evaluar la composición y biomasa del fitoplancton. La laguna se clasifica como polimíctica cálida continua. Los valores de las variables fisicoquímicas fueron similares a los reportados para otros planos de inundación del río Magdalena. La productividad primaria de la laguna osciló entre 14.6 y 235.9 mg C.m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup>. Finalmente se reportan 20 morfoespecies de algas, las cuales aportan una biomasa entre 2.5 y 5.9 mg Cl a.m<sup>-3</sup>.

**PALABRAS CLAVE:** Variables fisicoquímicas, productividad primaria, fitoplancton, patrón térmico, planos inundables, río Magdalena.

### ABSTRACT

In the littoral and pelagic zone at the Ciénaga Cerro de San Antonio, between 22 and 23 of October of 2004 vertical profiles of temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity and pH were made. Water samples were collected to evaluate the main physicochemical and biological characteristics. The phytoplanktonic primary productivity was established and collects were made to evaluate the phytoplanktonic biomass and composition. The swamp is a continuous warm polymictic lake. The values of the physicochemical variables were similar to the reported ones for other floodplains of the Magdalena river. The primary productivity is between 14.6 y 235.9 mg C.m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup>. Finally 20 morfoespecies of algae are reported, which contributes to a biomass between 2,5 and 5,9 mg CL a.m<sup>-3</sup>.

**KEY WORDS:** Physicochemical variables, primary productivity, phytoplankton, Thermal pattern, floodplains, Magdalena river.

#### Dirección de los Autores:

Grupo de Investigación Sistemática y Ecología del Fitoplancton. Instituto de Investigaciones Tropicales-INTROPIC. Santa Marta - Colombia. linamaria\_31@yahoo.es (L.M.R.) Universidad del Magdalena. Santa Marta - Colombia. erlenis@gmail.com (E.F.) INGETEC. Bogotá D.C.-Colombia. wi\_lopez@yahoo.com (W. L.)



## INTRODUCCIÓN

Los planos de inundación, se definen como áreas que periódicamente son inundadas por el sobreflujo lateral de ríos o lagos, o bien por precipitación directa sobre la cuenca de drenaje, cuyas condiciones hidrológicas alternan dichas áreas desde condiciones típicamente lénticas hacia condiciones lóxicas, generando como resultado un ambiente físico y fisicoquímico cambiante, lo que a su vez provoca adaptaciones morfológicas, anatómicas, fisiológicas o ecológicas de la biota allí presente (Junk et al., 1989). Dichos planos son elementos decisivos en el ciclo hidrológico anual del río, en la medida que actúan como amortiguadores de eventos hidrológicos extremos, así como sistemas naturales de sedimentación. Adicionalmente son ecosistemas que sirven de hábitat temporal o permanente de comunidades terrestres y acuáticas, las cuales están relacionadas de manera integral con el canal principal del que hace parte el plano de inundación, convirtiéndolos en «hot spots» de diversidad de especies (Junk y Wantzen, 2004).

En la mayoría de los países tropicales la pesca en los planos de inundación provee proteína animal a millones de personas y es una de las actividades económicas o de subsistencia más importantes (Welcomme, 1985). Los planos de inundación se encuentran dentro de los ecosistemas más productivos, así como también dentro de los más alterados debido al desarrollo económico y al crecimiento poblacional. Su vulnerabilidad no se presenta sólo frente a los agentes directos de cambio como la agricultura y asentamientos humanos, sino también a los cambios en la hidrología y calidad del agua en los ríos con los que se conectan (Lewis et al., 2000).

El río Magdalena en sus 35 000 km<sup>2</sup> de planicie aluvial, que se inician en la transición del valle alto al medio, entre Honda y La Dorada, posee cerca de 8300 ciénagas y lagunas, con área permanente de 4700 km<sup>2</sup> y capacidad para almacenar 29 428 millones de m<sup>3</sup> de agua. (García - Lozano y Dister, 1990), de los cuales el 30 % se encuentran en el departamento del Magdalena en 1750 ciénagas ocupando una extensión aproximada de 179.8 km<sup>2</sup> (García et al. 2001)

El complejo de ciénagas del río Magdalena consiste en pantanos o lagunas localizadas en depresiones poco profundas y conectadas al río mediante estrechos canales meandriiformes y deben su origen bien sea por la acción inundante del río sobre las tierras bajas adyacentes o por su acción erosiva que da lugar a la formación de brazos que pueden permanecer unidos al

río mediante un caño (Ducharme, 1975). La mayoría de los grandes ríos del norte de Sur América (Magdalena, Orinoco, Amazonas, Tocantins, Essequiba, Sao Francisco y Parnaíba) muestran un patrón de descarga estacional unimodal, el río Magdalena es el único que presenta régimen hidrológico bimodal, con períodos de mínimo caudal en febrero y octubre (Lewis et al., 1995; Junk, 1997). Teniendo en cuenta que la periódica inundación y sequía es la principal fuerza conductora del sistema plano de inundación - río (Lewis et al., 2000; Junk, 1997; Junk y Wantzen, 2004), este pulso de inundación bimodal le confiere a las ciénagas del río Magdalena, características físicas, químicas y ecológicas particularmente diferentes a las de los demás ríos.

Las ciénagas del río Magdalena son lagos típicos tropicales solamente en el sentido de que su temperatura fluctúa entre 24 y 32 °C, sin reunir las demás condiciones aceptadas para un lago tropical. Debido a su escasa profundidad nunca se estratifican, aunque pueden presentar eventuales gradientes térmicos cerca de la superficie durante el día, obteniéndose la homotermia en la noche. Presentan baja transparencia debido a la gran cantidad de sedimentos aportados por los ríos que las alimentan, los cuales se resuspenden permanentemente en la columna de agua debido a la turbulencia ocasionada por los fuertes vientos, con profundidades Secchi que van desde 0.14 hasta 2.8 m. Se presentan curvas clinógradas de oxígeno durante el día, cuya saturación o sobresaturación superficial se debe a la incorporación de oxígeno desde la atmósfera y a la actividad fotosintética del fitoplancton, mientras que el déficit o anoxia en las capas profundas se debe a la gran demanda biológica resultante de la materia orgánica en descomposición en el sedimento (Ducharme, 1975).

Como trabajos pioneros en las ciénagas del río Magdalena se conocen los realizados por Arias (1975, 1982) y Ducharme (1975). Posteriormente, se han realizado estudios sobre el comportamiento de las variables fisicoquímicas, productividad primaria, caracterización de las comunidades de fitoplancton, zooplancton, macrófitos acuáticos o macroinvertebrados asociados (Tabla 1). El presente trabajo pretende realizar una aproximación a las condiciones limnológicas de la ciénaga Cerro de San Antonio a partir de perfiles verticales de temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, características fisicoquímicas, valores de productividad primaria, biomasa y composición de la comunidad fitoplanctónica registrados en un día de muestreo, que se reportan por primera vez para el área de estudio.



Tabla 1. Estudios realizados en ciénagas del plano de inundación del río Magdalena

Ciénagas	Referencia bibliográfica
Alrededores de Barrancabermeja	Sshmidt-Mumm (1987, 1988a, 1988b)
Chucurí	Pedraza et al. (1989), García – Lozano y Dister (1990), Pedraza (1985), Plata – Díaz et al. (2000)
Aguas Negras	Pedraza et al. (1989), García – Lozano y Dister (1990), Pedraza (1985)
Zapatosa	Ducharme (1975), Viña et al. (1991), Shmidt – Mumm y Viña (1993), Ruiz (1995)
Guájaro	Ducharme (1975)
Ayapel	Ducharme (1975)
La Raya	Ducharme (1975)
San Silvestre	Ducharme (1975), Ingetec S.A. (1999), Pava et al. (en prep.)
Miramar	Prada (1995)
Guarinocito	Arias (1975), Aranguren (1998), Becerra (1999), Cuartas (1999), López (1999), López y Cuartas (en prep.), López et al. (en prep.)
Cerro de San Antonio	Manjarrés et al. (2003), Manjarrés – Hernández et al. (2004), Deluque et al. (en prep.)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

La ciénaga Cerro de San Antonio, se localiza en el departamento del Magdalena (Colombia), a una altitud de 50 msnm, hace parte del plano inundable de la cuenca baja del río Magdalena, se conecta a éste a través de un canal de aproximadamente 4.8 km, clasificándose como Ciénaga Tipo 2 de acuerdo con la descripción de Arias (1982), cuya principal característica es no presentar un flujo directo desde el río a la ciénaga, sino a través de un caño (Figura 1).

