

**VARIACIÓN DE LA BIOMASA, PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y DIVERSIDAD
FITOPLANCTÓNICA ANTE EL FENÓMENO EL NIÑO-LA NIÑA EN UN LAGO
DE INUNDACIÓN TROPICAL (CIÉNAGA EL LLANITO, COLOMBIA)**

JOHANA ALEXANDRA DULCEY ULLOA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA
2012**

**VARIACIÓN DE LA BIOMASA, PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y DIVERSIDAD
FITOPLANCTÓNICA ANTE EL FENÓMENO EL NIÑO-LA NIÑA EN UN LAGO
DE INUNDACIÓN TROPICAL (CIÉNAGA EL LLANITO, COLOMBIA)**

JOHANA ALEXANDRA DULCEY ULLOA

**Trabajo de grado para optar al título de
Bióloga**

Director

MARLON SERRANO GÓMEZ

Biólogo

Co-Director

VICTOR HUGO SERRANO

Doctor en Ciencias Biológicas

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2012

DEDICATORIA

A mi mamá

AGADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Colombiano del Petróleo por el apoyo económico para la realización de este trabajo y a la Universidad Industrial de Santander y la Escuela de Biología por el apoyo logístico para la realización de las actividades de laboratorio. A Yasmín Plata por su importante colaboración en el desarrollo de este trabajo de grado y al profesor John Jairo Ramírez, Tatiana López y Mario Medina por su apoyo en la identificación taxonómica.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS.....	18
2. MARCO TEÓRICO	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
3.2 MUESTREO, CUANTIFICACIÓN DEL FITOPLANCTON Y ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.....	29
3.3 PROCESO PARA ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	31
4. RESULTADOS	34
4.1 DINÁMICA AMBIENTAL E HIDROLÓGICA	34
4.2 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS	37
4.3 COMPOSICIÓN, DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DEL FITOPLANCTON	41
4.4 BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD PRIMARIA.....	47
4.5 RELACIÓN ENTRE EL ENSAMBLE FITOPLANCTÓNICO Y LAS VARIABLES ABIÓTICAS.....	48
5. DISCUSIÓN.....	51
5.1 DINÁMICA AMBIENTAL E HIDROLÓGICA Y VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS	51

5.2 COMPOSICIÓN, DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DEL FITOPLANCTON	52
5.3 BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD PRIMARIA.....	56
5.4 RELACIÓN ENTRE EL ENSAMBLE FITOPLANCTÓNICO Y LAS VARIABLES ABIÓTICAS.....	57
6. CONCLUSIONES	59
7. BIBLIOGRAFIA	62

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen estadístico de variables físicas y químicas de la ciénaga El Llanito, para muestreos realizados en los años 1998 y 2010. <i>Promedio ±Desv.Estandar(N) C.V. (coeficiente de variación). Sin datos (-).</i>	37
Tabla 2. Valores de clorofila <i>a</i> (mg/m ³), productividad primaria neta (PPN), respiración (RESP), zona eufótica (Zeu) / zona de mezcla (Zmix), para muestreos realizados en 1998 y 2010. (-) sin dato.	38

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciénaga El Llanito y estaciones de muestreo.	28
Figura 2. Valores totales mensuales (1998 y 2010) y valores medios mensuales multianuales (1991-1995, 1999-2009) del nivel del Río Magdalena a la altura del municipio de Yondó (Base de datos IDEAM).	34
Figura 3. Valores totales mensuales (1998 y 2010) y valores medios, máximos (Max) y mínimos (Min) mensuales multianuales (1991-1997, 1999-2009) de la precipitación en el municipio de Barrancabermeja (Base de datos IDEAM).	35
Figura 4. Variación temporal de profundidad (m) y transparencia (m) de la ciénaga El Llanito en la estación I y nivel del río Magdalena (m). A, 1998. B, 2010.	36
Figura 5. Análisis de componentes principales (ACP). A, variables físicas y químicas de 1998 y 2010. B, posición de las muestras en el espacio dimensionado por los dos primeros componentes. Las flechas indican el gradiente dado por la variación del ciclo hidrológico de cada año, partiendo desde aguas bajas y terminando en aguas altas.	40

Figura 6. Variación temporal de la abundancia relativa (%) promedio por división para cada muestreo. A 1998. B. 2010.	42
Figura 7. Variación espacial de la abundancia relativa (%) promedio por división. A, 1998. B, 2010.	44
Figura 8. Índices ecológicos (Margalef, Shannon y Pielou) del fitoplancton de la ciénaga El Llanito (1998 y 2010). A. Promedio para muestreos. B. Promedio para estaciones.	45
Figura 9. N-MDS de la similitud de muestras con respecto a la composición y abundancia relativa de las especies fitoplanctónicas encontradas en la ciénaga El Llanito. A, Similitud entre los muestreos de 1998 y 2010. B, Similitud entre las estaciones en 1998 y 2010. ANOSIM mostrando el estadístico R-global para el análisis entre muestreos y entre estaciones.	46
Figura 10. CCA del fitoplancton y variables físicas, químicas e hidrológicas de la ciénaga El Llanito para muestreos realizados en 1998 y 2010. A, biplot de variables ambientales y composición de la comunidad. B, biplot de variables ambientales y el cambio de la composición de la comunidad entre los muestreos.	49

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Porcentaje de ocurrencia para cada especie en cada año muestreado.	80

RESÚMEN

VARIACIÓN DE LA BIOMASA, PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y DIVERSIDAD FITOPLANCTÓNICA ANTE EL FENÓMENO EL NIÑO-LA NIÑA EN UN LAGO DE INUNDACIÓN TROPICAL (CIÉNAGA EL LLANITO, COLOMBIA)*

Johana Alexandra Dulcey Ulloa**

Palabras clave: Ciénaga, fitoplancton, diversidad, El Niño, La Niña

Se evaluó la estructura y composición fitoplanctónica, así como las variables físicas y químicas presentes en la ciénaga El Llanito (Santander - Colombia), a partir de los datos obtenidos en cuatro muestreos realizados en el año 1998 y cinco muestreos en el año 2010. En cinco estaciones de muestreo, se realizaron arrastres horizontales con red de plancton de 23 μm de ojo de malla, evaluación de nutrientes y medición in situ de parámetros físicos y químicos; además se tomaron muestras para cuantificación de biomasa por clorofila *a* y productividad primaria. Se encontraron 229 morfoespecies, 114 en 1998 y 200 en 2010. Dentro del periodo de mayor intensidad de El Niño, se presentó alta conductividad y baja transparencia, lo que fomentó la proliferación tanto de cianobacterias filamentosas como de Mischococcales, Desmidiáles y Aulacoseriales. Las diatomeas y algas verdes no desmidias predominaron en momentos de mayor profundidad, pH y nitritos durante el periodo de mayor intensidad de La Niña. La productividad primaria presentó un comportamiento opuesto a la biomasa, con valores máximos en época de aguas bajas. En general, la estructura del ensamblaje fitoplactónico se mostró estable dentro de cada año de estudio, con algunas perturbaciones puntuales dadas por las diferencias hidroclimáticas reinantes.

* Trabajo de investigación

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Marlon Serrano.
Codirector: Victor Hugo Serrano

ABSTRACT

VARIATION OF THE BIOMASS, PRIMARY PRODUCTIVITY AND PHYTOPLANKTONIC DIVERSITY UNDER THE EFFECTS OF EL NIÑO AND LA NIÑA PHENOMENA IN A TROPICAL FLOODPLAIN LAKE (EL LLANITO SWAMP, COLOMBIA)*

Johana Alexandra Dulcey Ulloa**

Keywords: swamp, phytoplankton, diversity, El Niño, La Niña

The structure and phytoplanktonic composition, as well as physical and chemical variables were evaluated in the swamp El Llanito (Santander - Colombia). Data were collected from four samplings in 1998 and five samplings during 2010. In five sampling stations, nutrients levels and in situ physical and chemical parameters were gauged. Additionally horizontal tows with a 23 µm plankton mesh net, primary productivity, and quantification of biomass by chlorophyll *a* were made. 229 morphospecies were found, 114 in 1998 and 200 in 2010. During the period of greatest intensity of El Niño high levels of conductivity and low transparency were measured letting proliferation of filamentous cyanobacteria, Mischococcales, Desmidiiales and Aulacoseriales. In the course of the greatest intensity of La Niña, Diatoms and no desmids green algae predominated in high depth, pH and nitrite. Primary productivity showed an opposite behavior to biomass, with maximum values in low water season. In general, the phytoplanktonic assembly structure was stable within each year of the study, with some occasional disturbances given by prevailing hydroclimatic differences.

* Reaserch work

** Science Faculty. School of Biology. Director: Marlon Serrano.
Codirector: Victor Hugo Serrano

INTRODUCCIÓN

Las ciénagas se caracterizan por ser cuerpos de agua de poca profundidad y morfología variable ubicados en terrenos de baja altitud (0-1000 msnm). En Colombia existen aproximadamente 1015 ciénagas que ocupan 397 613.7 ha (Sánchez *et al.* 2010), siendo el complejo cenagoso del río Magdalena el más importante (Arias 1985). Específicamente, la ciénaga El Llanito hace parte de las ciénagas del valle del Magdalena Medio y amortigua las crecientes de los ríos Sogamoso y Magdalena (Cortes 1992).

Estos sistemas son de gran importancia ecológica, ya que proporcionan hábitats favorables para el desarrollo de diversas especies de fauna y flora, (Ramírez & Viña 1998, Contreras *et al.* 2005) y también funcionan como amortiguadores de las crecientes causadas por las fuertes lluvias, controlando las inundaciones (Arias 1985, Ramos-Ortega *et al.* 2006). Están estrechamente ligadas al régimen hidrológico de sus afluentes ya que presentan conexiones permanentes o temporales con estos, mediante uno o más caños, presentando pulsos de inundación definidos por el patrón de precipitación de la cuenca (Donato *et al.* 1996, Roldán & Ramírez 2008, Montoya & Aguirre 2009).

Estos pulsos de inundación son determinantes en la dinámica de los sistemas cenagosos (Junk *et al.* 1989) y varían naturalmente entre los años, afectando las condiciones abióticas y la diversidad, fomentando el éxito de diferentes grupos de organismos, de acuerdo a las adaptaciones propias de cada uno. (Wantzen *et al.* 2008b).

En Sur América la variación climática multianual está controlada principalmente por el fenómeno de El Niño - La Niña (Blenckner *et al.* 2007). En Colombia, este fenómeno climático influye de forma considerable sobre el recurso hídrico,

disminuyendo las precipitaciones y los caudales de los ríos durante la fase de El Niño e intensificando las precipitaciones y la ocurrencia de avalanchas e inundaciones en las planicies aluviales durante la fase de La Niña. (Poveda 2004b, Bedoya *et al.* 2010)

Estas alteraciones climáticas afectan los pulsos de inundación y la dinámica de los sistemas acuáticos influyendo en las numerosas formas de vida que existen en estos ambientes. El fitoplancton es uno de los grupos de organismos que experimenta de forma indirecta esta variación a través de cambios en los niveles del agua, la estratificación, la entrada de nutrientes, entre otros, generando que su dinámica y productividad primaria se alteren conjuntamente con las modificaciones en estas condiciones, variando las características de sus poblaciones (Gerten & Adrian 2002, Straile *et al.* 2003 en Anneville *et al.* 2004, González *et al.* 2004).

La productividad primaria es una medida que indica la tasa de incorporación del carbono inorgánico durante la fotosíntesis por parte del fitoplancton y dado que es una tasa, puede definirse como la cantidad de biomasa que se forma en un periodo específico y está determinada por la distribución de la luz y los nutrientes a lo largo del perfil vertical (Margalef 1983, Roldán & Ramírez 2008). La biomasa es la cantidad de materia viva existente por unidad de volumen y su medición es un complemento informativo al censo numérico (Ramírez 2000, Wetzel 2001).

La distribución del fitoplancton a nivel espacial, se da de una forma diferente si se analiza el eje vertical o el horizontal. En el eje vertical, se presenta heterogeneidad a gran escala por la presencia de gradientes de nutrientes y de luz, y a menor escala por pequeñas zonas generadas por la turbulencia, la cual tiene influencia de la mezcla generada por el viento y la mezcla creada por la temperatura; mientras que para el eje horizontal, se sugiere que la distribución generalmente se da en forma de parches a diferentes escalas, que van a estar más relacionadas

con los vientos y su intensidad (Tilman *et al.* 1982, Margalef 1983, Reynolds 1984).

Por otra parte, la distribución temporal del fitoplancton está determinada por ciclos individuales y por la fluctuación y la sucesión entre las especies; además esta variación también depende de factores externos como las temporadas de lluvia y sequía, junto con los vientos, disponibilidad de nutrientes y de radiación solar (Margalef 1983, Donato *et al.* 1996).

1. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la biomasa, productividad primaria y estructura y composición del fitoplancton de la ciénaga El Llanito, así como su ambiente físico y químico en dos periodos hidrológicos contrastantes asociados con el fenómeno de El Niño - La Niña.

Objetivos específicos

Determinar la biomasa, la productividad primaria y la estructura y composición del fitoplancton de la ciénaga El Llanito, así como su variación espacial y temporal, en muestreos realizados el segundo semestre de 1998 y 2010.

Evaluar las condiciones físicas y químicas de la ciénaga El Llanito a nivel espacial y temporal en muestreos realizados el segundo semestre de 1998 y 2010.

Establecer la relación entre la abundancia relativa del fitoplancton y los factores físicos y químicos de la ciénaga El Llanito en los muestreos realizados el segundo semestre de 1998 y 2010.

2. MARCO TEÓRICO

Antecedentes

En Colombia se han realizado diversos estudios acerca de la influencia del fenómeno de El Niño – La Niña sobre la hidroclimatología, evaluando su efecto sobre la dinámica de los caudales, la precipitación y la temperatura (Restrepo & Kjerfve 2000, Poveda *et al.* 2001, Poveda 2004a, Poveda 2004b, Puertas & Carvajal, 2008, Poveda *et al.* 2011) y otros enfocados en el desarrollo de métodos para la predicción de caudales bajo su influencia (Poveda *et al.*, 2002, Arenas & Carvajal 2010).

Los estudios relacionados con la influencia de este fenómeno climático sobre el fitoplancton en Colombia, se han centrado en la región del pacífico, en ecosistemas marinos, estudiando la taxonomía y abundancia fitoplanctónica y su relación con las condiciones ambientales (Peña & Pinilla 2002, Galeano & Arteaga 2010) e incluso evaluándolos como indicadores biológicos de las condiciones generadas por este fenómeno (Rojas & Ortiz 2007). Para sistemas acuáticos de agua dulce, no se han realizado estudios de este tipo a nivel nacional, aunque si existen para Europa y Norte América, que además evalúan la influencia de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) mostrando la influencia de la variación climática en las propiedades físicas de los ecosistemas, que va a repercutir en la sucesión estacional del fitoplancton y el zooplancton, entre estos trabajos tenemos de Gertein & Adrian (2002), Anneville *et al.* (2004), Markensten (2006) y Blenckner *et al.* (2007), así como el desarrollo de modelos conceptuales sobre el clima y su efecto en los lagos (Blenckner 2005).