El promedio de temperatura ambiental es de 28 °C, se registra una humedad relativa del 60 % y su régimen pluviométrico es de tipo bimodal, con menores precipitaciones de diciembre a marzo y julio a septiembre y mayores de abril a junio y octubre a noviembre. Para el año 2004, en enero y febrero no se presentaron lluvias, a partir de marzo se incrementó la precipitación hasta alcanzar el máximo de 203 mm en junio, disminuyendo hasta 65 mm en septiembre con posterior incremento hasta 126 mm en noviembre (Figura 2 A).

La cuenca inmediata de la laguna se ve sometida periódicamente a eventos de inundación como resultado

del aumento de caudales del río Magdalena y posterior desborde de aguas de la ciénaga, situación que es aprovechada por los pobladores de los asentamientos humanos cercanos (corregimientos de Rosario de Chengue y Concordia), quienes basan su sustento en actividades de explotación pesquera en la ciénaga y cultivos de pancoger (yuca, mazorca) en las márgenes de la misma (Barrios y Ortega, 1999). La variación de niveles del río Magdalena a lo largo del año también es bimodal, con dos picos en junio y noviembre y disminución en marzo y agosto. Para el año 2004, el nivel del río disminuyó desde 632 cm en enero hasta el mínimo de 254 cm en marzo, se elevó nuevamente hasta 605 cm en junio, disminuyó a 514 cm en agosto y luego se incremento hasta alcanzar 728 cm en noviembre (Figura 2 B).

### COMPONENTES FÍSICOQUÍMICOS

Durante el 22 y 23 de octubre de 2004, se midió la transparencia del agua con el disco Secchi y se tomaron registros *in situ* cada 0.1 m de oxígeno disuelto ( $\text{mg.l}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), conductividad eléctrica ( $\text{iS.cm}^{-1}$ ) y pH (unidades) en la zona litoral y en la zona pelágica. Para oxígeno y temperatura se tomaron perfiles con un medidor de oxígeno Oxi 315i-SET WTM, para conductividad eléctrica con un conductímetro LF320-SET WTM y para pH con un potenciómetro Testo Term



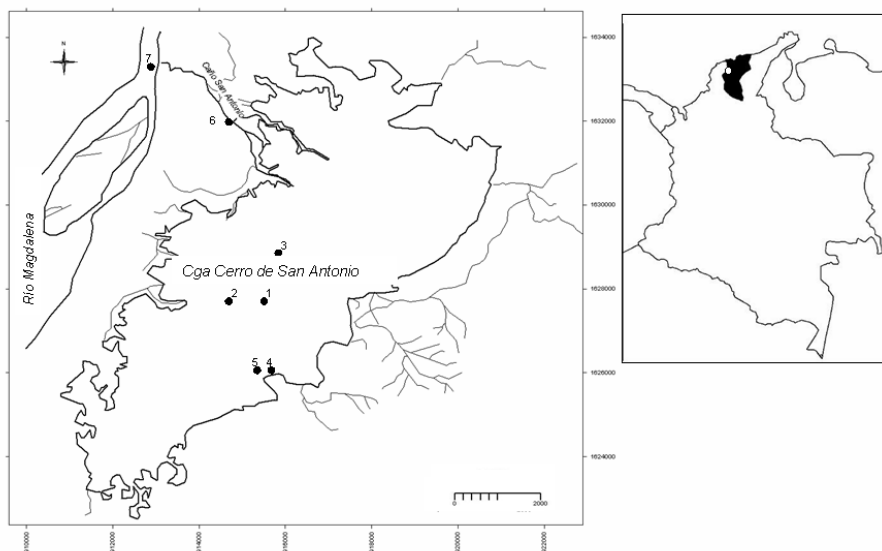


Figura 1. Localización de la ciénaga del Cerro de San Antonio (Magdalena). Ubicación de las estaciones de muestreo

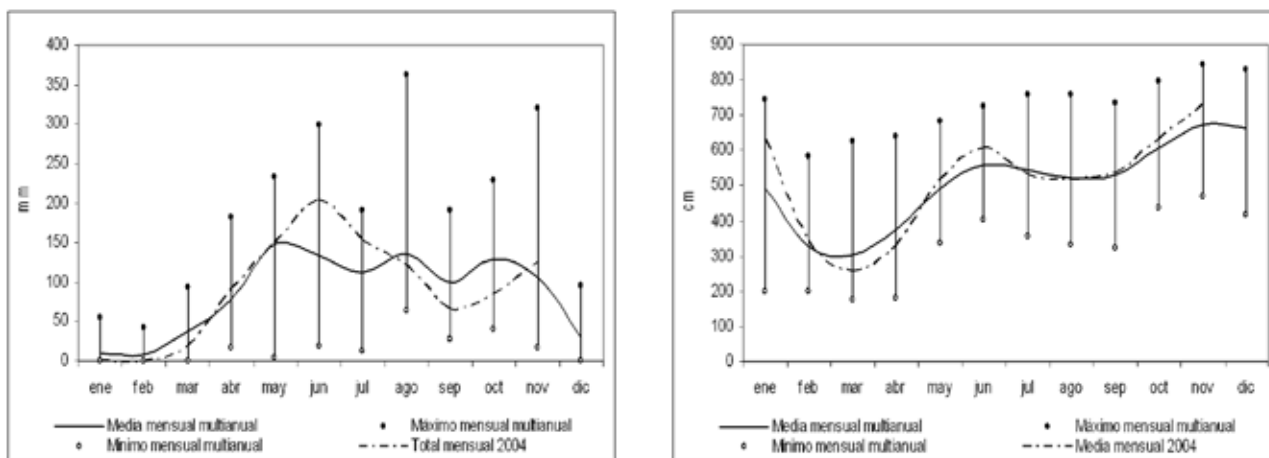


Figura 2. Variación pluviométrica y limnimétrica del río Magdalena según datos multianuales (1984-2004) de la estación San Pedrito (Atlántico) suministrados por el IDEAM. A. Precipitación en la estación 2904031. B. Niveles del río Magdalena en la estación 2904707

230. Adicionalmente se realizaron lecturas superficiales de estas mismas variables en el río Magdalena y en el caño de conexión del río con la ciénaga. En la Tabla 2 se presentan las coordenadas geográficas y horas de registro de las mencionadas variables en cada uno de los sitios.

Con los registros *in situ*, se calculó el valor de la Resistencia Termal Relativa (RTR) cada 0.1 m, de acuerdo con la formulación indicada en Cole (1988); así como el porcentaje de saturación de oxígeno, teniendo

en cuenta los factores de corrección de temperatura y altitud indicados en Wetzel (1981) y Cole (1988) siendo elaborados los respectivos perfiles del comportamiento vertical de estas variables.

Para la determinación de las variables fisicoquímicas y cuantificación de pigmentos en laboratorio, se colectaron muestras de agua de un litro en la zona pelágica (14:36 y 8:46 horas) y en la zona litoral (9:50 horas), (Tabla 2.). La turbidez (UNT) se midió con turbidímetro Orbeco-Hellige modelo 966, el color se midió mediante

Tabla 2. Coordenadas geográficas y horas de registro de los perfiles verticales de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH en la ciénaga Cerro de San Antonio

Zona de registro	Coordenadas		Fecha de registro dd-mm-aa	Hora de registro
	Norte	Oeste		
Aguas abiertas (Zona pelágica)	10° 15' 36"	74° 51' 10"	22-10-04	14:36
Aguas abiertas (Zona pelágica)	10° 15' 51"	74° 51' 26"	22-10-04	20:46
Aguas abiertas (Zona pelágica)	10° 15' 33"	74° 51' 12"	23-10-04	08:46
Macrófitas flotantes, sumergidas y emergentes (Zona litoral)	10° 15' 39"	74° 51' 52"	22-10-04	14:00
Macrófitas flotantes y emergentes (Zona litoral)	10° 15' 32"	74° 51' 12"	23-10-04	09:50
Caño de conexión	10° 17' 29"	74° 40' 30"	23-10-04	11:00
Río Magdalena	10° 19' 57"	74° 52' 26"	23-10-04	11:45

comparación visual (Test color 1.14421 Merck), la alcalinidad ( $\text{mg.l}^{-1}\text{CaCO}_3$ ) (Aquamerck 1.11109.001) y dureza total ( $\text{mg.l}^{-1}\text{CaCO}_3$ ) (Aquamerck 1.08047.0001) por el método volumétrico, los nitritos ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) por el método de etilendiamina, el nitrógeno amoniacal ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) por el método del fenato, los ortofosfatos ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) por el método del ácido ascórbico descritos en APHA (1992) y para la cuantificación de pigmentos por el método de Jeffrey y Humphrey (1975) indicados en Wetzel y Likens (1991).

### COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

El 23 de octubre entre las 9:00 y 11:00 horas, en las zonas pelágica y litoral se realizaron estimaciones de productividad primaria del fitoplancton mediante la medición de la evolución de oxígeno a través de la técnica de la botella clara - oscura, incubadas durante 1.5 horas a 0.2 m de profundidad (1 DS). Las concentraciones de oxígeno se expresaron en términos de  $\text{mg C.m}^3.\text{h}^{-1}$  utilizando 1.0 como coeficiente de respiración, 1.2 como coeficiente fotosintético y 0.375 como razón molar entre el carbono y el oxígeno (Wetzel y Likens, 1991).

Para conocer la composición de la comunidad fitoplanctónica de las zonas pelágica y litoral se realizaron arrastres con malla de 63 mm de diámetro de poro y colectas directas para su posterior determinación

y conteo en laboratorio. Las muestras se fijaron *in situ* con solución Transeau en proporción 1:1 y 0.1 ml de lugol concentrado respectivamente. La determinación taxonómica se realizó mediante observación directa en microscopio eléctrico convencional, utilizando entre otras las claves de Bourrelly (1966, 1968), Comas (1991), Croasdale et al. (1983), Duque (1995), Duque y Núñez-Avellaneda (1997), Parra et al. (1982a, 1982b, 1982c, 1983), Prescott et al. (1975, 1977) Rivera et al. (1982), Sant'Anna (1984), y Uherkovick (1966).

## RESULTADOS

### COMPONENTES FÍSICOQUÍMICOS

En la ciénaga se registraron temperaturas superficiales entre 28.2-29.9 °C, con valores superiores en la zona litoral cubierta de macrófitas, mientras que las temperaturas de fondo oscilaron entre 27.9 -28.2°C, cuyos mayores valores se obtuvieron en la zona pelágica. Un comportamiento similar entre las dos zonas presentó el oxígeno disuelto, con concentraciones entre 2.99 y 7.7  $\text{mg.l}^{-1}$  en la superficie y entre 0.03 y 2.67  $\text{mg.l}^{-1}$  en el fondo. La conductividad eléctrica superficial osciló entre 159.5 y 260  $\text{mS.cm}^{-1}$  y la de fondo entre 154.9 y 272  $\text{mS.cm}^{-1}$ , pero en este caso los mayores valores de toda la columna de agua se obtuvieron en la zona litoral. El rango de variación de pH superficial estuvo entre 7.33



Tabla 3. Valores máximos y mínimos de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH registrados en la superficie y fondo de la zona litoral y de aguas abiertas de la ciénaga Cerro de San Antonio

Zona	Profundidad	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg.l <sup>-1</sup> )	Conductividad eléctrica (μS.cm <sup>-1</sup> )	PH (unidades)
Pelágica	Superficie	28.2-29.3	2.99-4.72	159.5-160.1	7.33-7.48
	Fondo	28.2-28.7	0.03-2.67	154.9-160.5	7.32-7.42
Litoral	Superficie	29.2-29.9	3.5-7.7	168.0-260.0	7.44-7.93
	Fondo	27.5-27.9	0.03-0.04	169.6-272.0	7.49
R. Magdalena	Superficie	29.4	2.71	103.9	6.72
Caño	Superficie	29.8	2.21	160.7	6.72

y 7.93 y el de fondo entre 7.32 y 7.49, también con mayores valores en la zona litoral (Tabla 3).

En la zona pelágica, durante el día se obtuvieron curvas clinógradas negativas de temperatura. A las 8:46 h, la temperatura superficial fue de 28.6 °C, se incrementó a 28.8 °C hasta 0.2 m, alcanzando el máximo valor de RTR del perfil (7.13). Posteriormente la temperatura disminuyó gradualmente, con valores de RTR de (3.57) hasta alcanzar 28.2 °C a los 0.9 m, la cual se mantuvo hasta el fondo (2.1 m) (Figura 3 A).

En la tarde (14:36 h) se mantuvo el comportamiento clinógrado negativo de la temperatura, con 29.3 °C en la superficie y disminución gradual hasta alcanzar 28.7 °C en el fondo, cuyos valores de RTR fueron de 3.68 (Figura 3 B). Sin embargo se presentaron ligeros incrementos de temperatura a los 1.3 y 1.5 m de profundidad alcanzando en este último punto el mayor valor de RTR (7.4).

En la noche (20:46 h) se obtuvo la menor temperatura en la superficie (28.2 °C), incrementándose a 28.7 °C a 0.1 m, punto en el que se obtuvo el mayor registro de RTR (17.85). Desde esta profundidad hasta 0.8 m la temperatura osciló entre 28.8 y 28.7 °C, manteniendo esta última desde 0.9 m hasta el fondo (1.9 m) (Figura 3 C).

En los dos puntos de la zona litoral se obtuvieron los mayores gradientes térmicos, con claros perfiles clinógradas negativos. En la mañana (9:50 h) la temperatura aumentó desde la superficie hasta 0.1 m de 29.9 a 30.1 °C, con 7.4 de RTR. La posterior disminución de temperatura obtuvo el mayor gradiente térmico a los 0.4 m, en donde se alcanzó una RTR de 47.24, luego de lo cual disminuyó gradualmente hasta 27.7 °C a 0.9 m con un ligero incremento en las capas profundas (Figura 4 A).

En la tarde (14:00 h) se obtuvo la máxima temperatura superficial de 29.2 °C y mínima de 27.5 °C en el fondo (0.7 m). En el perfil se observan dos puntos con mayor gradiente térmico a los 0.4 y 0.6 m, con valores de RTR de 14.07 y 28.08 respectivamente (Figura 4 B).

En la zona pelágica a las 8:46 horas el oxígeno disuelto incrementó desde 3.38 mg.l<sup>-1</sup> (43.8 %) en la superficie hasta 4.4 mg.l<sup>-1</sup> (57.1 %) a los 0.4 m, luego disminuyó gradualmente hasta 3.77 mg.l<sup>-1</sup> (1.7 m) con posterior descenso fuerte, alcanzando anoxia en el fondo (Figura 5 A). En la tarde (14:36 horas) se observó un perfil clinógrado, con 4.75 mg.l<sup>-1</sup> (62.4 %) en la superficie, gradual descenso hasta 2.2 m de profundidad con 3.39 mg.l<sup>-1</sup> (44.1 %) y anoxia en el fondo (Figura 5 B). En la noche (20:46 horas) se registraron los menores valores de oxígeno en toda la columna de agua, con 2.99 mg.l<sup>-1</sup> (38,5 %) en la superficie y suave descenso hasta alcanzar un mínimo de 2.67 mg.l<sup>-1</sup> (34.7 %) en el fondo (Figura 5C).

En la zona litoral se obtuvieron claros perfiles clinógradas de oxígeno. En la mañana la concentración superficial fue de 3.5 mg.l<sup>-1</sup> (46.5 %) alcanzando la anoxia en el fondo a 1.5 m (Figura 6A). En la tarde en la superficie se alcanzó 7.7 mg.l<sup>-1</sup> (101.0 %) y anoxia desde 0.5 m hasta el fondo a 0.7 m (Figura 6 B).

La zona pelágica en la mañana mostró un ligero descenso de conductividad eléctrica, con 159.5 mS.cm<sup>-1</sup> en la superficie y 154.9 mS.cm<sup>-1</sup> a 1,3 m (Figura 7 A). En la tarde la variación de la conductividad no mostró un claro patrón en el sentido vertical, con valores que oscilaron entre 159.7 y 161.4 mS.cm<sup>-1</sup> (Figura 7 B). En la noche la conductividad mostró un ligero incremento con la profundidad con 159.2 mS.cm<sup>-1</sup> a nivel superficial y 160.4 mS.cm<sup>-1</sup> a 1,3 m (Figura 7 C).