En los lagos de planos inundables existen varios estudios que relacionan el pulso de inundación con las variaciones en la composición del fitoplancton (Huzar & Reynolds 1997, Zalocar de Domitrovic 2003, Hernández-Atilano *et al.* 2008), y de rotíferos (zooplancton) (Andrade-Sossa *et al.* 2011). Para Colombia se han realizado diversos estudios acerca de la biomasa, productividad primaria y composición de este ensamble en las ciénagas del Magdalena Medio, tales como la ciénaga Juan Esteban (Rojas 1992, Rojas 1993), la ciénaga Miramar (Rojas 1992, Prada 1995), la ciénaga Chucurí (Rojas 1993, Plata 2000), la ciénaga San Silvestre (Camargo *et al.* 1989) y la ciénaga El Llanito, que fue catalogada por Rojas (1992, 1993), Camargo *et al.* (1989) y Cortes (1992), como un sistema contaminado, con poca diversidad planctónica donde las cianofíceas son el grupo dominante y todos los géneros encontrados son indicadores de contaminación. Sin embargo ninguno de estos estudios establece relación con el fenómeno El Niño-La Niña y los pulsos de inundación.

Ciénagas

Las ciénagas son sistemas poco profundos que usualmente no sobrepasan los 5m de profundidad y se localizan sobre terrenos de baja altitud (0 a 1000msnm). Son el elemento constituyente básico del plano inundable y presentan un alto nivel de intercambio dinámico con los ríos, por tal razón sus formas y tamaños son función del nivel del agua en el sistema (Arias 1985, Ramírez & Viña 1998, Sánchez *et al.* 2010).

De acuerdo a Roldán y Ramírez (2008), estos ecosistemas presentan tres zonas ecológicas definidas:

1. Zona de aguas abiertas y de profundidad variable
2. Zonas de bahías, por lo general menos profunda

3. Zona marginal de vegetación, corresponde a la parte de la orilla ocupada generalmente por vegetación acuática.

En el Magdalena, las ciénagas deben su existencia a varias causas, una de ellas es la acción inundante del río sobre las tierras bajas adyacentes y otra es la continua acción erosiva del río, que da lugar a la formación de brazos que eventualmente se convierten en ciénagas. (Ducharme 1975, Roldán & Ramírez 2008).

Según Arias (1985), las ciénagas se pueden agrupar en 4 tipos de acuerdo a su estructura:

Tipo 1: una ciénaga simple y primaria, conectada directamente con el río.

Tipo 2: un conjunto o racimo de ciénagas, compuesto por una ciénaga primaria y una o más ciénagas secundarias conectadas directa o indirectamente con la ciénaga primaria.

Tipo 3: una ciénaga primaria conectada indirectamente con el río.

Tipo 4: una ciénaga aislada sin conexión con el río.

Por otra parte, estos sistemas cenagosos presentan una estacionalidad marcada en el ciclo anual, relacionada con los cambios en el nivel del agua del río, como producto de las precipitaciones de la cuenca, lo cual va a generar variación en su calidad química y en sus condiciones físicas y biológicas (Ducharme 1975, Donato *et al.* 1996, Ramírez & Viña 1998).

Este ciclo hidrológico está dividido en cuatro periodos según las fluctuaciones en sus niveles de agua (Pulso de inundación), relacionados con la temporada de lluvias y sequía (Arias 1985, Ramírez & Viña 1998) que son:

- Aguas en ascenso, en el que el proceso de inundación genera enturbiamiento de la ciénaga, desaparición o atenuación de los gradientes espaciales y dilución de sólidos disueltos.

- Aguas altas, donde se inicia la sedimentación de los sólidos disueltos y se da un aumento en la transparencia.
- Aguas en descenso, en el que se da salida de agua de la ciénaga hacia el río, lo que se conoce como estiaje.
- Aguas bajas, con aumento en las concentraciones de iones y de nutrientes.

La forma del pulso de inundación (longitud, frecuencia, amplitud, sincronización y predictibilidad) determina la ocurrencia, ciclo de vida y abundancia de los productores primarios, secundarios y descomponedores; además, esta forma puede cambiar entre los años afectando la diversidad como resultado de las modificaciones en el ambiente físico y químico (Junk *et al.* 1989, Wantzen *et al.* 2008b).

Fitoplancton

El fitoplancton se refiere al plancton vegetal y al ser fijadores de carbono y generadores de biomasa, en los ambientes de agua dulce juegan un papel importante, ya que producen oxígeno, consumen dióxido de carbono, son base de la cadena alimenticia y remueven nutrientes y contaminantes (Lembi 2003, Bellinger & Sigeo 2010). Este grupo de organismo está conformado por individuos representantes de los reinos procariota y eucariota y los principales grupos presentes en el agua dulce son Cyanobacteria, Euglenophycota, Chlorophyta, Bacillariophyta, Chrysophyta y Pyrrophytophyta; la mayoría de ellos son cosmopolitas a pesar de que algunos poseen requerimientos ambientales particulares para su desarrollo (Wehr & Sheath 2003, Roldán & Ramírez 2008).

Las algas fitoplanctónicas tienen diversos pigmentos que absorben la energía lumínica, pero la Clorofila *a* es el más importante y se encuentra en todas las algas, por ello ha sido ampliamente correlacionado con la biomasa en

estimaciones de biomasa y productividad del fitoplancton; la Clorofila *b* solo se encuentra en Chlorophyta y Euglenophycota y la Clorofila *c* en varios grupos de algas, pero hay otras clorofilas accesorias, con funciones desconocidas, que están restringidas a algas especializadas (Reynolds 1984, Wetzel 2001).

El tamaño del fitoplancton varía ampliamente y de acuerdo a este ha sido clasificados como picoplancton (<2 μm), nanoplancton (2–20 μm), microplancton (20–200 μm) y macroplancton (>200 μm), adicionalmente poseen una amplio rango de morfologías vegetativas incluyendo unicelulares, coloniales y filamentosas y en general no presentan capacidad de locomoción flotando en el agua y moviéndose por la turbulencia, aunque algunas presentan flagelos, vacuolas de gas, mucílago o regulan el contenido iónico celular, características importantes a nivel funcional y ecológico en términos de absorción de la luz, intercambio de solutos y gases, tasas de crecimiento y división celular, tasa de sedimentación, capacidad de movimiento y herbivoría por el zooplancton (Ramírez 2000, Wetzel 2001, Wehr & Sheath, 2003, Bellinger & Sigeo 2010).

El fitoplancton es de gran importancia a la hora de evaluar las condiciones ambientales de los sistemas acuáticos por su gran sensibilidad (Seeligmann *et al.* 2001, Stevenson & Smol 2003) ya que responden a las fluctuaciones en las variables físicas y químicas de su entorno, modificando las características de sus poblaciones como resultado de un equilibrio entre las ganancias y las pérdidas de los organismos que tienen las adaptaciones necesarias para sobrevivir en el medio ambiente (Gonzales *et al.* 2004, Alvarez-Gongora & Herrera-Silveira, 2006).

Aquí, la sedimentación, herbivoría, luz, mezcla, temperatura, CO₂ y nutrientes comienzan a distinguir entre los atributos de las especies de fitoplancton, favoreciendo los mejor adaptados para hacer frente al entorno particular. De esta forma, la estructura de la comunidad, la biomasa y la productividad primaria, están controladas por una tensión entre fuerzas externas abióticas (físicas y químicas) y

fuerzas internas bióticas relacionadas con sus interacciones con el resto de la red trófica (Melack, 1979, Tilman *et al.* 1982, Anneville *et al.* 2004, Lewis & Wurtsbaugh 2008)

Estas fluctuaciones ambientales van a influir en los patrones de distribución y heterogeneidad espacial y temporal del fitoplancton. A nivel espacial, en el plano vertical la distribución está relacionada con el establecimiento de estratificación térmica, la turbulencia, los gradientes de penetración de la luz y de disponibilidad de nutrientes; en el plano horizontal la distribución se ve muy afectada por la velocidad, intensidad y dirección del viento, la entrada y salida de agua, la proximidad con la zona litoral y la morfometría del cuerpo de agua; la variación temporal, por su parte, abarca cambios en el ambiente físico y químico del cuerpo de agua y en los ritmos individuales, fluctuación y sucesión de las diversas especies; además se puede medir a escalas temporales pequeñas (semanas, meses, días) (Margalef 1983, Reynolds 1984, Wetzel 2001).

Fenómeno El Niño-La Niña

Este fenómeno con sus dos fases, también es conocido como El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) y es el conjunto más poderoso de variaciones atmosféricas y oceánicas en la región del Océano Pacífico ecuatorial. Se manifiesta con variaciones anómalas de la presión atmosférica (Oscilación del Sur) y de la temperatura en la superficie del mar (El Niño - fase cálida o La Niña-fase fría) en el Océano Pacífico (Puertas & Carvajal 2008, Bedoya *et al.* 2010).

La magnitud de los cambios en los balances de agua y energía globales que ocurren durante las dos fases del El Niño/Oscilación del Sur (ENSO), ocasiona fuertes perturbaciones hidroclimáticas, particularmente en los cinturones tropicales y subtropicales de la tierra (Poveda 2004, Blenckner *et al.* 2007, Bedoya *et al.*

2010), favoreciendo e intensificando el desarrollo de precipitaciones torrenciales, generando crecidas, inundaciones, avalanchas, tormentas y ciclones tropicales, así como sequías, con efectos catastróficos en más de la mitad de la circunferencia terrestre (Puertas & Carvajal 2008).

La fase de El Niño consiste en un calentamiento de las aguas superficiales del Pacífico tropical oriental por el debilitamiento de los vientos alisios, desplazando las aguas cálidas desde el sector occidental y generando una disminución del afloramiento de aguas frías (surgencia), aumento en el nivel del mar y profundización de la termoclina en el sector oriental, esta fase puede durar en promedio doce meses, con una recurrencia de 2 a 7 años; la fase de La Niña se refiere a las condiciones frías extremas en el sector central y oriental del Pacífico tropical, que se dan por un fortalecimiento de los vientos Alisios que intensifican la surgencia y disminuyen el nivel del mar y la profundidad de la termoclina en el sector oriental, además desplazan aguas frías hacia el occidente, cubriendo el sector oriental y central del Pacífico tropical, esta fase puede durar en promedio 12 meses y se presenta una o dos veces por década. (Leyva 1998, Bedoya *et al.* 2010, IDEAM 2005)

Estas dos fases extremas no se pueden encasillar bajo un patrón común de comportamiento, sus características específicas difieren de uno a otro evento, igual que la magnitud de sus efectos e impactos. Sin embargo la información obtenida sobre el tema, permite identificar cuatro fases generales, en el desarrollo de estos eventos: inicio, desarrollo, madurez y debilitamiento o retorno a la normalidad (Leyva 1998, IDEAM 2005).

Para Colombia, el fenómeno de El Niño – La Niña es el más importante asociado con su hidroclimatología a escala interanual; la magnitud de su efecto climático y del impacto producido en las actividades humanas depende de la época del año en que se presenta la fase extrema del fenómeno (por la estacionalidad o el ciclo

anual de las variables físicas) y de la vulnerabilidad de las regiones y de los sectores socioeconómicos nacionales afectados (Poveda *et al.* 2001, IDEAM 2005). De esta forma, el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) incrementa las anomalías hidrológicas estacionales esperadas, donde El Niño genera que los periodos secos sean más secos de lo normal y más prolongados y La Niña aumenta la humedad de los periodos húmedos (Poveda *et al.* 2001). El efecto sobre el recurso hídrico es más crítico para el trimestre diciembre-enero-febrero, cuando se presentan eventos de El Niño, y para el trimestre septiembre-octubre-noviembre, cuando se da La Niña, aunque el impacto de este último también es considerable en el trimestre marzo-abril-mayo (Bedoya *et al.* 2010).

En general, en Colombia el efecto de El Niño representa menor precipitación, disminución en los caudales medios mensuales de los ríos y un incremento en las temperaturas medias del aire, disminuyendo la oferta hídrica; durante La Niña ocurren anomalías contrarias, con eventos de precipitación muy intensos, crecidas de ríos, avalanchas e inundaciones de planicies aluviales, aumentando la oferta hídrica; estos efectos son más fuertes e inmediatos en el occidente y centro del país (Poveda *et al.* 2001, Poveda 2004, IDEAM 2005). A través de los años, este fenómeno tiene mayor intensidad en sus efectos sobre el recurso hídrico en el territorio nacional, suscitando enormes riesgos a los sectores sociales y económicos debido a la intensidad de los eventos que se vienen presentando, por ello la variabilidad climática debe ser incluida en la ordenación y planificación del territorio (Bedoya *et al.* 2010).

Dado que se hace evidente que existe un efecto importante del Fenómeno climático El Niño–La Niña en la dinámica hidrológica del país y conociendo que los principales estudios que relacionan este fenómeno con el fitoplancton fueron hechos en sistemas marinos, surge la necesidad de ver cómo se comporta el fitoplancton en sistemas de agua dulce, en este caso la ciénaga El Llanito, bajo la influencia de dicho fenómeno, evaluando concretamente aspectos tales como la

biomasa, productividad primaria y composición del fitoplancton, así como su variación espacial y temporal junto con la relación existente entre su abundancia relativa y el ambiente físico y químico observado en el segundo semestre de 1998 y 2010, que fueron dos periodos hidrológicos contrastantes asociados con el fenómeno de El Niño-La Niña.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Ciénaga El Llanito se encuentra ubicada entre $7^{\circ}08'57.68''$ y $71^{\circ}11'30.44''$ latitud norte y entre $73^{\circ}50'32.79''$ y $73^{\circ}52'14.86''$ longitud oeste, en una depresión inundable hacia la margen derecha del río Magdalena y la confluencia del río Sogamoso, en el corregimiento El Llanito, municipio de Barrancabermeja (Figura1). Posee un área de 280 ha aproximadamente y una profundidad media de 1,4 m (Cortes 1992, CCI 2008). Sus principales afluentes son los caños Jeringas y El Llanito y el drenaje principal es el caño El Deseo, que vierte sus aguas al río Sogamoso (Gavilán-Díaz 2000).