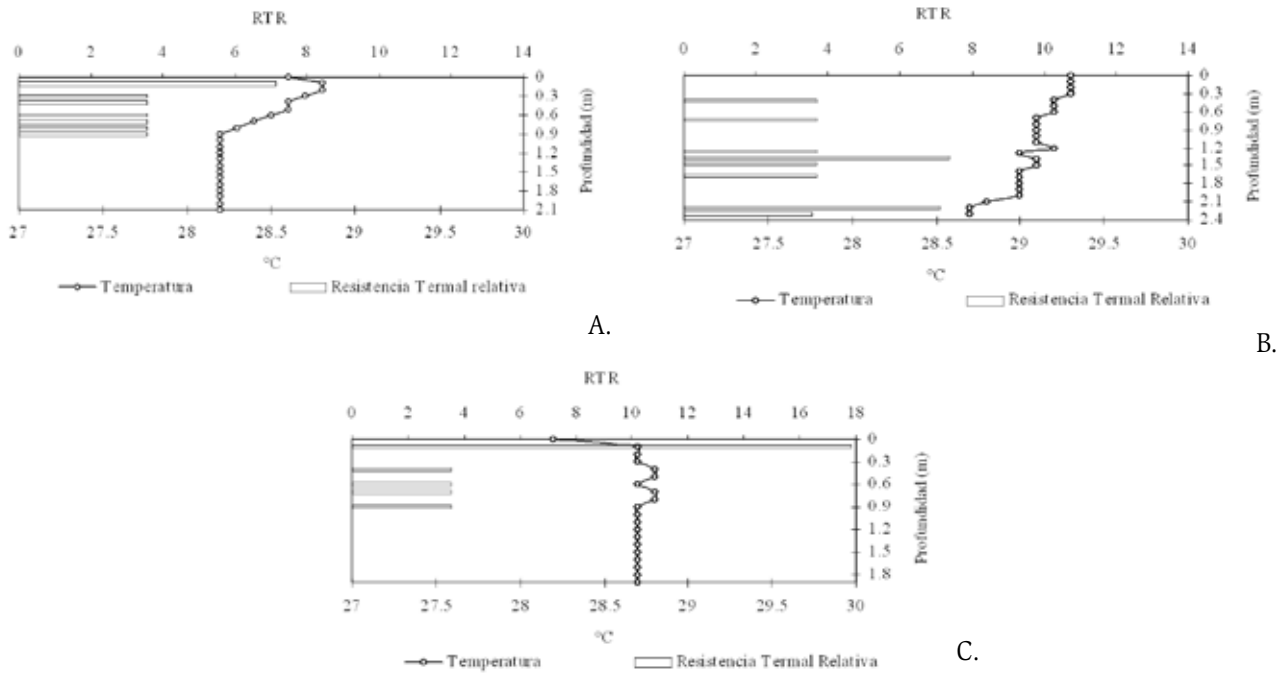


Figura 3. Perfiles de temperatura y resistencia termal relativa en la zona pelágica de la ciénaga Cerro de San Antonio. A. 8:46 horas. B. 14:36 horas. C. 20:46 horas

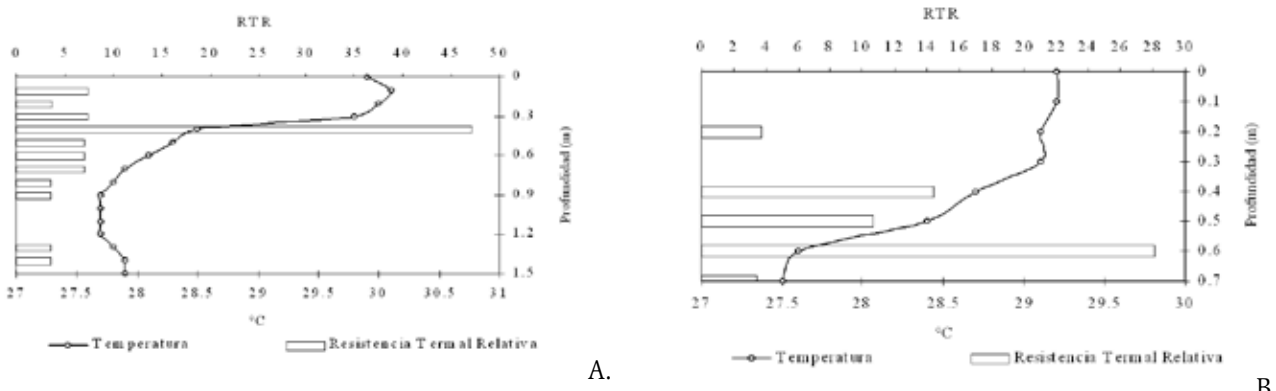


Figura 4. Perfiles de temperatura y resistencia termal relativa en la zona litoral de la ciénaga Cerro de San Antonio. A. 9:50 horas. B. 14:00 horas

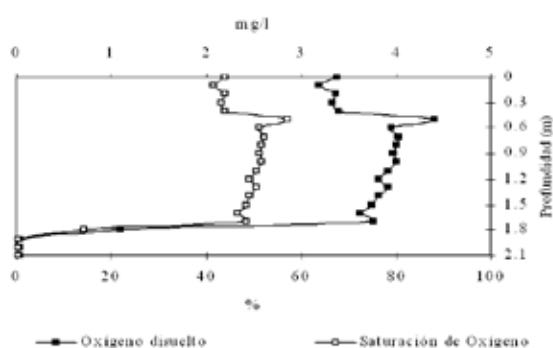
A su vez el pH, en la mañana no mostró un patrón de variación vertical, con valores que oscilaron entre 7.32 y 7.37 (Figura 7A); en la tarde registraron menores valores en las capas superficiales (7.33) con ligero incremento hacia las capas profundas (7.42) (Figura 7B) y en la noche presentó ligero descenso desde 7.49 en la superficie hasta 7.39 en el fondo (Figura 7C).

En la zona litoral durante la mañana, la conductividad eléctrica osciló entre 166.6 y 170  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  con valores ligeramente menores en la superficie (Figura 8A), patrón

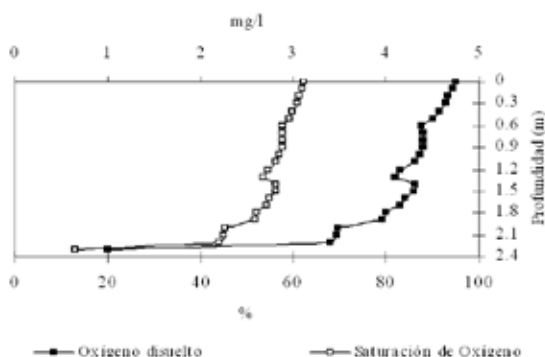
que fue más claro en la tarde, cuando en la superficie se registró 260  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  y a 1.3 m ascendió hasta 272  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Figura 8B). El pH no mostró diferencias sustanciales en su valoración a través de la columna de agua.

La turbidez en la zona pelágica presentó valores entre 54.3 y 56 UNT, ligeramente menores a los obtenidos en la zona de macrófitas con 60.5 UNT. El color real en la zona pelágica fue de 30 y el color aparente de 40 Hanzen, mientras que en la zona de macrófitas se obtuvieron valores de 20 y 30 Hanzen respectivamente.



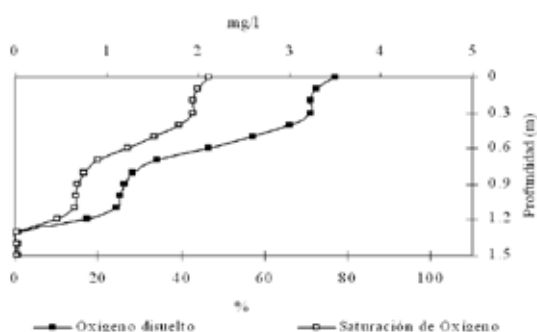


A.

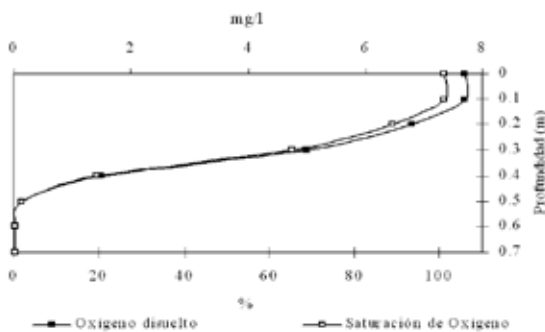


B.

Figura 5. Perfiles de oxígeno disuelto y saturación de oxígeno en la zona pelágica de la ciénaga Cerro de San Antonio. A. 8:46 horas. B. 14:36 horas. C. 20:46 horas



A.



B.