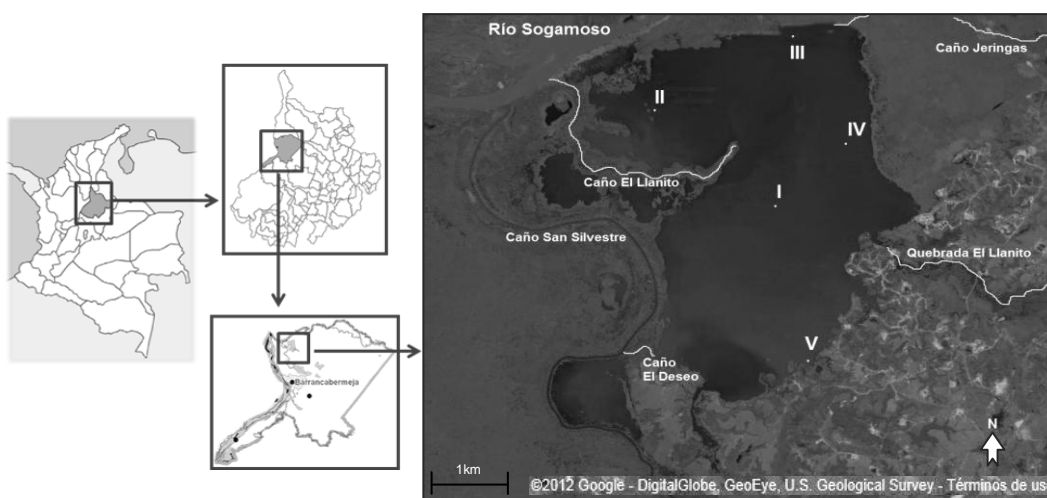


Figura 1. Ciénaga El Llanito y estaciones de muestreo.

Este sistema, cuenta con un centro poblado de mayor extensión y conformación poblacional, en relación a las demás ciénagas del Magdalena Medio

Santandereano; el bosque primario y la vegetación remanente es escasa; algunos rastrojos son usados en quemas para ampliar el área útil para agricultura y ganadería (Contreras *et al.* 2005, CCI 2008). La pesca es la actividad principal y es el sitio más productivo del Magdalena Medio geográfico (CCI 2008). En la vegetación acuática predominan los cinturones de macrófitas y de acuerdo con observaciones de campo, las más frecuentes son *Eichhornia crassipes*, *Ludwigia helminthorrhiza* y *Salvinia auriculata*.

3.2 MUESTREO, CUANTIFICACIÓN DEL FITOPLANCTON Y ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron muestras tomadas en 1998 y 2010 que están depositadas en la Colección del Laboratorio de Protistas y Plancton de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Las muestras colectadas en el año 1998 se muestrearon entre enero de 1998 y enero de 1999 y fueron tomadas con intervalos mensuales en ocho estaciones de muestreo (Gavilán-Díaz 2000) pero en este estudio se utilizaron sólo las correspondientes al periodo de agosto a noviembre de dicho año. Las muestras del año 2010, se obtuvieron durante los meses de Junio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre, en cinco de las ocho estaciones muestreadas en 1998. La estación I estuvo ubicada en el centro de la ciénaga, la II se encontraba cerca a un efluente (Caño El Llanito), la III estuvo junto a uno de los afluentes principales (Caño Jeringas), la IV y V eran estaciones cercanas a infraestructura petrolera (Figura 1).

Con el fin de poder comparar las muestras de los dos periodos mencionados, se realizaron los procedimientos de muestreo y análisis del año 2010 aplicando las mismas técnicas usadas en el año 1998.

De esta forma en cada estación se realizaron perfiles verticales con una sonda multiparámetro YSI-556, registrando el oxígeno disuelto (mg/L) y la temperatura (°C), tomando los datos desde la superficie hasta el fondo de la columna de agua, cada 10cm hasta alcanzar los 50cm y de ahí en adelante cada 50cm hasta llegar al fondo. La transparencia del agua se midió utilizando el disco Secchi y la profundidad de la capa eufótica se estimó utilizando la constante 2.7 (Margalef 1983).

Para la caracterización de los parámetros físicos y químicos restantes (nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno Kjeldahl, fósforo total, fósforo disuelto, alcalinidad, conductividad, turbiedad, cloruros, dureza total, pH y grasas y aceites), se tomaron muestras puntuales de agua en cada una de las estaciones, siendo analizadas en el laboratorio de Aguas y Suelos del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), siguiendo los protocolos específicos para cada caso, basados en las técnicas del Standard Methods (APHA, AWWA & WEF 2005). En 1998 se evaluaron los nitratos, nitritos, fósforo disuelto, sílice soluble, conductividad, turbiedad y alcalinidad (Gavilán-Díaz 2000).

La productividad primaria se evaluó en la estación I mediante el método de botellas claras y oscuras (Wetzel & Likens 2000) incubándolas en tres profundidades (superficie, mitad de la capa eufótica y límite de la capa eufótica) por un tiempo de dos horas, y posteriormente se realizó la cuantificación del oxígeno con el método de Winkler. Los cálculos de productividad primaria bruta, neta y respiración, se realizaron con las ecuaciones de Wetzel & Likens (2000). El cálculo de la producción integral por metro cuadrado ($\text{mgC m}^{-2}\text{h}^{-1}$) se realizó mediante la integración numérica de los datos empleando la regla trapezoidal y los resultados se extrapolaron a $\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$.

Para la estimación de la biomasa fitoplanctónica, se tomaron en cada estación muestras de 1000 mL en botellas ámbar; posterior a la filtración, fueron enviadas

para su análisis al laboratorio de Biotecnología del ICP, para su cuantificación por el método tricromático (APHA, AWWA & WEF 2005).

En el muestreo del fitoplancton, se realizaron arrastres horizontales superficiales de dos minutos con una red de plancton de 23 μm de ojo de malla en cada estación y posteriormente se preservaron con solución Transeau en proporción 1:1

Las determinaciones taxonómicas y conteos se realizaron en un microscopio Olympus CX31 en 40X y 10X de aumento, utilizando claves específicas para cada grupo, entre otras, Huber-Pestalozzi (1955), Parra *et al.* (1982), Huber-Pestalozzi *et al.* (1983), Komárek (1983), Parra *et al.* (1983), Tell & Conforti (1986), Croasdale *et al.* (1994), Cox (1996), González (1996), Zalocar de Domitrovic & Maidana (1997), Komárek & Anagnostidis (1999), Komárek & Anagnostidis (2005) y Bicudo & Menezes (2006). Los conteos se realizaron utilizando una cámara Sedgewick Rafter, mediante la elección de campos visuales aleatorios hasta encontrar la asíntota en la curva de acumulación de especies, por ello el número de campos a contar se determinó para cada muestra. El cálculo del porcentaje de individuos de cada morfoespecie (abundancia relativa) se hizo con la ecuación $\%=(x_i/N)*100$, donde, x_i = número de individuos de la morfoespecie i ; N = número total de individuos de todas las morfoespecies.

3.3 PROCESO PARA ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos ambientales fueron suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), provenientes de la estación limnimétrica Peñas Blancas, municipio de Yondó y de la estación sinóptica principal Aeropuerto Yariguíes, municipio de Barrancabermeja. Los datos de biomasa, productividad primaria y variables físicas y químicas de las muestras

tomadas en 1998, fueron proporcionados por la Doctora Rosa Aura Gavilán (Gavilán-Díaz 2000).

Inicialmente, se realizó el análisis descriptivo de la composición fitoplanctónica, biomasa y productividad primaria, igualmente de las variables físicas, químicas, ambientales y de los perfiles de temperatura y oxígeno disuelto. Adicionalmente, se efectuó una prueba de t para evaluar diferencias en las medias de las temperaturas de superficie y fondo de cada perfil realizado y se hizo el cálculo de la relación Zona Eufótica /Zona de mezcla (Z_{eu}/Z_{mix}), en donde, la capa de mezcla corresponde al límite inferior del epilimnio y la zona eufótica, profundidad a la cual presenta el 1% de la radiación incidente; calculada como se explicó anteriormente.

Los patrones físicos y químicos de la ciénaga, así como los parámetros más importantes, se determinaron mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP), previa transformación Box Cox con Statistica v.7.0 (Statsoft 2004).

Los patrones de distribución del fitoplancton en los periodos evaluados se establecieron mediante un Análisis Multidimensional no-métrico (nMDS) y para determinar la existencia de diferencias en los patrones observados en las estaciones de muestreo y los muestreos de cada año, se hizo una análisis de similitud de una vía (one-way ANOSIM) con el software PRIMER v.5.1.2 (Clarke 1993), previa transformación con Arco Seno (Zar 1999) y sin tener en cuenta las especies únicas y duplicadas cuya abundancia en todo el estudio fuese inferior al 5%.

Para el análisis de la estructura del fitoplancton, se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (1949), riqueza de Margalef (1951) y equitatividad de Pielou (1966), a partir de los datos de abundancias absolutas, y así evaluar la estabilidad de estos organismos en los periodos muestreados.

Para establecer las relaciones existentes entre la abundancia relativa del fitoplancton y las variables ambientales y resaltar las variables mas importantes como determinantes de la composición fitoplanctónica registrada, se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) usando el software CANOCO 4.5 (Ter-Braak & Smilauer 1997), teniendo en cuenta sólo las variables significativas mediante el test de permutaciones de Monte Carlo (2000 permutaciones). La matriz de especies se utilizó a nivel de órdenes, con los datos de abundancia relativa transformados con Arco Seno (Zar 1999).

4. RESULTADOS

4.1 DINÁMICA AMBIENTAL E HIDROLÓGICA

De acuerdo con los valores multianuales del nivel del río Magdalena (Figura.2), en el ciclo hidrológico de la cuenca, los meses de febrero y agosto correspondieron a aguas bajas; marzo-abril y septiembre-octubre, a aguas en ascenso; mayo y noviembre, a aguas altas y junio-julio y diciembre-enero, a aguas en descenso. En el segundo semestre del año, los niveles del 2010 se mantuvieron siempre por encima de los registrados en 1998 e incluso de los valores máximos multianuales.

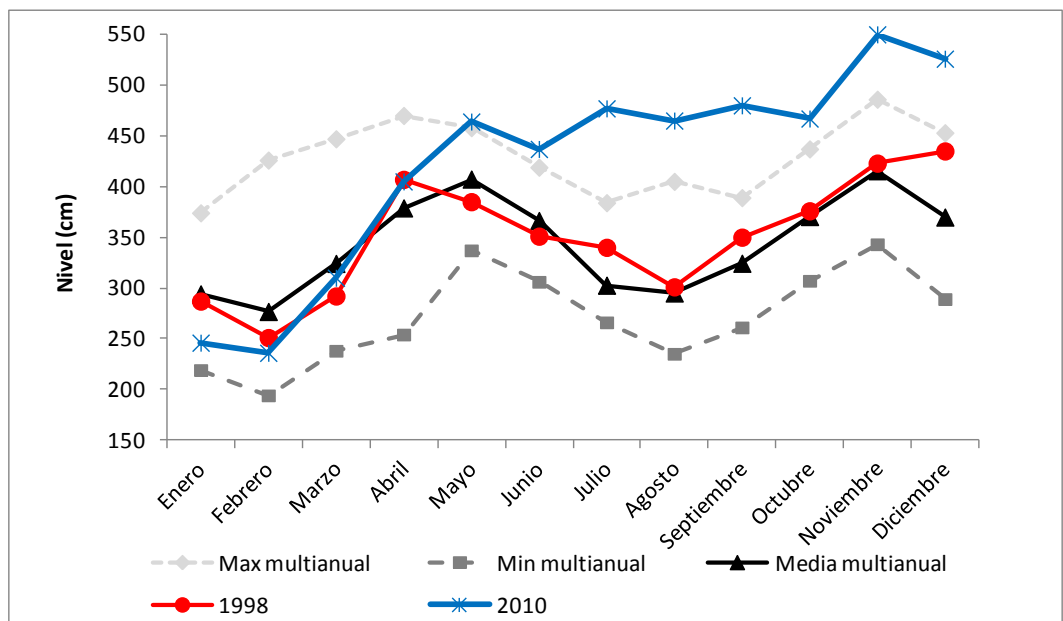


Figura 2. Valores totales mensuales (1998 y 2010) y valores medios, máximos (Max) y mínimos (Min) mensuales multianuales (1991-1995, 1999-2009) del nivel del Río Magdalena a la altura del municipio de Yondó (Base de datos IDEAM).

El promedio de precipitación para el año 2010 fue el más alto en los últimos 21 años (398mm), cuyos valores, a partir del mes de mayo, se mantuvieron por encima de la media multianual y de la precipitación de 1998 (promedio anual 246mm) (Figura 3).

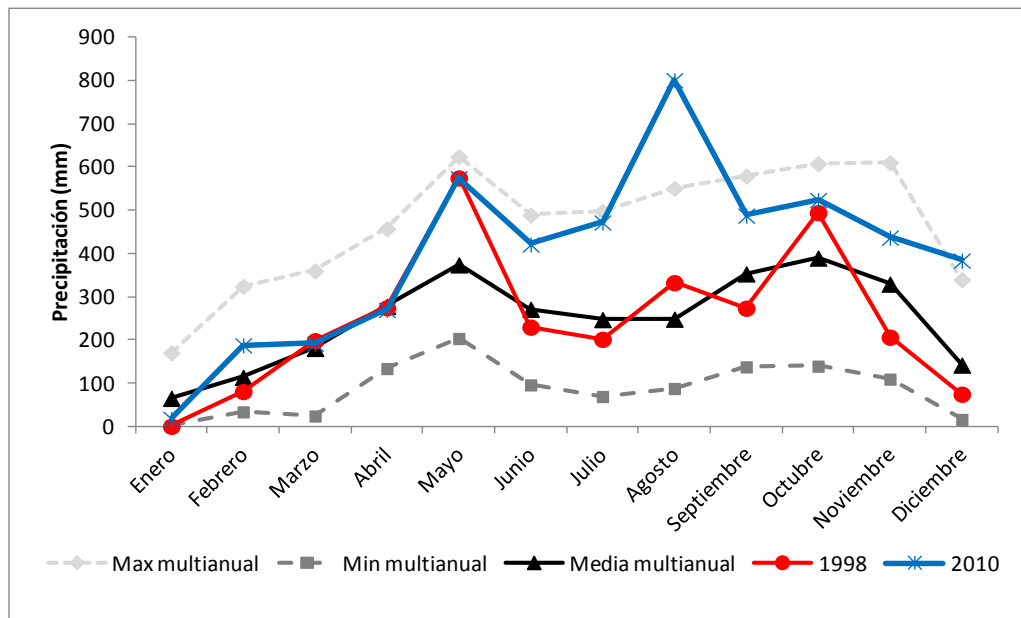


Figura 3. Valores totales mensuales (1998 y 2010) y valores medios, máximos (Max) y mínimos (Min) mensuales multianuales (1991-1997, 1999-2009) de la precipitación en el municipio de Barrancabermeja (Base de datos IDEAM).

En lo referente al nivel de la ciénaga, en el segundo periodo de 1998 se observó una relación directa entre la transparencia y la profundidad (Figura 4A), mientras que en el segundo periodo del 2010, cuyos valores de profundidad fueron superiores a los de 1998, se presentó una relación inversa (Figura 4B).