Figura 6. Perfiles de oxígeno disuelto y saturación de oxígeno en la zona litoral de la ciénaga Cerro de San Antonio. A. 9:50 horas. B. 14:00 horas

La alcalinidad en la zona pelágica fluctuó entre 120.4 y 130.4  $\text{mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$ , valores superiores a lo registrado en la zona de macrófitas ( $100.3 \text{ mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$ ). Se registraron valores de dureza total entre 55 y 64  $\text{mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$  en la zona pelágica y 62  $\text{mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$  en la zona de macrófitas.

En relación con los nutrientes, para la zona pelágica se obtuvieron concentraciones de 1.741-2.75  $\text{mg.l}^{-1}$  de nitritos, 2.069-5.422  $\text{mg.l}^{-1}$  de nitrógeno amoniacal y 9.874  $\text{mg.l}^{-1}$  de ortofosfatos. Para la zona de macrófitas, se obtuvieron concentraciones de 1.886, 5.422 y 9.874  $\text{mg.l}^{-1}$  respectivamente.

$\text{mg.m}^{-3}$ , de otra parte, en la zona de macrófitas en la mañana se obtuvo una concentración de 5.08  $\text{mg.m}^{-3}$ . A su vez, la productividad primaria en la zona pelágica presentó valores entre 14.6 y 53.1  $\text{mg C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$  y en la zona de macrófitas entre 189.1 y 235.9  $\text{mg C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ .

Se registró un total de 20 morfoespecies de algas, distribuidas en las clases Chlorophyceae y Zygothryceae cada una con seis especies, Euglenophyceae con cuatro, Bacillariophyceae con tres y Cyanophyceae con una. De las 20 morfoespecies, 12 se colectaron en la zona pelágica y 15 en la zona litoral de crecimiento de macrófitas. En la Tabla 4 se presenta el listado de las morfoespecies de algas identificadas para la ciénaga.

### COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

La biomasa del fitoplancton expresada como clorofila *a*, para la zona pelágica presentó una concentración de 5.94  $\text{mg.m}^{-3}$  en las horas de la tarde (14:36 horas), mientras que en la mañana (08:46 horas) fue de 2.5

### DISCUSIÓN

El comportamiento térmico que presentó la ciénaga Cerro de San Antonio para el momento de muestreo,





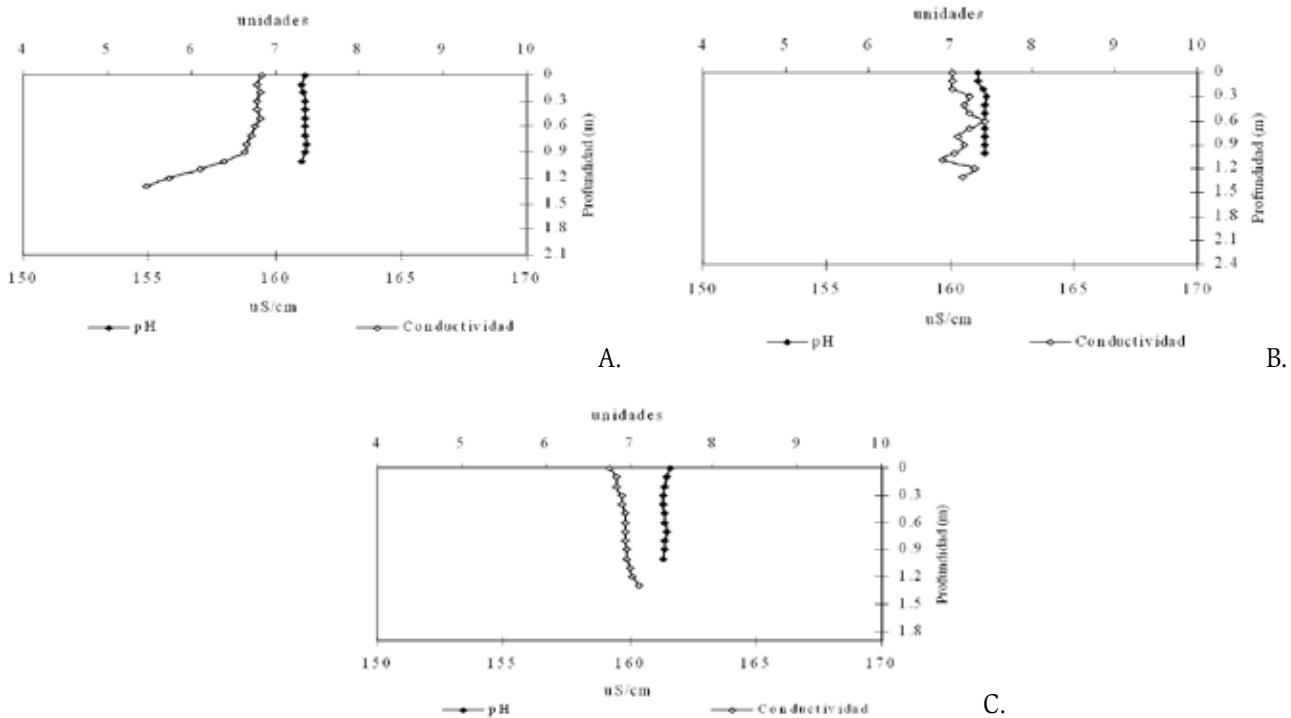


Figura 7. Perfiles de conductividad eléctrica y pH en la zona pelágica de la ciénaga Cerro de San Antonio. A. 8:46 horas. B. 14:36 horas. C. 20:46 horas

permite definirla como polimíctica según la tipología clásica de Hutchinson y Löffler (1956) o polimíctica cálida de acuerdo con lo indicado por Löffler (1964). Estos sistemas se caracterizan por nunca estar cubiertos de hielo, estratificación de la columna de agua, pero con varios eventos de mezcla en el año, además de presentar una temperatura superior a 10 °C. Con los perfiles térmicos obtenidos durante los dos días de registro correspondientes a la época de altos niveles de agua en la ciénaga, así como los observados en abril de 2004 por Deluque et al. (en prep.) en época de bajos niveles, según el modelo de Lewis (1983), la ciénaga se puede clasificar como polimíctica cálida continua, debido a que su superficie nunca se cubre de hielo y la mezcla nocturna de las masas de agua se ve interrumpida por eventos de estratificación diurnos, comportamiento observado en otros planos de inundación de la cuenca del río Magdalena, como fue reportado por Ingetec (1999) para la ciénaga de San Silvestre y Cuartas (1999) y López (1999) para la ciénaga de Guarinocito así como en lagos de várzea en el plano de inundación del río Amazonas (Furch y Junk, 1997).

En la zona pelágica durante la noche, como resultado de la disipación a la atmósfera de la energía calórica ganada durante el día, a nivel superficial se obtuvo

una temperatura ligeramente menor (28.6 °C) que la del resto de la columna de agua que osciló entre 28.7 y 28.8 °C, cuyos gradientes térmicos en capas de 10 cm de espesor generaron valores máximos de RTR de 3.57 (Figura 3 C), es decir que se necesita solo 3.57 veces la energía requerida para mezclar masas de agua entre 4 y 5°C, consideradas homotérmicas por Cole (1988). En las primeras horas de la mañana se mantuvo un patrón similar (Figura 3A), mientras que en la tarde, la temperatura superficial fue de 29.3 °C y en el fondo de 28.7 °C, con gradientes térmicos que alcanzaron valores de RTR cercanos a 8 a los 1.3 y 2.1 m de profundidad (Figura 3 B), presumiéndose la presencia de estratificación térmica diurna más estable.

En la zona de macrófitas, debido a la barrera mecánica que éstas generan al efecto de mezcla por los vientos, se presentaron mayores gradientes térmicos que en la zona pelágica, con RTR de 47.24 en las horas de la mañana a 0.4 m de profundidad (Figura 4 A) y 14.37 y 28.08 a 0.4 y 0.6 m de profundidad en las horas de la tarde (Figura 4 B).

Los perfiles de oxígeno disuelto confirman las condiciones de mezcla de las masas de agua durante la noche con valores que fluctúan de 2.99 a 2.67 mg.l<sup>-1</sup> desde la

superficie hasta el fondo (Figura 5 C), mientras que durante la tarde se obtuvieron curvas clinógradas negativas con valores de 4.75 mg.l<sup>-1</sup> en la superficie y 1 mg.l<sup>-1</sup> en el fondo (figura 5 B).