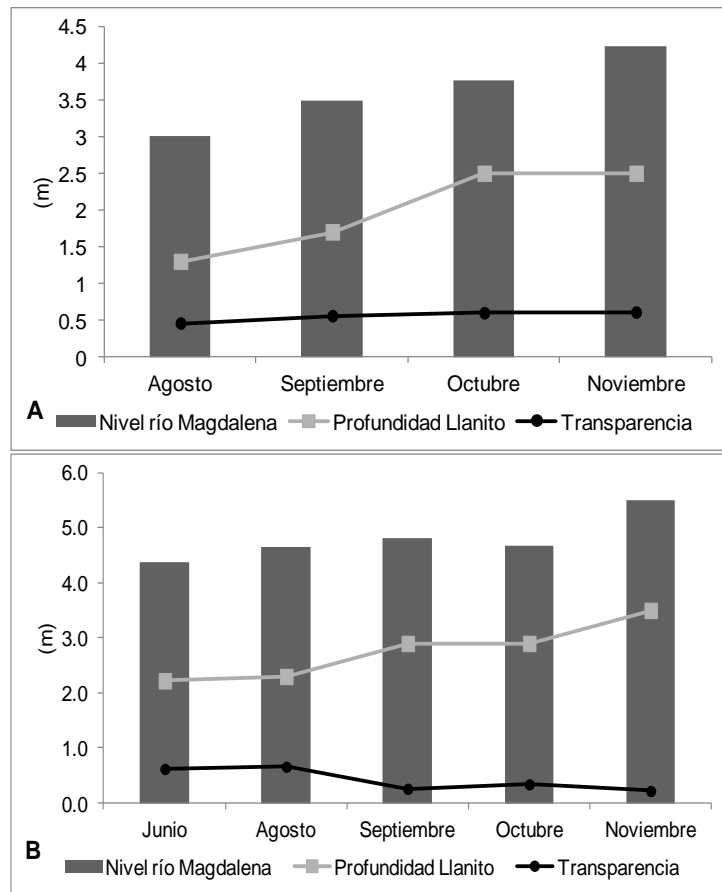


Figura 4. Variación temporal de profundidad (m) y transparencia (m) de la ciénaga El Llanito en la estación I y nivel del río Magdalena (m). A, 1998. B, 2010.

Tanto para 1998 como 2010, octubre fue el mes más cálido, con temperaturas del aire que alcanzaron los 40.7°C en 1998 y de 31.3°C en 2010; mientras que los meses menos calurosos fueron disímiles entre los dos años, 29°C en noviembre de 1998 y 27.4°C en junio de 2010.

4.2 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

En general, para la mayoría de las variables físicas y químicas, el coeficiente de variación fue mayor para los muestreos de 2010 (Tabla 1). El promedio de conductividad en 1998 fue superior al registrado en el 2010, aunque con una menor variación. Los valores de fósforo disuelto y nitratos en 1998, fueron superiores a los registrados en 2010, mientras que en este último año los nitritos fueron mayores, así como la turbiedad.

Tabla 1. Resumen estadístico de variables físicas y químicas de la ciénaga El Llanito, para muestreos realizados en los años 1998 y 2010. *Promedio ± Desv.Estandar(N) C.V. (coeficiente de variación). Sin datos (-).*

Parámetro	1998	2010
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	37.63 ± 15.72 (20) 0.42	32.68 ± 15.56 (25) 0.48
Cloruros (mg/L)	-	2.17 ± 0.82 (25) 0.38
Conductividad (µS/cm)	120.68 ± 20.09 (20) 0.17	81.42 ± 31.64 (25) 0.39
D.Q.O. (mg/L O ₂)	21.50 ± 15.75 (20) 0.73	-
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	-	40.45 ± 21.41 (25) 0.53
Fósforo disuelto (mg P/L)	1.27 ± 3.76 (20) 2.97	0.02 ± 0.01 (25) 0.48
Fósforo total (mg P/L)	-	0.05 ± 0.03 (25) 0.53
Grasas y aceites (mg/L)	-	1.34 ± 0.52 (25) 0.39
Nitratos (mg NO ₃ -N/L)	0.93 ± 0.75(20) 0.81	0.16 ± 0.66 (25) 4.20
Nitritos (mg NO ₂ -N/L)	0.015 ± 0.011 (20) 0.73	0.03 ± 0.05 (25) 1.56
Nitrógeno amoniacal (mg NH ₃ -N/L)	-	0.50 ± 0.04 (25) 0.07
Nitrógeno Kjeldahl (mg N/L)	-	1.08 ± 0.21 (25) 0.19
O.D. (mg/L)	5.73 ± 1.39 (20) 0.24	5.39 ± 1.69 (25) 0.31
pH	6.78 ± 0.25 (20) 0.04	6.98 ± 0.34 (25) 0.05
Profundidad (m)	1.72 ± 0.52 (20) 0.31	2.42 ± 0.53 (25) 0.22
Silica Reativa (mg/L)	1.67 ± 2.17 (20) 1.3	-
Transparencia (m)	0.57 ± 0.16 (20) 0.27	0.38 ± 0.16 (25) 0.41
Turbiedad (NTU)	24.54 ± 16.75 (20) 0.68	42.80 ± 27.59 (25) 0.64

Con respecto a la estabilidad térmica de la ciénaga, la temperatura en el 2010 presentó diferencias significativas entre superficie-fondo ($t=4.86$, $p<0.05$), mientras que en 1998 no fueron evidentes ($t=1.67$ $p>0.05$). De acuerdo con los perfiles de O.D, en 1998 se presentaron muy pocos eventos de anoxia mientras que en el año 2010, se observó en todas las estaciones en los meses de mayor profundidad (octubre y noviembre).

La relación Z_{eu}/Z_{mix} (Tabla 2) mostró que en la mayoría de los muestreos realizados hay más luz que disponibilidad de nutrientes en la zona de mezcla, particularmente en los meses de octubre para 1998 y en agosto para el 2010.

Tabla 2. Valores de clorofila *a* (mg/m^3), productividad primaria neta (PPN), respiración (RESP), zona eufótica (Z_{eu}) / zona de mezcla (Z_{mix}), para muestreos realizados en 1998 y 2010. (-) sin dato.

	Año	Estación	Muestreo				
			Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Clorofila <i>a</i> (mg/m^3)	1998	I	-	5.2	-	11.9	9.4
		I	19.9	17.5	16.8	19.0	23.9
	2010	II	5.1	9.4	2.9	9.5	13.0
		III	7.7	19.4	14.2	9.0	6.3
		IV	7.5	10.5	11.1	14.7	23.4
		V	7.0	10.9	12.0	28.1	19.8
PPN ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	1998	I	-	2982	724	68	-
	2010	I	4528	1481	1255	992	1115
RESP ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	1998	I	-	2602	176	322	-
	2010	I	992	1652	1221	1397	440
Z_{eu}/Z_{mix}	1998	I	-	1.24	5.4	3.04	3.04
		II	-	3.69	3.02	7.56	4.32
		III	-	4.5	3.6	16.2	20.79
		IV	-	4.5	3.44	4.05	0.66
		V	-	0.91	1.59	1.42	2.78
	2010	I	1.67	0.84	0.99	1.73	0.77
		II	17.82	7.83	5.31	5.47	1.13
		III	2.34	2.88	0.44	0.42	1.8
		IV	3.04	4.32	3.48	1.04	1.32
		V	1.45	2.57	1.49	1.94	1.57

El análisis de componentes principales (ACP) explicó el 62% de la varianza en los primeros tres componentes. El primer componente estuvo relacionado de manera positiva con los nitratos y la transparencia y negativamente con la turbiedad y la profundidad, el segundo componente fue definido por el pH y la alcalinidad; por último, el tercer componente estuvo determinado por el oxígeno disuelto (Figura 5).

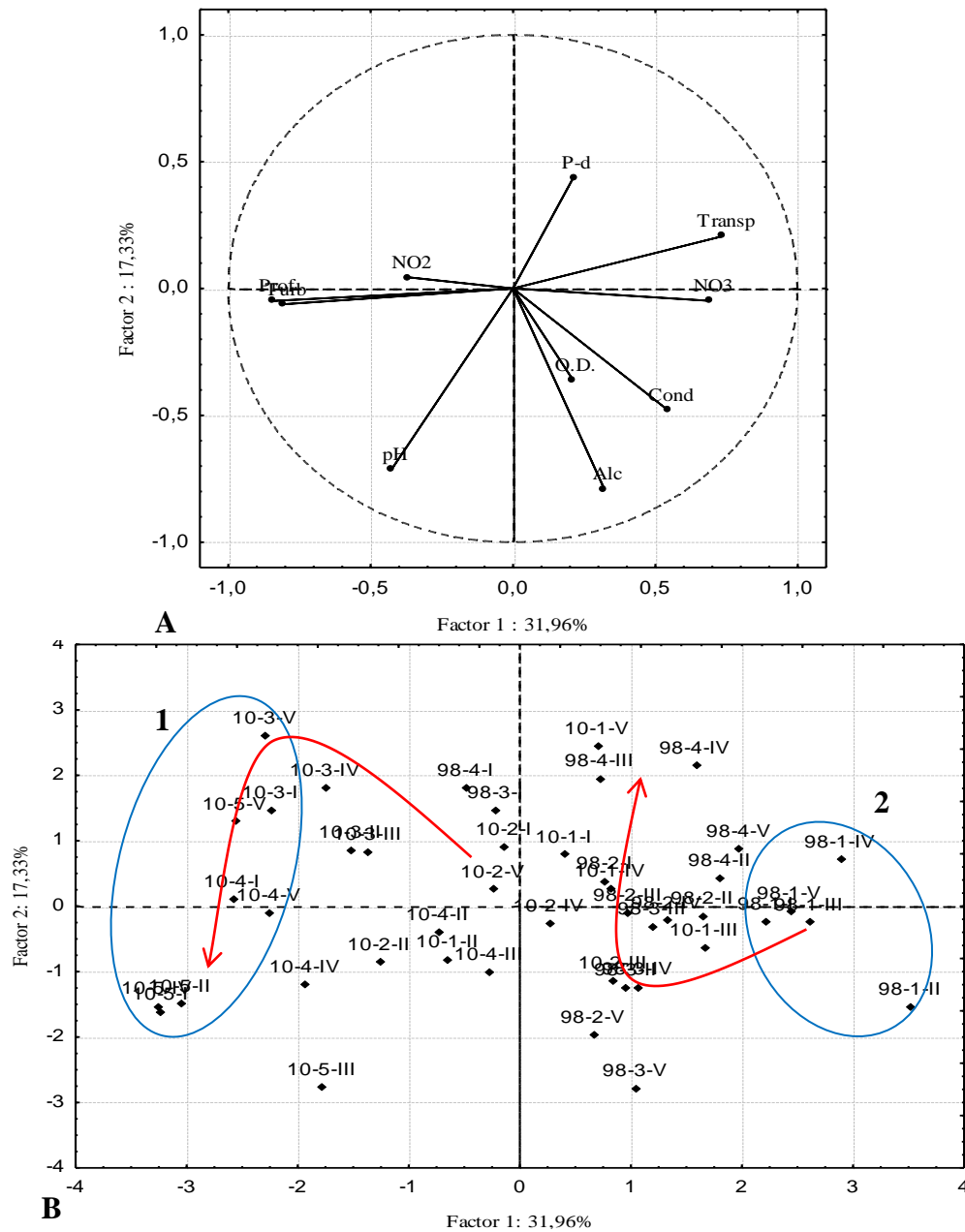


Figura 5. Análisis de componentes principales (ACP). A, variables físicas y químicas de 1998 y 2010. B, posición de las muestras en el espacio dimensionado por los dos primeros componentes. Las flechas indican el gradiente dado por la variación del ciclo hidrológico de cada año, partiendo desde aguas bajas y terminando en aguas altas.

La distribución de las muestras en los dos primeros componentes, mostró una clara diferenciación entre los dos años de estudio (1998 y 2010), separados especialmente por las variables relacionadas con el pulso de inundación (profundidad, turbiedad y transparencia). Además se pudieron observar dos grupos, el primero incluyó sólo estaciones del 2010, de los muestreos de septiembre, octubre y noviembre, periodos de aguas en ascenso y aguas altas. El segundo grupo fue conformado por las estaciones de agosto de 1998, época de aguas bajas. En general, tanto en 1998 y 2010 se observó una clara distribución de los muestreos relacionados con el ciclo hidrológico, observándose un patrón desde los de aguas bajas hacia los de aguas altas.

4.3 COMPOSICIÓN, DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DEL FITOPLANCTON

Se determinaron en total 229 morfoespecies para los dos periodos estudiados (Anexo 1); las divisiones en su orden de abundancia relativa correspondieron a Euglenophycota, Chlorophyta, Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chrysophyta, Pyrrophytophyta y Xanthophyta. En los muestreos realizados en 1998, se encontraron 114 morfoespecies, en su mayoría pertenecientes a Euglenophycota (58%), seguida de Cyanobacteria (19.5%). Para los muestreos realizados en 2010, el número de especies fue mayor (200), con 68% pertenecientes a Euglenophycota, seguido de Chlorophyta (13.4%).

La relación de los grandes grupos se mantuvo relativamente constante en todos los meses para el año 1998, con algunas variaciones, siendo el mes de octubre el de mayor predominio de Euglenophycota y los meses de septiembre y noviembre los de menor abundancia relativa junto con un aumento en la abundancia relativa de Cyanobacteria (Figura 6A). En el 2010 el patrón temporal en la composición a nivel de grandes grupos varió, particularmente, en el muestreo de agosto, cuando se presentó un predominio de Bacillariophyta (Figura 6B).

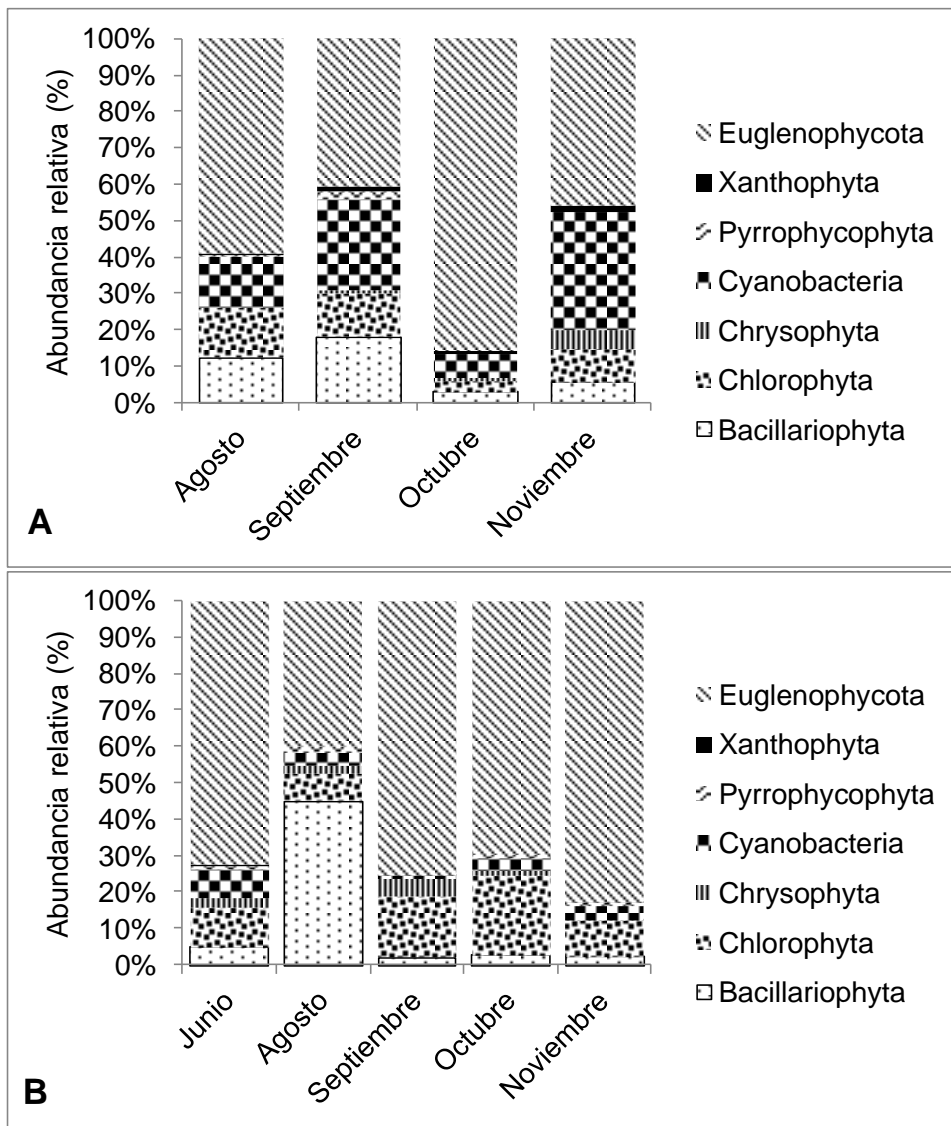


Figura 6. Variación temporal de la abundancia relativa (%) promedio por división para cada muestreo. A 1998. B. 2010.

A nivel espacial, en los muestreos realizados en 1998 (Figura 7A), Euglenophycota fue la más abundante en todas las estaciones, además se observó un aumento de la abundancia relativa de Cyanobacteria en las estaciones I (33%) y II (31%).

En los muestreos del año 2010 (Figura 7B), Euglenophycota también fue la más abundante en todas las estaciones, pero a diferencia de 1998, Cyanobacteria no estuvo muy representada; Bacillariophyta predominó en las estaciones II y V (15% cada una), mientras que Chloophyta fue más abundante en las estaciones I (17%) y II (18%).

Las divisiones Chrysophyta, Pyrrophytophyta y Xanthophyta fueron poco frecuentes en los dos años.

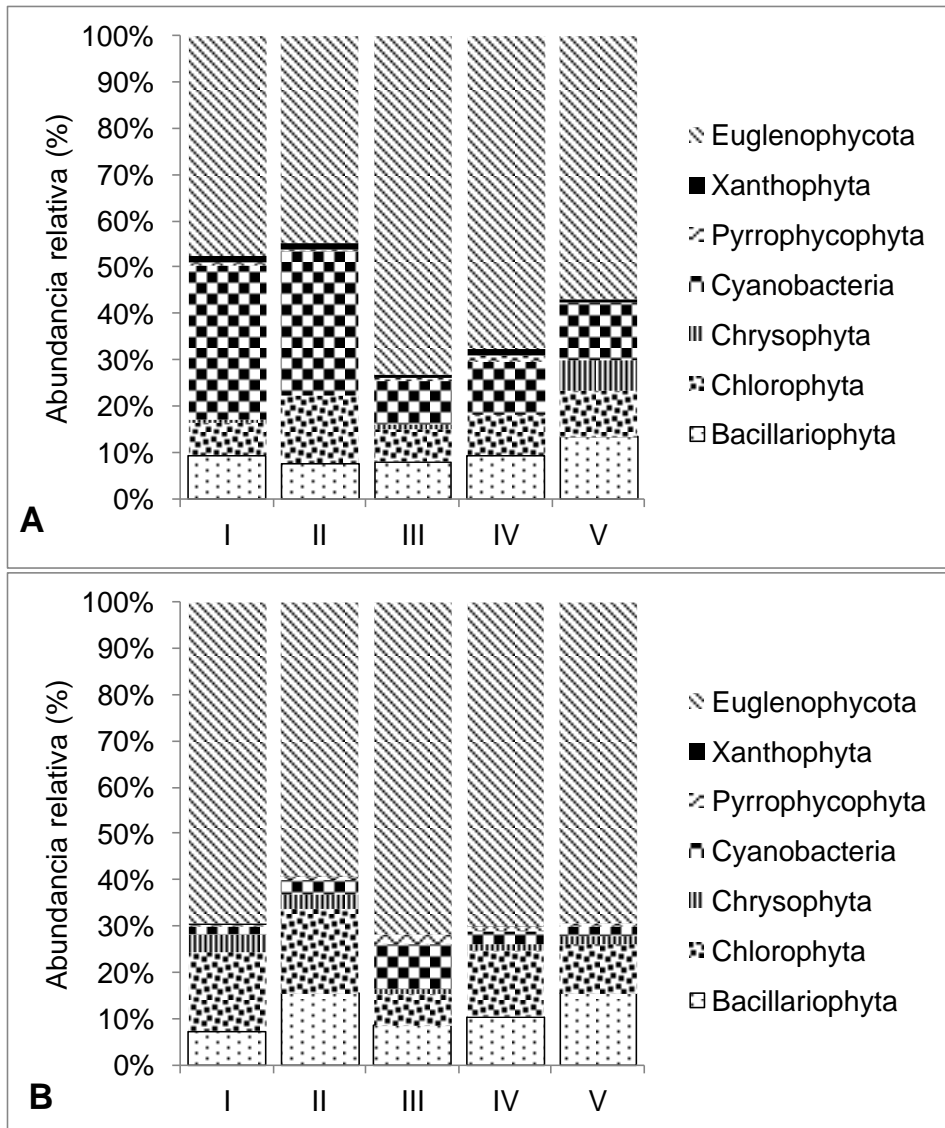


Figura 7. Variación espacial de la abundancia relativa (%) promedio por división. A, 1998. B, 2010.

En general, tanto la diversidad como la riqueza de especies fueron superiores en los muestreos realizados en 2010, exceptuando el mes de agosto; por el contrario la equidad fue mayor en los muestreos del año 1998 (Figura 8A).

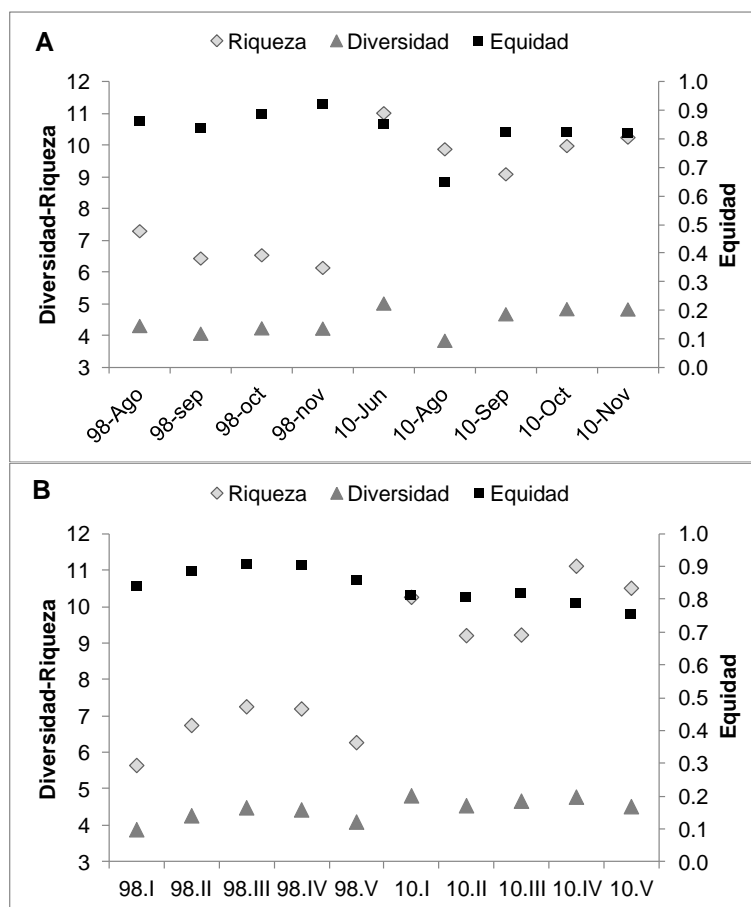


Figura 8. Índices ecológicos (Margalef, Shannon y Pielou) del fitoplancton de la ciénaga El Llanito (1998 y 2010). A. Promedio para muestreos. B. Promedio para estaciones.

A nivel temporal, los valores más altos de diversidad y riqueza se registraron en época de aguas bajas y la mayor equidad, en época de aguas altas. A nivel espacial, en 1998 las estaciones III y IV obtuvieron los mayores valores de riqueza y diversidad, mientras que en el 2010 se observaron en las estaciones I y IV (Figura 8B).

En el análisis de escalamiento multidimensional (N-MDS) (Figura 9), se observa una buena separación de los grupos (stress de 0.14), tanto a nivel espacial como temporal, con una separación muy evidente entre 1998 y 2010.

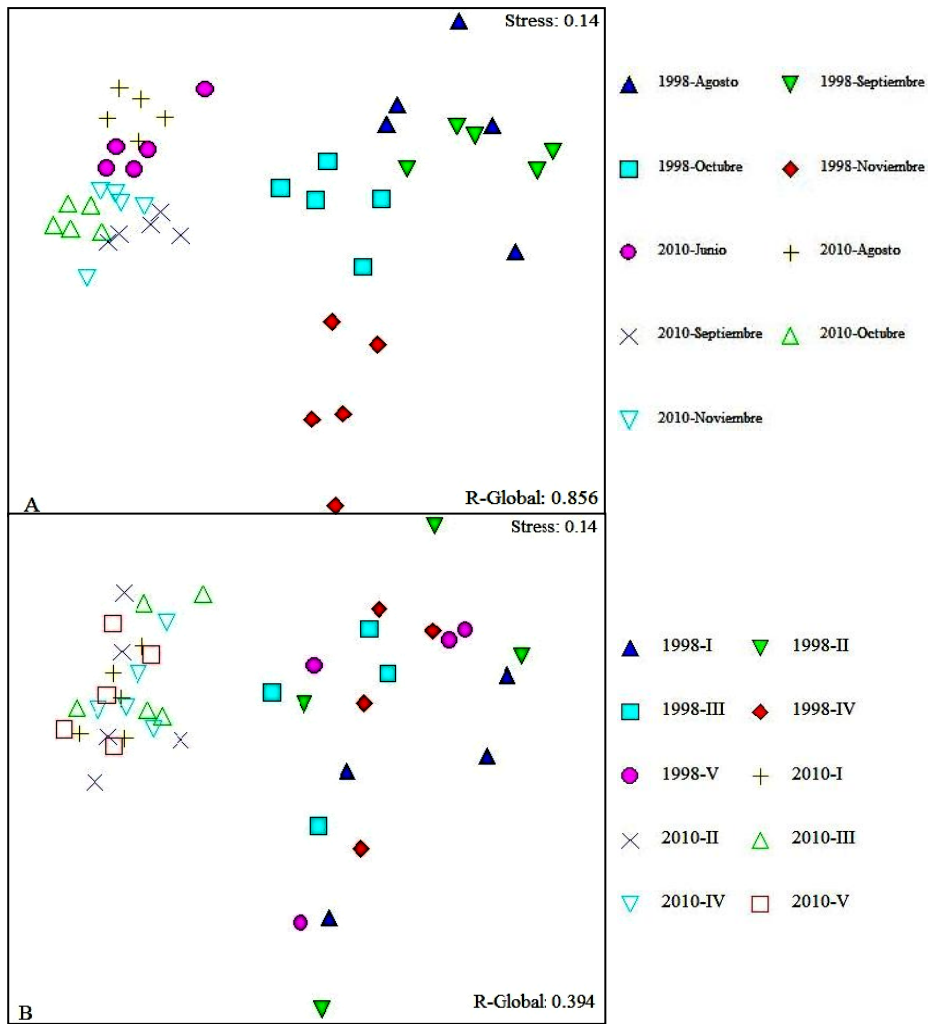


Figura 9. N-MDS de la similitud de muestras con respecto a la composición y abundancia relativa de las especies fitoplanctónicas encontradas en la ciénaga El Llanito. A, Similitud entre los muestreos de 1998 y 2010. B, Similitud entre las estaciones en 1998 y 2010. ANOSIM mostrando el estadístico R-global para el análisis entre muestreos y entre estaciones.

Según el N-MDS, a nivel temporal se observaron agrupaciones claras entre cada uno de los muestreos en ambos años. El muestreo de noviembre de 1998 y el de agosto del 2010, fueron los menos similares a los demás muestreos en cada año (Figura 9A). A nivel espacial no se observó ningún patrón asociando las diferentes

estaciones de muestreo en ninguno de los dos años de estudio, mostrando una homogeneidad en la composición y abundancia de las especies encontradas (Figura 9B).

El R-global de 0.856 ($P=0.001$) para los grupos por muestreo y un R-global de 0.394 ($P=0.001$) para los grupos por estación arrojados por el ANOSIM, mostraron que existe una menor segregación de los grupos por estación que por muestreo, corroborando los resultados obtenidos por el análisis de N-MDS.

4.4 BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

Los valores de clorofila *a* para la ciénaga El Llanito se encontraron en el rango de 2.9 a 28.1 mg/m³ (Tabla 2), registrando valores superiores en la estación I del 2010 con respecto a la estación I de 1998. Por otra parte, para el año 1998, en la estación I, se observó el mayor valor en el mes de octubre (11.9 mg/m³). Para el año 2010, en la mayoría de los muestreos los valores más altos se observaron en la estación I, siendo el más alto en noviembre (23.9 mg/m³) y el más bajo en septiembre (16.8 mg/m³); en octubre, la mayor biomasa fue registrada en la estación V con 28.1 mg/m³ y en agosto en la estación III (19.4 mg/m³).

En relación a la productividad primaria (Tabla 2) se observó un comportamiento opuesto a la biomasa, cuyos picos de producción se dieron en agosto para 1998 (2982 mgC m⁻² día⁻¹) y en junio para el 2010 (4528 mgC m⁻² d⁻¹), mientras que los niveles más bajos se observaron en octubre para los dos años (68 mgC m⁻² d⁻¹ en 1998 y 992 mgC m⁻² d⁻¹, en 2010). En general, en el 2010 los valores de productividad primaria fueron mayores a los registrados en 1998.

4.5 RELACIÓN ENTRE EL ENSAMBLE FITOPLANCTÓNICO Y LAS VARIABLES ABIÓTICAS

El Análisis de correspondencia canónica mostró que la relación entre los órdenes y las variables ambientales en los primeros dos ejes, explican un 75.3% de la variación y un 22.4% de la varianza de los datos de especies. En general, se observó una separación gruesa de los muestreos realizados en 1998 y los del 2010. Los de 1998 se vieron relacionados con la transparencia y la conductividad; mientras que los del 2010 lo estuvieron con la profundidad, pH y nitritos (Figura 10).