Las concentraciones de oxígeno superficial registradas en la ciénaga Cerro de San Antonio, son similares a las reportadas para las ciénagas de Zapotosa (Viña et al., 1991) y Aguas Negras (Pedraza, 1985) en época de altas precipitaciones, así como con el comportamiento clinógrado descrito por Prada (1995) para la ciénaga de Miramar. Los perfiles de oxígeno disuelto observados corresponden con lo indicado por Junk et al. (1989) para planos de inundación, cuyos mayores valores superficiales se deben a la incorporación desde la atmósfera y a la actividad fitoplanctónica, observándose una sustancial reducción por debajo de la zona fótica debido a la alta demanda de oxígeno ocasionada por la respiración y oxidación de la materia orgánica, lo que a su vez genera los bajos valores de saturación superficial (62.4 %).

En la zona de crecimiento de macrófitas sumergidas, durante el día (14:00 horas) se alcanzaron valores de

sobresaturación de oxígeno superficial a 0.1 m (101 %) con 7.7 mg.l<sup>-1</sup>, debido a los aportes adicionales producidos por las plantas durante su actividad fotosintetizadora, mientras que en profundidades inferiores a las partes fotosintetizadoras (0.4 m) se obtuvieron condiciones cercanas a la anoxia (menos de 1.5 mg.l<sup>-1</sup>) debido al consumo excesivo que genera la descomposición de la propia biomasa producida por las plantas (Margalef, 1983). Otro aspecto que repercute en las fluctuaciones de las concentraciones de oxígeno de estos sistemas acuáticos, son las descargas de desechos orgánicos y agroquímicos procedentes de la cuenca, factores que deterioran aún mas la calidad del agua, generando problemas de sedimentación, mortandad de peces y efectos sobre la salud pública (Donato, 1991).

Los perfiles de conductividad eléctrica en la zona pelágica mostraron variaciones de pequeña magnitud entre el día y la noche (Figura 7), siendo evidente la condición polimíctica de la ciénaga, con eventos de estratificación de corta duración, que no alcanzan a generar gradientes notables de esta variable en la columna de agua. De otra parte, en la zona litoral, la estabilidad de las masas de agua ocasionada por las macrófitas acuáticas, así como

Tabla 4. Lista de morfoespecies de algas colectadas en la ciénaga Cerro de San Antonio

Clase	Especie	Zona Pelágica	Zona litoral
Chlorophyceae	<i>Botryococcus braunii</i> Kuetzing	X	O
	<i>Pediastrum clathratum</i> (Shrod.) Lemm. var. <i>punctatum</i>	X	X
	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen var. <i>duplex</i>	X	X
	<i>Pediastrum simplex</i> Meyen var. <i>simplex</i>	O	X
	<i>Planktosphaeria</i> cf. <i>gelatinosa</i> G.M. Smith	O	X
	<i>Sphaerocystis shroeteri</i> Chodat	X	X
Zygophyceae	<i>Closterium</i> sp. 1	O	X
	<i>Cosmarium</i> cf. <i>cuadrifarium</i> Landell	X	X
	<i>Cosmarium</i> sp. 1	X	X
	<i>Staurastrum</i> cf. <i>borgeanum</i> Schmidle	O	X
	<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs	O	X
	<i>Staurastrum</i> sp. 1	O	X
Euglenophyceae	<i>Euglena acus</i> Herenberg	X	O
	<i>Trachelomonas caudata</i> Ehrenberg	O	X
	<i>Trachelomonas scabra</i> Playfair	X	X
	<i>Phacus undulatus</i> (Skvortzar) Pachman	X	O
Bacillariophyceae	<i>Fragilaria</i> sp.	X	X
	<i>Gyrosigma spencerii</i> (Quekett) Griffithet Henfrey	O	X
	<i>Pinnularia latevittata</i> var. <i>dominguensis</i> Patrick et al.	X	O
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria margaritifera</i> (Kuetzing) Gumont	X	O



la acumulación de la materia orgánica proporcionada por la comunidad, hacen más notables las diferencias en la conductividad eléctrica, con valores mayores en las capas profundas (Figura 8).

Durante esta época del año, es posible presumir mayor nivel de las aguas en la ciénaga que en el río, dada la poca variación en los valores de conductividad eléctrica entre la zona pelágica de la ciénaga ( $154.9 - 160.5 \text{ mS.cm}^{-1}$ ) y el caño de conexión ( $160.7 \text{ mS.cm}^{-1}$ ), los cuales fueron superiores a los registrados en el río Magdalena en el punto de desembocadura del caño con  $103.9 \text{ mS.cm}^{-1}$  (Tabla 1).

Los valores superficiales de conductividad eléctrica registrados en la zona pelágica de la ciénaga se encuentran dentro del rango reportado para la época de aguas altas en las ciénagas de Aguas Negras ( $150 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) (Pedraza, 1985), Zapatosa ( $140-220 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) (Viña et al., 1991) y Guarinocito ( $178-194 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) (Cuartas, 1999 y López, 1999), siendo notablemente superiores a los reportes del complejo de ciénagas Chucurí - Aguas Negras ( $10-60 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) hechos por García - Lozano y Dister (1990). De otra parte, los registros de la zona litoral ( $168 - 260 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) corresponden con lo reportado para las ciénagas de Miramar ( $153 - 301 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) (Prada, 1995) y Chucurí ( $210 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) (Pedraza, 1985). Los valores de conductividad eléctrica de la ciénaga Cerro de San Antonio son notablemente superiores a lo reportado para lagunas de planos de inundación de los ríos Amazonas, Paraná, Pantanal, Sao Francisco y Orinoco, los cuales presentan valores inferiores a  $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$  (Carvalho et al., 2001).

Como es de esperarse para planos inundables (Junk et al., 1989), la turbidez en la ciénaga procede principalmente de los aportes ocasionados por la entrada de aguas del río Magdalena, que incide en la transparencia de sus aguas, con valores Secchi que oscilaron entre 0.54 y 0.75 m, los cuales son similares a los de las ciénagas de Miramar (Prada, 1995) y Aguas Negras (Pedraza, 1985), mayores a los de las ciénagas de Chucurí (Pedraza, 1985), Chucurí-Aguas Negras (García - Lozano y Dister, 1990) y Zapatosa (Viña et al., 1991) y notablemente menores que los de la ciénaga de Guarinocito (Cuartas, 1999).

Las aguas de la ciénaga presentaron altos valores de alcalinidad, con valores en la zona pelágica de  $120.4 - 130.4 \text{ mg.l}^{-1}\text{CaCO}_3$ , encontrándose estos en la media del rango reportado por Roldán (1992) para ciénagas del norte de Colombia, confiriéndole una elevada capacidad

tampón, razón por la cual el pH prácticamente se mantuvo constante durante todos los registros ( $7.32 - 7.48$ ), no obstante la gran variación en la concentración de oxígeno observada entre los perfiles verticales diurnos y nocturnos. A su vez, en la zona litoral, debido posiblemente a la precipitación de carbonatos de calcio como resultado de la toma de dióxido de carbono durante la fotosíntesis de las macrófitas sumergidas, se obtuvo menor alcalinidad ( $100.3 \text{ mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$ ) y valores de pH ligeramente superiores a los de la zona pelágica ( $7.44 - 7.93$ ). Tanto en la zona pelágica como en la zona litoral se registraron valores superiores a la neutralidad, contrario a lo reportado para otras lagunas de planos de inundación de Suramérica (Amazonas, Paraná, Pantanal, Sao Francisco y Orinoco), en las que se registran valores de pH menores a 7.0 (Carvalho et al., 2001). Esta situación se debe posiblemente a las aguas altamente mineralizadas y pobres en compuestos húmicos que le aporta el río Magdalena durante los eventos de inundación, procedentes de una cuenca con suelos geológicamente más recientes que aportan mayor cantidad de iones al río, situación que también se refleja en los mayores valores de conductividad eléctrica del río y las lagunas de sus planos de inundación.

La productividad primaria fitoplanctónica en la zona pelágica de la ciénaga ( $14.6-53.1 \text{ mg C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ ) es superior a lo reportado para lagos de várzea del plano de inundación del río Amazonas en época de aguas altas ( $13.3 \text{ mg C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ ) y ligeramente inferior a lo reportado para las épocas de aguas bajas ( $89.6 \text{ mg C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ ) cuando se obtienen los mayores valores en estos sistemas (Putz y Junk, 1997), mientras que en la zona de macrófitas, debido a la menor resuspensión de nutrientes y mayor transparencia se registraron valores notablemente superiores ( $189.1$  y  $235.9 \text{ mg C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ ).