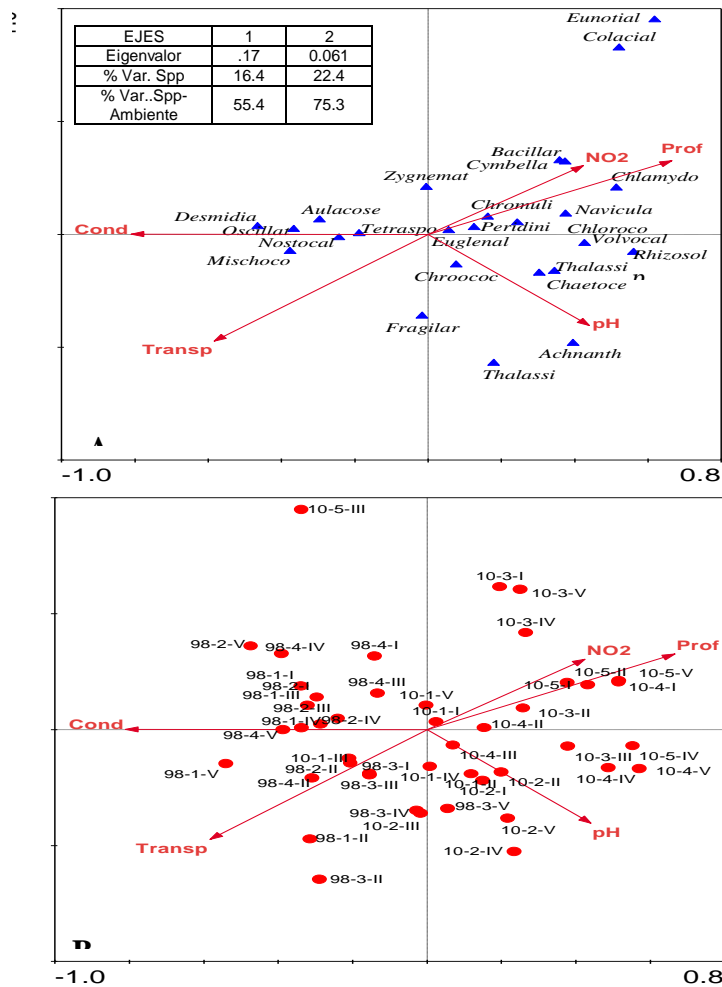


Figura 10. CCA del fitoplancton y variables físicas, químicas e hidrológicas de la ciénaga El Llanito para muestreos realizados en 1998 y 2010. A, biplot de variables ambientales y composición de la comunidad. B, biplot de variables ambientales y el cambio de la composición de la comunidad entre los muestreos.

En 1998 no se observó una separación muy clara de las estaciones y reunió un gran número de muestreos que se caracterizaron por altas conductividades y baja profundidad. En dichos muestreos predominaron principalmente organismos filamentosos pertenecientes a los órdenes Oscillatoriales, Nostocales, y

Aulacoseriales, así como Mischococcales (representado por el género *Centritractus*) y Desmidiales (*Closterium* y *Staurastrum*).

Para el 2010 se observó una leve separación a nivel temporal, separando en especial las estaciones I, IV y V del muestreo de septiembre, en el que se observó la menor conductividad promedio ($46,32\mu\text{S}/\text{cm}$), además de baja transparencia y pH. En las estaciones I y V predominó el orden Eunotiales (*Eunotia*) y en la estación IV, Colaciales (*Colacium*).

El muestreo de junio se observó hacia el centro de los ejes sin una tendencia dada por las variables, posiblemente como resultado de la predominancia de los órdenes Euglenales, (particularmente *Euglena* y *Trachelomonas*), Chroococcales (*Merismopedia*) y Peridiniales (*Peridinium*).

El muestreo de agosto estuvo más relacionado con altos valores de pH y transparencia, en donde sobresalieron los órdenes Thalassiosirales (*Cyclotella* en un alto porcentaje) y Achnanthes (*Achnanthes* y *Cocconeis*).

Los muestreos de octubre y noviembre se caracterizaron por sus mayores profundidades y predominio de Chlorophyta (Chlorococcales Volvocales y Chlamydomonadales) y Bacillariophyta (Naviculales y Rhizosoleniales).

5. DISCUSIÓN

5.1 DINÁMICA AMBIENTAL E HIDROLÓGICA Y VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Los altos niveles del río Magdalena así como los de la ciénaga El Llanito durante la segunda mitad del año 2010, podrían estar relacionados con las altas precipitaciones que se presentaron en este periodo, y estas a su vez se relacionarían con el fenómeno climático denominado El Niño-La Niña, ya que diversos estudios en Colombia han comprobado que en su fase de La Niña ocurren eventos de precipitación muy intensos que generan aumento en los caudales de los ríos (Poveda *et al.* 2001, Poveda 2004, Bedoya *et al.* 2010).

Durante 1998 y 2010 ocurrieron las dos fases del fenómeno; el de El Niño se dio hasta el mes de mayo y el de La Niña inició entre los meses de junio y julio, en los dos años. En el 2010, el fenómeno de La Niña reportó valores superiores de anomalías negativas en la temperatura superficial del mar (TSM), con respecto a 1998 (NOAA & NWS 2012). De esta forma, estas anomalías climáticas se van a ver reflejadas en variaciones de las características del pulso de inundación (Wantzen *et al.* 2008b, Bedoya *et al.* 2010), influenciando las variables relacionadas con este, mostrando mayor profundidad y turbiedad y menor transparencia, generados por la mayor entrada de agua y el constante proceso de inundación que no permite la sedimentación de los sólidos disueltos, generando además, los menores valores de alcalinidad y conductividad, como consecuencia de la dilución de iones.

En 1998, los niveles del río Magdalena y la precipitación en el segundo semestre del año, estuvieron muy cerca de los valores medios multianuales, mostrando poca afectación del ciclo hidrológico como consecuencia del fenómeno de la Niña.

Por otra parte, el fenómeno de El Niño presentó mayores anomalías positivas de TSM, generando un ambiente más seco, previo al inicio de los muestreos analizados, que sumado a las mayores temperaturas y menores niveles de agua en la ciénaga registradas en este año, trajeron consigo un aumento de la alcalinidad y conductividad como resultado de períodos más prolongados de sequía y menores niveles del agua, lo que estarían favoreciendo la resuspensión de sedimentos y el aumento en la concentración de los iones (Hamilton & Lewis 1990, Donato *et al.* 1996, Conzonno 2009).

El ACP corroboró la importante influencia del Río y del fenómeno de La Niña sobre el comportamiento hidrológico de la ciénaga, modificando la precipitación, el caudal y el nivel del agua (Saunders III *et al.* 2004, IDEAM 2005, Wantzen *et al.* 2008b), generando que los patrones naturales del pulso de inundación variaran entre años (Wantzen *et al.* 2008a). Como consecuencia, las variables relacionadas con el pulso de inundación fueron las que generaron la diferencia entre los dos años de estudio.

En relación a la estabilidad térmica, para 1998 no se evidenció estratificación en ninguna estación, condición similar observada en la ciénaga Jotudó (Asprilla *et al.* 1998), lo cual puede estar relacionado con una menor profundidad del sistema y por ende mayor facilidad del viento como generador de mezcla (Margalef 1983, Carrillo *et al.* 1987). Caso contrario a lo registrado en 2010, periodo con más volumen de agua; condición que hace una mayor resistencia a la mezcla, reflejado en el gradiente de temperatura observado.

5.2 COMPOSICIÓN, DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DEL FITOPLANCTON

La dominancia de Euglenophycota en los dos años de estudio, podría estar explicada por los importantes aportes de materia orgánica provenientes de la

cuenca, tanto a través del río como los que de manera puntual y difusa llegan a la ciénaga por las diferentes actividades antrópicas, favoreciendo su proliferación, dada su capacidad de utilizarla como fuente de alimento (Margalef 1983, Van Den Hoek *et al.* 1995, Rosowski 2003), de ahí su condición fotoauxotrófica. El género más representativo en los dos años de estudio fue *Trachelomonas*, caso que también se observó en sistemas de la misma cuenca (Prada 1995) y que según Pinilla (1998) caracteriza aguas eutróficas.

La mayor abundancia de Euglenophycota en 1998 se observó en octubre, con el pico de precipitación, condición que pudo generar un enriquecimiento con materia orgánica por lavados urbanos o agropecuarios (Ramírez & Viña 1998). Para el 2010, la mayor abundancia se dio en noviembre, periodo con mayor turbidez, viéndose influenciado por el pulso de inundación ya que este mes es el pico de aguas altas, que generó mayor entrada de material particulado.

Las cianobacterias fueron el segundo grupo en dominancia en 1998, lo cual pudo ocurrir por el fuerte período de sequía dado por el fenómeno de El Niño, y por las mayores temperaturas en este año, condición que favorece su desarrollo y permanencia (Oliver & Ganf, 2002) en sistemas de meso a eutrofia (Reynolds *et al.* 1987, Pinilla 1998). La mayor abundancia en este año, registrada en el mes de noviembre, coincide con los valores más bajos de nitratos y mayores abundancias de organismos fijadores de nitrógeno (*Dolichospermum spp.*, particularmente), los cuales tienen un crecimiento positivo cuando el nitrógeno se convierte en factor limitante (Tilman *et al.* 1982, Reynolds *et al.* 1987, Conzonno 2009), dinámica también registrada por Hernández-Atilano *et al.* (2008) en la ciénaga Ayapel.

En el 2010, el segundo grupo en dominancia fue Chlorophyta, el cual tiene un amplio rango de desarrollo, bajo una amplia variedad de condiciones (Roldán & Ramírez 2008). En el mes de octubre de este año, registrado como el más cálido, fue evidente el desarrollo de *Chlorella sp.*, lo cual coincide con lo reportado en la

literatura sobre el rango de temperatura óptima y aumento de tasa de crecimiento sobre los 30°C (Seip & Reynolds 1995).

En el periodo del pico de precipitación y valores altos de transparencia, Bacillariophyta predominó sobre Euglenophycota, particularmente el género *Cyclotella*, el cual es comúnmente registrado como indicador de oligotrofia a mesotrofia y posee una baja tasa de sedimentación (Seip & Reynolds 1995), por lo que no depende directamente de la turbulencia para mantenerse por más tiempo en la columna de agua.

A nivel espacial, para los muestreos realizados en cada año, se encontró un ensamble muy homogéneo, solo se dieron pequeñas variaciones con respecto a la abundancia de algunas especies, mas no de su composición. Según Thomaz *et al.* (2007), es de esperarse que esto ocurra, ya que los eventos de inundación tienden a generar un efecto homogeneizador espacialmente. El análisis de escalamiento multidimensional corrobora esta similitud a nivel espacial para cada muestreo, mostrando que es mayor para los muestreos del 2010, que sufrieron de mayores eventos de inundación como consecuencia del fenómeno de La Niña. La menor similitud a nivel temporal, especialmente entre los dos años de muestreo, mostró la influencia del pulso de inundación como determinante de la dinámica del sistema y del fenómeno de La Niña al aumentar las anomalías hidrológicas del pulso de inundación en el segundo periodo del año 2010, generando variaciones bióticas y abióticas para cada año (Junk *et al.* 1989, Poveda *et al.* 2001).

El aumento en la riqueza de especies que se observó en el 2010 pudo estar relacionado con las inundaciones más intensas y constantes en este año y el intercambio de organismos entre los diferentes hábitats del plano de inundación, ya que el efecto homogeneizado de las inundaciones no solo actúa en el cuerpo de agua, sino también entre este y sus afluentes (Thomaz *et al.* 2007).

En general, los valores de diversidad encontrados en la ciénaga El Llanito, para los muestreos realizados en 1998 y 2010, fueron altos (en promedio 4.5 bits), comparado con lo reportado en otros estudios en sistemas cenagosos de la misma cuenca, donde el mayor valor fue de 1.3 bits en la ciénaga Miramar y 1.86 bits en la ciénaga Chucurí (Prada 1995, Plata 2000) y en lagos del plano de inundación del río Paraná (Zalocar de Domitrovic, 2003), mostrando que la ciénaga mantiene una aparente estabilidad en cada periodo de estudio. Por otra parte, los valores de diversidad relacionados con el ciclo hidrológico en los dos años, así como los valores más altos de riqueza y diversidad registrados en el 2010, reflejan la influencia de la fluctuación del nivel del agua por el pulso de inundación y de las diferencias hidroclimáticas reinantes en cada año causadas por el fenómeno El Niño-La Niña, sobre la estructura del ensamble fitoplanctónico.

En la escala espacial, en 1998, los valores más altos de diversidad, se registraron en la estación más cercana a uno de los principales afluentes de la ciénaga, como se observó en las ciénagas Miramar (Prada 1995) y Chucurí (Plata 2000), y podrían ser explicados porque la entrada de agua estaría alterando frecuentemente las condiciones del medio, manteniéndolas lejos del equilibrio, evitando la exclusión competitiva y facultando la coexistencia de un mayor número de especies (Hutchinson 1961, Junk *et al.* 1989, Reynolds 1993). Todo esto asociado a las diferentes tasas de crecimiento y de aprovechamiento de recursos según cada especie (Descamps-Julien & González 2005). Por otra parte, la zona de aguas abiertas de la ciénaga fue la menos diversa, lo que podría estar relacionado con el hecho de que en esta estación se presenta menor frecuencia de disturbio, por lo tanto un ambiente menos cambiante.

Para el año 2010, no se observa una mayor diversidad relacionada con una estación en particular, posiblemente por la influencia del efecto homogenizador de las inundaciones mencionado anteriormente (Thomaz *et al.* 2007).

5.3 BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

El aumento de biomasa durante aguas altas en los dos años, así como el mayor valor en el 2010 podría relacionarse con el aumento en los aportes alóctonos. Según Duque & Donato (1992), en los ecosistemas acuáticos de tierras bajas las poblaciones de fitoplancton ajustan sus patrones biológicos a los cambios de la condición trófica, los cuales se encuentran relacionados con los estadios climáticos.

En 1998 y 2010, se observó mayor heterogeneidad a nivel temporal, coincidiendo con lo observado en la composición del ensamble. Para el 2010, los valores de biomasa no muestran un patrón que defina una mayor o menor biomasa de acuerdo a su ubicación en el sistema (litoral o aguas abiertas), diferente a lo observado en la Ciénaga de Chucurí (Plata 2000).

Por otra parte, tanto en 1998 como en el 2010, se observa una disminución de la PPN a medida que avanza el proceso de inundación; mostrando así, que el ensamble tiene una mayor capacidad de fijar el carbono inorgánico en época de aguas bajas, lo cual coincide con lo reportado para lagos amazónicos (Pinilla 2009).