Pese a la mayor productividad primaria comparada con los reportes antes mencionados, las concentraciones de clorofila *a* en la ciénaga ( $2.5-5.94 \text{ mg.m}^{-3}$ ) son notablemente inferiores a lo reportado por Putz y Junk (1997) para lagos de várzea del plano de inundación del río Amazonas ( $52 \text{ mg.m}^{-3}$ ) y por Carvalho et al. (2001) para lagos de planos de inundación de los ríos Paraná, Amazonas y Pantanal, presumiendo que en la ciénaga Cerro de San Antonio la fracción del bacterioplancton es más importante en la productividad primaria que el fitoplancton.

Las ciénagas son naturalmente eutróficas, debido a la permanente disponibilidad de nutrientes en el medio acuático, sin embargo a lo largo de sus ciclos de inundación y sequía, es posible encontrar grandes



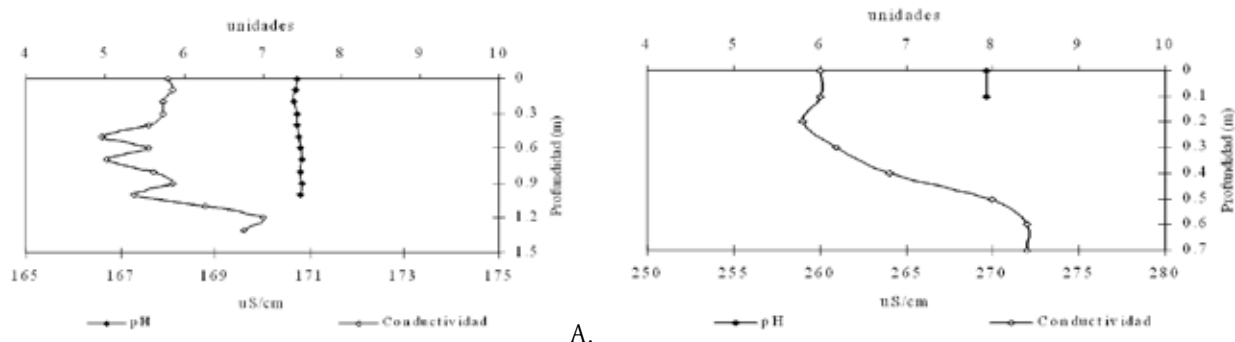


Figura 8. Perfiles de conductividad eléctrica y pH en la zona litoral de la ciénaga Cerro de San Antonio. A. 9:50 horas. B. 14:00 horas

cambios en los niveles de trofía de estos sistemas (Junk, 1980 y Junk et al., 1989), razón por la cual seguramente se registraron concentraciones de nitritos, nitrógeno amoniacal y ortofosfatos bastante menores a lo reportado para otras ciénagas del país. Posiblemente las aguas del río Magdalena en el período de desborde precedente, así como el material vegetal inundado aportaron materia orgánica a la ciénaga, sin embargo para el periodo de registro, ésta aún no fue mineralizada totalmente y el elevado nivel de las aguas de la ciénaga favoreció su dilución.

La baja concentración de nutrientes, sumada a la reducida transparencia ocasionada por los sedimentos aportados por el río, hicieron que la concentración de clorofila *a* de la ciénaga fuera baja, indicando características de ecosistemas mesotróficos de acuerdo con los sistemas de clasificación trófica de Vollenweider (1983) y Kratzer y Brezonik (1981) citados por (Hena, 1987). Los menores valores de la zona pelágica en las horas de la mañana se debieron posiblemente a la baja intensidad lumínica, dadas las condiciones de alta nubosidad existentes el día del muestreo.

Las algas presentes en la ciénaga, confirman lo planteado por Duque y Donato (1992), quienes indican que en Colombia las Cyanophyceae y Euglenophyceae se suman a las tres clases de algas (Bacillariophyceae, Chlorophyceae y Dinophyceae) establecidas por Margalef (1983) como las más abundantes y con mayor número de especies en ecosistemas dulceacuícolas. Las clorofíceas y zigofíceas presentaron mayor número de especies en la zona litoral que en la zona pelágica, posiblemente debido a la mayor transparencia del agua y a condiciones de menor inestabilidad de las masas de agua que permiten su permanencia en la columna de agua. Para las otras clases no se aprecian diferencias

sustanciales en su composición entre las dos zonas.

## CONCLUSIONES

Los perfiles térmicos y de oxígeno de la ciénaga Cerro de San Antonio para el ciclo diario estudiado, permiten clasificarla como un sistema polimítico cálido continuo, comportamiento que también se ve reflejado en los perfiles de conductividad eléctrica y pH.

En la ciénaga Cerro de san Antonio, así como en otras lagunas del plano de inundación del río Magdalena, se presentan mayores valores de conductividad eléctrica y pH y menores concentraciones de clorofila *a* que en sistemas lagunares de otros planos de inundación de Suramérica.

Teniendo en cuenta la concentración de nutrientes, clorofila y productividad primaria, la ciénaga presentó para el momento del muestreo condiciones mesotróficas, lo cual es esperable para planos de inundación, en los cuales se pueden presentar cambios sustanciales en los niveles de trofía en función de los períodos alternativos de inundación y sequía.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a Tatiana Sierra, Bióloga de la Universidad del Magdalena, por la digitalización del mapa de localización de la ciénaga. A Roberto Guerrero Flórez, Biólogo de la Universidad del Magdalena, por su colaboración en las actividades de laboratorio. Igualmente, a los habitantes del corregimiento Rosario de Chengue, por su colaboración durante los trabajos de campo en la ciénaga.

## BIBLIOGRAFÍA

- Díaz De Santos (Ed.). 1992. Métodos estandarizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17ª Edición. APHA-AWWA-WPCF. 1714pp.
- Aranguren, N. 1998. Estudio de los copépodos (COPEPODA: CRUSTACEA) de la ciénaga de Guarinocito. Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, Colombia, 102 p.
- Arias, P.A. 1975. Contribución al conocimiento limnológico de la ciénaga de Guarinocito y su relación con el río Magdalena. Tesis de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 160 p.
- Arias, P.A. 1982. Las ciénagas en Colombia. *Divulgación Pesquera* 22 (3-5): 38-70.
- Barrios, G. y I. Ortega. 1999. Análisis de los costos para la creación de un centro de salud del seguro social en el municipio de cerro de San Antonio. Tesis de pregrado, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia, 105 p.
- Becerra, X. 1999. Estudio de la abundancia y distribución estacional de los rotíferos planctónicos de la ciénaga de Guarinocito, departamento de Caldas (Colombia). Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, Colombia, 125 p.
- Bourrelly, P. 1966. Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. Tome I. Les Algues Vertes. Editions N. Boubée & Cie., Paris, 569 p.
- Bourrelly, P. 1968. Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. Tome II. Les Algues jaunes et brunes. Editions N. Boubée & Cie., Paris, 437 p.
- Carvalho, P., L.M. Bini, S.M. Thomaz, L. Gonçalves de Oliveira, B. Robertson, W.L. Gomes - Tavechio y A.J. Darwisch. 2001. Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons. *Acta Scientiarum* 23(2): 265-273.
- Cole, G.A. 1988. Manual de Limnología. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, 405 p.
- Comas, V.A. 1991. Taxonomical review of the coenobial chlorococcal algae from Cuba. III. Fam. Scenedesmeceae. *Algological Studies* 61: 55-94.
- Croasdale, H., C.E. de M. Bicudo y G.W. Prescott. 1983. A Synopsis of the North American Desmids. Part II. Desmidiaceae : Placodermae. Section 5. The Filamentous Genera. University of Nebraska Press, Lincoln and London, 117 p.
- Cuartas, J. 1999. Caracterización fisicoquímica de la ciénaga de Guarinocito. Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, Colombia, 93 p.
- Donato, J. CH. 1991. Los sistemas acuáticos de Colombia: síntesis y revisión. Cuadernos Divulgativos de la U. Javeriana 4: 1-8.
- Ducharme, A. 1975. Informe técnico de biología pesquera. Proyecto para el desarrollo de la pesca continental. INDERENA - FAO. Bogotá, Colombia, 42 p.
- Duque, S. 1995. Euglenófitas pigmentadas de la Amazonia colombiana. *Rev. de la Acad. Col. de Cien. Fis. Exac. y Nat.* 19: 651-659.
- Duque, S. y J.C. Donato. 1992. Biología y ecología del fitoplancton de las aguas dulces en Colombia. Cuadernos Divulgativos de la U. Javeriana 35: 1-21.
- Duque, S. y M. Nuñez - Avellaneda. 1997. Ficoflora de algunos ambientes acuáticos de la Amazonia colombiana. *Caldasia* 19: 37-42.
- Furch, K. y W.J. Junk. 1997. Physicochemical Conditions in the Floodplains. En: Junk, W.J. (Ed). *The Central Amazon Floodplain*. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, Germany: 69-117
- García, M., F.D. Sánchez, R. Marín, H. Guzman, N. Verdugo, E. Domínguez, O. Vargas, L. Panizzo, N. Sánchez, J. Gómez y G. Cortés. 2001. El Agua. Capítulo 4. En: Leyva, P. (Ed). *El medio ambiente en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM - Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia: 114-189.
- García - Lozano, L.C. y F. Dister. 1990. La planicie de inundación del medio y bajo Magdalena: Restauración y conservación de hábitats. *Interciencia* 15(6): 396-410.
- Henao, A.M. 1987. El disco Secchi y el estado trófico. *Revista Ainsa* (72): 67-79.
- Hutchinson, G.E. y H. Löffler. 1956. The thermal classification of lakes. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 42: 84-46.
- Ingetec S.A. 1999. Monitoreo limnológico de la Ciénaga de San Silvestre y sus tributarios. Tomo 1. Gerencia Plan de Manejo Integrado de la Ciénaga de San Silvestre y su Cuenca Tributaria, Bogotá D.C., Colombia, 172 p.
- Junk, W.J. 1980. Areas inundables - um desafio para limnologia. *Acta Amazonica* 10(4): 775-795.
- Junk, W.J. 1997. General Aspects of Floodplain Ecology with Special Reference to Amazonian Floodplains. En: Junk, W.J. (Ed). *The Central Amazon Floodplain*. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, Germany: 3-20.
- Junk, W.J. y K.M. Wantzen. 2004. The flood pulse concept: New aspects, approaches and applications - An update. En: Welcomme, R.L. y T. Petr (Ed). *Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for fisheries*. Volume 2. Food and Agricultural Organization & Mekong River Commission. FAO Regional Office for Asia and Pacific, Bangkok: 117-140.
- Junk, W.J., P.B. Bayley y R.E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river - floodplain systems. En: Dodge, D.P. (Ed). *Proceedings of the international large river symposium*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106: 110-127.
- Lewis, W.M.Jr. 1983. A revised classification of lakes based on mixing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 1779-1787.
- Lewis, W.M.Jr., S.J. Hamilton y F. Saunders III. 1995. Rivers of northern South America. En: Cushing, C. y K. Kummis (Ed). *Ecosystems of the world: Rivers*. Elsevier, New York: 219-256.
- Lewis, W.M.Jr., S.K. Hamilton, M.A. Lasi, M. Rodríguez y J.F. Saunders III. 2000. Ecological determinism on the Orinoco floodplain. *BioScience*. 50(8): 681-692
- Löffler, H. 1964. The limnology of tropical high-mountain lakes. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 15:176-193.
- López, W. 1999. Caracterización del fitoplancton de la ciénaga de Guarinocito (Caldas, Colombia). Tesis de Maestría. Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, Colombia, 86 p.
- Manjarrés, G.G, A. Escobar y G.P. Manjarrés. 2003. Ciénagas del sur y occidente del departamento del Magdalena Caribe Colombiano. Resúmenes del Encuentro regional sobre investigaciones en embalses y ciénagas del Caribe Colombiano. 21 y 22 de noviembre de 2003.
- Manjarrés-Hernández, A., L. Flórez-Leiva y G. Rueda-Delgado. 2004. Macrófitas acuáticas de la ciénaga de San Antonio - Magdalena, Colombia. En ACL-Limnos (Ed). *Resúmenes VI Seminario Nacional de Limnología y I Encuentro Internacional sobre Embalses Neotropicales*. Neolimnos 2004. Universidad Pontificia Bolivariana - Asociación Colombiana de Limnología. Montería, Colombia: 75-75.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ediciones Omega. Barcelona, España, 1010 p.
- Parra, O.O., M. González, V. Dellarrosa, P. Rivera y M. Orellana. 1982a. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen I. Cyanophyceae. Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 70 p.





- Parra, O.O., M. González, V. Dellarrosa, P. Rivera y M. Orellana. 1982b. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen II. Chrysophyceae - Xanthophyceae. Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 82 p.
- Parra, O.O., M. González, V. Dellarrosa, P. Rivera y M. Orellana. 1982c. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen III. Cryptophyceae - Dinophyceae - Euglenophyceae. Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 99 p.
- Parra, O.O., M. González, V. Dellarrosa. 1983. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen V. Chlorophyceae. Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 353 p.
- Pedraza, G.E. 1985. Estructura de la comunidad fitoplanctónica de las ciénagas de Chucurí y Aguas Negras. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 220 p.
- Pedraza, G.E., G. Márquez y L.C. García. 1989. Aspectos hidro-limnológicos en las ciénagas de Chucurí y Aguas Negras (Magdalena medio, Colombia, durante un ciclo anual). *Acta Biológica Colombiana* 1(5): 9-22.
- Plata-Díaz J., J.C. Donato y R. Gavilán-Díaz. 2000. Estructura y dinámica de la comunidad fitoplanctónica en un lago de inundación de la cuenca del Magdalena medio santandereano (Colombia). En: ACL - Limnos (Ed). Resúmenes Conferencias y Poster IV Seminario Nacional de Limnología, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia: 28-28.
- Prada, S. 1995. Estudio de la comunidad fitoplanctónica y aspectos fisicoquímicos de la ciénaga de Miramar (Barrancabermeja - Santander). Tesis de pregrado, Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá, 159 p.
- Prescott, G.W., H.T. Croasdale y W.C. Vinyard. 1975. A Synopsis of the North American Desmid. Part II. Desmidiaceae : Placodermae. Section 1. University of Nebraska Press, New York, 274 p.
- Prescott, G.W., H.T. Croasdale y W.C. Vinyard. 1977. A Synopsis of the North American Desmid. Part II. Desmidiaceae : Placodermae. Section 2. University of Nebraska Press, New York, 413 p.
- Putz, R.P. y W.J. Junk. 1997. Phytoplankton and Periphyton. En: Junk, W.J. (Ed). *The Central Amazon Floodplain*. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, Germany: 207-222.
- Rivera, P.O., O. Parra, M. González, V. Dellarrosa, y M. Orellana. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Volumen IV. Bacillariophyceae. Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 97 p.
- Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 529 p.
- Ruiz, E. 1995. Limnología fisicoquímica y una aproximación a la producción primaria de la ciénaga de Zapatoza. Tesis de Maestría. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 100 p.
- Sant'Anna, C. 1984. Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de Sao Paulo, Brasil. *Bibliotheca Phycologica* 67: 1-350.
- Schmidt-Mumm, U. 1987. Lista comentada de los macrófitos acuáticos y palustres de la región de Barrancabermeja (Santander). *Perez-Arbelaezia* 1(4,5): 43-53.
- Schmidt-Mumm, U. 1988a. Notas sobre la vegetación acuática de Colombia, I: Estructura. *Rev. Fac. Cien. Univ. Javeriana* 1(2): 107-122.
- Schmidt-Mumm, U. 1988b. Notas sobre la vegetación acuática de Colombia, II: Fisionomía. *Rev. Fac. Cien. Univ. Javeriana* 1(3): 85-119.
- Schmidt-Mumm, U. y G. Viña 1993. Ordenación y clasificación preliminar de la vegetación acuática y semiacuática en el complejo de Ciénagas de Zapatoza, Colombia. *Cuad. Divulg.* 43: 1-27.
- Uherkovich, G. 1966. *Die Scenedesmus-Arten Ungarns*. Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Akadémia Kiadó, Budapest, 173 p.
- Viña, G; A. Ramírez; L. Lamprea; B. Garzón; U. Schmidt-Mumm; E. Rondón y C. Flórez. 1991. Ecología de la Ciénaga de Zapatoza y su relación con un derrame de petróleo. *Ecopetrol*. Distrito Caño Limón Coveñas, Cúcuta, Colombia, 135 p.
- Welcomme, R.L. 1985. *River Fisheries*, FAO Fisheries Technical Paper 262. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 330 p.
- Wetzel, R.G. 1981. *Limnología*. Ediciones Omega. Barcelona, España, 679 p.
- Wetzel, R.G. y G.E. Likens. 1991. *Limnological Analyses*. Springer-Verlag. New York, Inc., 391 p.

Fecha de recepción: 17/03/06

Fecha de aceptación: 24/08/06