Como se ha venido evidenciando, las fases del pulso de inundación en cada año, así como la afectación de este en el 2010 por el fenómeno de La Niña, también han influido en los registros obtenidos para la biomasa y la productividad primaria. En general, el aumento en la biomasa no coincidió con un aumento en la productividad del sistema, como se observó en la ciénaga Cerro de San Antonio (Ramos *et al.* 2007). Este fenómeno ha sido ampliamente reportado en la literatura, por lo que no se debe considerar una relación directa entre la biomasa y la producción, dado que no son equivalentes; debido entre otras causas a la

herbivoría y al estado fisiológico de la comunidad, el cual está relacionado con la tasa de renovación del ensamble fitoplanctónico, pues una baja producción con alta biomasa significa una tasa lenta de renovación y viceversa (Kalff & Knoechel 1978, Tilman *et al.* 1982, Lewis & Wurtsbaugh 2008, Roldán & Ramírez, 2008); sin contar con el aporte del bacterioplancton (Farjalla *et al.* 2006).

5.4 RELACIÓN ENTRE EL ENSAMBLE FITOPLANCTÓNICO Y LAS VARIABLES ABIÓTICAS

El CCA también mostró la importancia e influencia del fenómeno El Niño-La Niña en el pulso de inundación y de este en la composición algal del sistema.

La alta conductividad y baja profundidad fomentaron la proliferación tanto de cianobacterias filamentosas como de Mischococcales, Desmidiaceas y Aulacoseriales. Mientras que un mayor número de diatomeas y algas verdes no desmidiáceas, predominaron en momentos de mayor profundidad, pH y nitritos.

En 1998, fueron predominantes *Aulacoseira granulata*, *Closterium* y *Staurastrum*, representantes del grupo funcional P (Reynolds *et al.* 2002), típicos de sistemas poco profundos, eutróficos y con mezcla parcial o total; además, la dominancia de cianobacterias filamentosas (*Dolichospermum* y *Oscillatoria*) sobre las coloniales, indican condiciones turbulentas del sistema (De León & Chalar, 2003) ya que tienen la capacidad de regular su flotabilidad por vacuolas de gas, por ello su tasa de sedimentación negativa (Seip & Reynolds 1995, Reynolds *et al.* 1987).

Para el 2010, la alta abundancia de *Cyclotella* registrada en el mes de agosto coincide con condiciones de transparencia relativamente alta y baja concentración de nutrientes, como lo registrado en el lago Batata (Melo & Huszar 2000 en Reynolds *et al.* 2002), un sistema con alta transparencia y baja concentración de

fósforo. Por otra parte, en septiembre, cuando los valores de dureza y pH fueron bajos, fue evidente la proliferación del género *Eunotia*, lo cual concuerda con lo reportado sobre su preferencia por aguas ácidas y/o blandas (Kociolek & Spaulding 2003).

Para los meses de octubre y noviembre, periodos con menor transparencia y mayor profundidad, sobresalieron organismos ampliamente distribuidos, algunos de ellos más comunes en ambientes eutróficos, como *Chlorella*, *Eudorina* y *Pandorina*, el primero tiene una alta tasa de crecimiento y los dos últimos son capaces de regular su posición en la columna de agua, de acuerdo a la disponibilidad de luz (Seip & Reynolds 1995, Reynolds *et al.* 2002, Nozaki 2003, Shubert 2003). Finalmente, en junio no se observa una distinción muy clara con respecto a sus condiciones físicas y químicas en relación con las variables biológicas.

6. CONCLUSIONES

-Para los dos años de estudio, el ensamble fitoplanctónico de la Ciénaga el Llanito se caracterizó por la predominancia de las euglenofíceas viéndose favorecidas por la entrada de material alóctono a la ciénaga por medio de sus afluentes y representadas especialmente por el género *Trachelomonas*.

-La variación en la composición fitoplanctónica ocurrió principalmente entre muestreos, corroborando la importante influencia del pulso de inundación natural como factor determinante en la dinámica del ecosistema cenagoso; mientras que los cambios entre estaciones fueron menos intensos, sin una tendencia espacial en su distribución, resaltando la homogeneidad del sistema.

-Se registraron cambios en las abundancias relativas y los índices ecológicos en los diferentes momentos del pulso hidrológico. Asimismo la biomasa y la productividad primaria registraron variaciones según el momento de muestreo en relación a las fases del pulso. De esta forma, los altos valores de diversidad y riqueza se asociaron a la fase de aguas bajas, así como los mayores valores de productividad, mientras que los mayores valores de equidad y biomasa se registraron en la fase de aguas altas.

-En 1998 el grupo de las cianobacterias mostró una alta abundancia relativa con respecto al 2010, relacionada con la mayor conductividad, alcalinidad y transparencia registrada en este año, así como los mayores valores de temperatura, favoreciendo su desarrollo.

-En el 2010 las clorofíceas, en especial las no desmideaceas, se vieron más representadas que en 1998, con un ambiente de mayor profundidad, turbidez y pH, mostrando además mayores valores de biomasa, productividad primaria, diversidad y riqueza de especies que en 1998.

-Las fluctuaciones en el nivel del agua y las inundaciones más intensas determinaron una mayor riqueza en el 2010 relacionada con el aumento en la conectividad entre la ciénaga y sus afluentes, favoreciendo una mayor diversidad.

-Las variables físicas y químicas que determinaron los patrones de distribución entre los muestreos fueron la profundidad, transparencia, turbidez y nitratos principalmente, registrando variaciones en los valores según la fluctuación del nivel del agua por el pulso de inundación y por tanto pudieron influir sobre las modificaciones de la estructura del ensamble y su productividad.

-La clara separación entre los muestreos realizados en 1998 y los realizados en el 2010 se vio directamente relacionada con la variación en la profundidad, turbidez y transparencia, bajo el efecto del fuerte fenómeno de La Niña que se desarrolló durante los muestreos del 2010.

-Las mayores concentraciones de fósforo y nitratos se obtuvieron en 1998, año con menores niveles del agua, igualmente este año se presentaron los mayores valores de conductividad y alcalinidad, contrario a lo ocurrido en el 2010, posiblemente por un efecto dilutivo de las inundaciones.

-Finalmente se evidenció que las variaciones climáticas generadas por el fenómeno El Niño-La Niña afectaron directamente el pulso de inundación, generando los mayores niveles de agua en 2010, permitiendo afirmar que estas variaciones climáticas constituyeron los principales motores condicionantes del sistema, induciendo indirectamente un cambio en la composición y estructura del fitoplancton entre los dos periodos hidroclimáticos estudiados.

7. BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ-GÓNGORA, C. & J. A. HERRERA-SILVEIRA. 2006. Variations of phytoplankton community structure related to water quality trends in a tropical karstic coastal zone. *Marine pollution bulletin* 52(1): 48-60.

ANDRADE-SOSSA, C., M. GARCÍA-FOLLECO, C. A. RODRÍGUEZ-MUNAR, S. R. DUQUE & E. REALPE. 2011. Efectos de la fluctuación del nivel del agua sobre la estructura del ensamblaje de rotíferos en el Lago Largo (sistema Yahuaraca - llanura de inundación del río Amazonas - Colombia). *Caldasia* 33(2): 519-537.

ANNEVILLE, O., S. SOUISSI, S. GAMMETER & D. STRAILE. 2004. Seasonal and inter-annual scales of variability in phytoplankton assemblages: comparison of phytoplankton dynamics in three peri-alpine lakes over a period of 28 years. *Freshwater Biology* 49(1): 98-115.

APHA, AWWA & WEF. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st Edition. American Public Health Association, American Water Works Association & The Water Environment Federation, Washington. 1368pp.

ARENAS, J. S. & L. F. CARVAJAL. 2010. Desarrollo de un modelo de predicción de caudales semanales asociado a la variabilidad intraestacional en Colombia. XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Uruguay.

ARIAS, P. 1985. *Las Ciénagas de Colombia*. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Bogotá. 67pp.

ASPRILLA, S., J. J. RAMÍREZ & G. ROLDÁN. 1998. Caracterización limnológica preliminar de la ciénaga Jotaudó (Chocó, Colombia). *Actualidades Biológicas* 20 (69): 87-107.

BEDOYA, M., C. CONTRERAS & F. RUIZ. Alteraciones del régimen hidrológico y de la oferta hídrica por variabilidad y cambio climático. En: Torres, O. F., M. García & O. Vargas (eds), *Estudio Nacional del Agua 2010*: 281-230. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá.

BELLINGER, E. G. & D. C. SIGEE. 2010. *Freshwater algae: identification and use as bioindicators*. Wiley-Blackwell, Gran Bretaña. 285pp.

BICUDO, C. E. M. & M. MENEZES, M. 2006. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições*. (2ª ed). Rima. Brasil. 502pp.

BLENCKNER, T. 2005. A conceptual model of climate-related effects on lake ecosystems. *Hydrobiologia* 533: 1-14.

BLENCKNER, T., R. ADRIAN, D. M. LIVINGSTONE, E. JENNINGS, G. A. WEYHENMEYER, D. G. GEORGE, T. JANKOWSKI, M. JÄRVINEN, C. N. AONGHUSA, T. NÖGES, D. STRAILE & K. TEUBNER. 2007. Large-scale climatic signatures in lakes across Europe: a meta-analysis. *Global Change Biology* 13: 1314–1326.

CAMARGO, F., J. OLIVEROS & L. G. ROJAS. 1989. *Diagnóstico ambiental preliminar de las Ciénagas San Silvestre y El Llanito*. Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables. Colombia. 80pp.

CARRILLO, P., L. CRUZ-PIZARRO. R. MORALES & P. SÁNCHEZ-CASTILLO. 1987. Cambios estacionales en las comunidades de fitoplancton y zooplancton de la Albuferra de Adra. *Limnetica* 3(2): 243-254.

CCI. 2008. Ciénaga El Llanito, ejemplo de manejo integral y control social de la pesca artesanal en la cuenca del Río Magdalena. *Corporación Colombia Internacional* 34 (4): 1-23.

CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.

CONTRERAS, P. J., P. ROMERO., S. SANTANA., I. RAMÍREZ., R. MENDOZA., R. CALDERÓN., A. P. SERRANO., D. RAMÍREZ & A. GÓMEZ. 2005. *Manejo integral de ciénagas y restauración de la oferta ictiológica en el Medio Magdalena*. Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja. 363pp.

CONZONNO, V. H. 2009. *Limnología Química*. Editorial de la Universidad de La Plata, Argentina. 222pp.

CORTES, V. E. 1992. *Determinación de la Productividad Primaria en la Ciénaga El Llanito, Barrancabermeja*. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Colombia. 47pp.

COX, E. 1996. *Identification of freshwater diatoms from live material*. Chapman & Hall, New York. 158pp.

CROASDALE, H., E. A. FLINT & M. M. RACINE. 1994. *Flora of New Zealand. Freshwater algae, Chlorophyta Desmids with ecological comments on their habitats*. Vol III Manaaki Whenua press. New Zealand.391pp.

DE LEÓN, L. & G. CHALAR. 2003. Abundancia y diversidad del fitoplancton en el embalse de Salto Grande (Argentina-Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. *Limnética* 22(1-2):103-113.

DESCAMPS-JULIEN, B. & A. GONZÁLEZ. 2005. Stable coexistence in a fluctuating environment: an experimental demonstration. *Ecology* 86(10): 2815–2824.

DONATO, J. CH., L. E. GONZÁLEZ. & C. L. RODRÍGUEZ. 1996. *Ecología de dos sistemas acuáticos de páramo*. Guadalupe Ltda, Colombia. 164pp.

DUCHARME, A. 1975. *Biología Pesquera (Limnología)*. Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables - Organización para la Agricultura y la alimentación, Colombia. 42pp.

DUQUE, S. & J. CH. DONATO. 1992. Biología y ecología de fitoplancton de las aguas dulces en Colombia. Cuaderno Divulgativo 36: 1-21.

FARJALLA, V. F., D. A. AZEVEDO, F. A. ESTEVES, R. L. BOZELLI, F. ROLAND & A. ENRICH-PRAST. 2006. Influence of Hydrological Pulse on Bacterial Growth and DOC Uptake in a Clear-Water Amazonian Lake. *Microbial Ecology* 52: 334–344.

GALEANO, A. M. & E. ARTEAGA. 2010. Distribución y abundancia de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* en condición de El Niño 2007 sobre la cuenca pacífica colombiana. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 39(1): 25-39.

GAVILÁN-DÍAZ, R. A. 2000. *Limnología Comparativa de tres Lagos Neotropicales de la Cuenca Del Magdalena Medio Santandereano (Colombia), con Énfasis en el Estudio de la Diversidad de la Comunidad Zooplanctónica y su Relación con la Dinámica Hidrológica del Sistema Regional*. Tesis doctorado. Universidad federal de Sao Carlos, Brasil. 153pp.

GERTEIN D & R. ADRIAN. 2002. Effects of climate warming, North Atlantic Oscillation, and El Niño-Southern Oscillation on thermal conditions and plankton dynamics in northern hemispheric lakes. *The Scientific World Journal* 2: 586-606.

GONZÁLEZ, A. C. 1996. *Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba*. J. Cramer. Berlín. 265pp.

GONZÁLEZ, E. J., M. ORTAZ, C. PEÑAHERRERA & M. L. MATOS. 2004. Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrófico (Pao-Cachinche, Venezuela): abundancia, biomasa y producción primaria. *Interciencia* 29 (10): 548-555.

HAMILTON, S. K. & W. M. LEWIS JR. 1990. Basin morphology in relation to chemical and ecological characteristics of lakes on the Orinoco River floodplain, Venezuela. *Archiv für Hydrobiologie* 119(4):393-425.

HERNÁNDEZ-ATILANO, E., N. J. AGUIRRE, J. A. PALACIO & J. J. RAMÍREZ-RESTREPO. 2008. Variación espacio-temporal de la asociación fitoplanctónica en diferentes momentos del pulso hidrológico en la ciénaga de Ayapel (Córdoba), Colombia. *Actualidades Biológicas* 30(88): 67–81.

HUBER-PESTALOZZI, G. 1955. *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Euglenophyceen. Teil 4.* In: *Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten*. Thienemann, A. E. Schweizerbart'sche Verlag. Stuttgart. 834pp.

HUBER-PESTALOZZI, G., J. KOMAREK & B. FOTT. 1983. *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Chlorophyceae, Ordnung: Chlorococcales*. Teil 4. E. Schweizerbart'sche Verlag. Stuttgart. 1044pp.

HUSZAR, V. L. & C. S. REYNOLDS. 1997. Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Pará, Brazil): responses to gradual environmental change. *Hydrobiologia* 346: 169-181.

HUTCHINSON, G. E. 1961. The Paradox of the Plankton. *The American Naturalist* 95 (882): 137-145.

IDEAM. 2005. *Atlas Climatológico de Colombia*. Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales, Bogotá. 220 pp.

JUNK, W. J., P. B. BAYLEY & R. E. SPARKS. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. En: D. P. Dodge (ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium*: 110-127. Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences.

KALFF, J. & R. KNOECHEL. 1978. Phytoplankton and their dynamics in oligotrophic and eutrophic lakes. *Annual Review of Ecology and Systematics* 9: 475-495.

KOCIOLEK, J. P. & S. A. SPAULDING. 2003. Eunotioid and Asymmetrical Naviculoid Diatoms. En: Wehr, J.D. & R. G. Sheath (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*: 655-668. Academic Press, Estados Unidos.

KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 1999. *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/1. Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales*. H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig & D. Mollenhauer eds. Berlin. 547pp.

KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 2005. *Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales*. - In: BÜDEL B., KRIENITZ L., GÄRTNER G. & SCHAGERL M. (eds): *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*, Elsevier/Spektrum, Heidelberg. 759 pp.

KOMAREK, J. 1983. *Contribution to the Chlorococcal algae of Cuba*. J. Cramer. Braunschweig. 180pp.

LEMBI, C. A. 2003. Control of nuisance algae. En: Wehr, J.D. & R. G. Sheath (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*: 805-834. Academic Press, Estados Unidos.

LEWIS, JR. W. M & W. A. WURTSBAUGH. 2008. Control of Lacustrine Phytoplankton by Nutrients: Erosion of the Phosphorus Paradigm. *International Review of Hydrobiology* 93 (4–5): 446–465.

LEYVA, P. 1998. *El medio ambiente en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá. 495pp.

MARGALEF, R. 1951. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada* 9: 15-27.

MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona. 1010pp.

MARKENSTEN, H. 2006. Climate Effects on Early Phytoplankton Biomass Over Three Decades Modified by the Morphometry in Connected Lake Basins. *Hydrobiologia* 559: 319-329.

MELACK, J. M. 1979. Temporal Variability of Phytoplankton in Tropical Lakes. *Oecología*. 44, 1-7.

MONTOYA, Y. & N. AGUIRRE. 2009. Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables (ciénagas) en Colombia. *Gestión y Ambiente* 12 (3): 85-106.

NOAA & NWS. 2012. *Historical El Nino/ La Nina episodes (1950-present)*. National Oceanic and Atmospheric Administration & National Weather Service (Downloaded: 25/05/12,

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)

NOZAKI, H. 2003. Flagellated Green Algae. En: Wehr, J.D. & R. G. Sheath (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*: 225-252. Academic Press, Estados Unidos.

OLIVER, R. L. & G. G. GANF. 2002. Freshwater Blooms. En: Whitton, B. A. & M. Potts (eds), *The Ecology of Cyanobacteria, Their Diversity in Time and Space*: 149-194. Kluwer Academic Publishers, Estados Unidos.

PARRA, O. O., M. GONZÁLEZ & V. DELLAROSSA. 1983. *Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales*. Universidad de Concepción. Volumen V, partes I y II. Concepción, Chile. 475pp.

PARRA, O., M. GONZÁLEZ, V. DELLAROSSA, P.RIVERA & M. ORELLANA. 1982. *Manual taxonómico del Fitoplancton de aguas continentales*. Universidad de Concepción. Volumen II. Concepción, Chile. 82pp.

PEÑA, V. & G. A. PINILLA. 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 37(1): 67-81.

PIELOU, E. C. 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383.

PINILLA, G. A. 1998. *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia, compilación bibliográfica*. Fundación universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano, Colombia. 67pp.

PINILLA, G. A. 2009. Producción primaria de un lago de aguas claras de la Amazonía Colombiana (Lago Boa). *Acta Biológica Colombiana* 14(2): 21-29.

PLATA, Y. 2000. *Distribución horizontal, biomasa y productividad primaria de la comunidad fitoplanctónica de la ciénaga de Chucurí (Santander, Colombia)*. Tesis. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. 151pp.

POVEDA, G. 2004a. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 28(107): 201-222.

POVEDA, G. 2004b. Caudales mínimos en Colombia: relaciones macroclimáticas, escalamiento y balances hidrológicos. Seminario internacional sobre eventos extremos mínimos en regímenes de caudales: diagnóstico, modelamiento y análisis. Medellín, Colombia.

POVEDA, G. D. M. ÁLVAREZ & O. A. RUEDA. 2011. Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. *Climate Dynamics* 36(11-12): 2233-2249.

POVEDA, G., A. JARAMILLO, M. M. GIL, N. QUICENO & R. MANTILLA. 2001. Seasonality in ENSO-related precipitation, river discharges, soil moisture, and vegetation index in Colombia. *Water Resources Research* 38(8): 2169-2178.

POVEDA, G., O. MESA, L. F. CARVAJAL, C. D. HOYOS, J. F. MEJÍA, A. CUARTAS & A. PULGARÍN. 2002. Predicción de caudales medios mensuales en ríos Colombianos usando métodos no lineales. *Meteorología Colombiana* 6: 101-110.

PRADA, S. 1995. *Estudio de la comunidad fitoplanctonica y aspectos fisicoquímicos de la ciénaga Miramar (Barrancabermeja-Santander)*. Tesis. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 122pp.

PUERTAS, O. L. & Y. CARVAJAL. 2008. Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer. *Ingeniería y Desarrollo* 23: 104-118.

RAMÍREZ, A. & G. VIÑA. 1998. *Limnología colombiana*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 279pp.

RAMÍREZ, J. J. 2000. *Fitoplancton de agua dulce: bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias*. Universidad de Antioquia. Colombia. 207pp.

RAMOS, L. M., E. FONTALVO & W. LOPEZ. 2007. Fitoplancton y productividad primaria de un plano de inundación del bajo río Magdalena (ciénaga Cerro de San Antonio- Colombia). XVII Congreso Venezolano de Botánica: 625-627.

RAMOS-ORTEGA, L.M., E. FONTALVO & W. LÓPEZ. 2006. Aproximación a las condiciones limnológicas de un plano de inundación del bajo Río Magdalena durante un ciclo diario. *Revista Intrópica* 3: 87-100.

RESTREPO, J. D. & B. KJERFVE. 2000. Magdalena river: interannual variability (1975–1995) and revised water discharge and sediment load estimates. *Journal of Hydrology* 235: 137-149.

REYNOLDS, C. S. 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press. Gran Bretaña. 384pp

REYNOLDS, C. S. 1993. Scales of disturbance and their importance in plankton ecology. *Hydrobiology* 249: 157-171.

REYNOLDS, C. S., R. L. OLIVER & A. E. WALSBY. 1987. Cyanobacterial dominance: the role of buoyancy regulation in dynamic lake environments. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 21: 379-390.

REYNOLDS, C. S., V. HUSZAR, C. KRUK, L. NASELLI-FLORES & S. MELOS. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of plankton research* 24(5): 417-428.

ROJAS, L. G. 1992. *Monitoreo y control de los humedales del Magdalena medio santandereano*. Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables. Colombia. 54pp.

ROJAS, L. G. 1993. *Estudio semi-cuantitativo y cualitativo de las comunidades fitoplanctónicas de las ciénagas El Llanito, Juan esteban y Chucurí (Magdalena medio santandereano)*. Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables. Colombia. 182pp.

ROJAS, P. J. & J. R. ORTIZ. 2007. Comportamiento del fitoplancton durante el evento ENOS en el Océano Pacífico colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* 6: 5-15.

ROLDÁN, G. & J. J. RAMÍREZ. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical (2ª ed)*. Universidad de Antioquia, Colombia. 440pp.

ROSOWSKI, J. R. 2003. Photosynthetic euglenoids. En: Wehr, J.D. & R. G. Sheath (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*: 383-422. Academic Press, Estados Unidos.

SÁNCHEZ, F. D., M. GARCÍA, O. JARAMILLO & N. VERDUGO. 2010. Agua superficial, Caracterización y análisis de la oferta. En: Torres, O. F., M. García & O. Vargas (eds), *Estudio Nacional del Agua 2010*: 54-98. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá.

SAUNDERS III, J. F., M.MURPHY, M. CLARK & W. M. LEWIS JR. 2004. The influence of climate variation on the estimation of low flows used to protect water quality: a nationwide assessment. *Journal of the American Water Resources Association* 40 (5): 1339-1349.

SEELIGMANN, C., B. C. TRACANNA, S. MARTÍNEZ & S. ISASMENDI. 2001. Algas fitoplanctónicas en la evaluación de la calidad del agua de sistemas lóticos en el Noroeste Argentino. *Limnética* 20(1): 123-133.

SEIP, K. L. & C. S. REYNOLDS. 1995. Phytoplankton functional attributes along trophic gradient and season. *Limnology and Oceanography* 40 (3): 589-597.

SHANNON, C.E. & W. WEAVER. 1949. *The mathematical theory of Communication*. University Illinois Press, Estados Unidos. 117pp.

SHUBERT, L. E. 2003. Nonmotile Coccoid and Colonial Green Algae. In: Wehr, J.D. & R. G. Sheath (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*: 253-309. Academic Press, Estados Unidos.

STATSOFT, INC. 2004. Statistica (data analysis software system), version 7.0. www.statsoft.com.

STEVENSON, R. J. & J. P. SMOL. 2003. Use of algae in environmental Assessments. En: Wehr, J.D. & R. G. Sheath (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*: 775-804. Academic Press, Estados Unidos.

TELL, G. & V. CONFORTI. 1986. *Euglenophyta pigmentadas de la Argentina*. J Cramer. Berlín. 300pp.

TER-BRAAK, C. J. F. & SMILAUER, P. 1997. Canoco for windows version 4.5. Biometrics-Plant research international, Países Bajos.

THOMAZ, S. M., L. M. BINI & R. L. BOZELLII. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* 579:1–13.

TILMAN, D., S. S. KILHAM & P. KILHMAN. 1982. Phytoplankton community ecology: the role of limiting nutrients. *Annual Review in Ecology and Systematics* 13:349-372

VAN DEN HOEK, C., D. G. MANN & H. M. JAHNS. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press, Reino Unido. 624pp.

WANTZEN, K. M., K-O. ROTHHAUPT, M. MÖRTL, M. CANTONATI, L. G. TÓTH & P. FISCHER. 2008b. Ecological effects of water-level fluctuations in lakes: an urgent issue. *Hydrobiologia* 613:1–4.

WANTZEN, K. M., W. J. JUNK & K-O. ROTHHAUPT. 2008a. An extension of the floodpulse concept (FPC) for lakes. *Hydrobiologia* 613:151–170.

WEHR, J.D. & R. G. SHEATH. 2003. Freshwater habitats of algae. En: Wehr, J.D. & R. G. Sheath (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*: 11-57. Academic Press, Estados Unidos.

WEHR, J.D. & R. G. SHEATH. 2003. Introduction to freshwater Algae. En: Wehr, J.D. & R. G. Sheath (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*: 1-9. Academic Press, Estados Unidos.

WETZEL, R. G. & G. E. LIKENS. 2000. *Limnological Analysis*. Third edition. W.B. Saunders Company, Estados Unidos. 391pp.

WETZEL, R. G. 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. Academic press. Estados Unidos. 1005pp.

ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y. & N. I. MAIDANA. 1997. *Taxonomic and ecological studies of the Paraná River diatom flora (Argentina)*. J. Cramer. Berlín. 122pp.

ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y. 2003. Effect of fluctuations in water level on phytoplankton development in three lakes of the Paraná River floodplain (Argentina). *Hydrobiologia* 510: 175–193.

ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Nueva Jersey. 663pp.

ANEXO 1

Porcentaje de ocurrencia para cada especie en cada año muestreado.

Especie	% ocurrencia		Especie	% ocurrencia	
	1998	2010		1998	2010
Bacillariophyta			<i>Coelastrum pulchrum</i>	40	0
<i>Acanthoceras sp.</i>	0	12	<i>Cosmarium sp. 1</i>	0	8
<i>Achnanthes sp.</i>	0	20	<i>Cosmarium sp.2</i>	0	4
<i>Amphora sp.</i>	0	8	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	0	48
<i>Aulacoseira granulata</i>	90	92	<i>Crucigeniella sp. 1</i>	0	44
<i>Aulacoseira sp.</i>	40	36	<i>Crucigeniella sp.2</i>	0	20
<i>Cocconeis sp.</i>	0	16	<i>Desmidium baileyi</i>	0	4
<i>Cyclotella sp.</i>	15	40	<i>Desmodesmus sp. 1</i>	20	0
<i>Cymbella sp.</i>	0	12	<i>Desmodesmus sp.2</i>	0	8
<i>Diatoma sp. 1</i>	0	4	<i>Desmodesmus sp.3</i>	0	4
<i>Diatoma sp.2</i>	5	4	<i>Desmodesmus sp.4</i>	0	24
<i>Eunotia sp.</i>	0	12	<i>Desmodesmus sp.5</i>	0	12
<i>Frustulia sp.</i>	0	8	<i>Desmodesmus sp.6</i>	0	8
<i>Gomphonema augur</i>	0	4	<i>Dictyosphaerium sp.</i>	0	72
<i>Gomphonema sp. 1</i>	0	8	<i>Eudorina sp. 1</i>	0	20
<i>Gomphonema sp.2</i>	0	8	<i>Eudorina sp.2</i>	0	48
<i>Navicula sp. 1</i>	0	16	<i>Eudorina sp.3</i>	0	4
<i>Navicula sp.2</i>	0	20	<i>Excentrosphaera sp.</i>	0	36
<i>Navicula sp.3</i>	0	4	<i>Gonatozygon pilosum</i>	0	4
<i>Nitzschia sp. 1</i>	0	24	<i>Hyalotheca sp.</i>	0	4
<i>Nitzschia sp.2</i>	0	16	<i>Keratococcus sp.</i>	0	4
<i>Nitzschia sp.3</i>	0	12	<i>Kirchneriella sp. 1</i>	0	12
<i>Pinnularia sp.</i>	0	12	<i>Kirchneriella sp.2</i>	0	12
<i>Rhoicosphenia sp.</i>	0	16	<i>Micractinium pusillum</i>	0	20
<i>Stauroneis sp.</i>	0	4	<i>Micractinium sp.</i>	0	4
<i>Urosolenia sp.</i>	0	32	<i>Monoraphidium sp. 1</i>	0	28
Chlorophyta			<i>Monoraphidium sp.2</i>	0	20
<i>Actinastrum sp. 1</i>	0	12	<i>Monoraphidium sp.3</i>	0	4
<i>Actinastrum sp.2</i>	0	16	<i>Monoraphidium sp.4</i>	0	24
<i>Bambusina brebissonii</i>	0	4	<i>Mougeotia sp.</i>	0	4
<i>Botryococcus sp.</i>	0	4	<i>Nephrochlamys sp.</i>	0	8
<i>Carteria sp.</i>	5	48	<i>Oocystis sp. 1</i>	0	68
<i>Chlorella sp.</i>	20	80	<i>Oocystis sp.2</i>	0	4
<i>Chlorotetraedron sp.</i>	55	12	<i>Pachycladella sp.</i>	0	36
<i>Closterium praelongum</i>	45	8	<i>Pachycladella umbrina</i>	5	56
<i>Closterium sp. 1</i>	5	0	<i>Pandorina sp. 1</i>	0	20
<i>Closterium sp.2</i>	0	4	<i>Pandorina sp.2</i>	0	4
<i>Closterium sp.3</i>	5	0	<i>Pandorina sp.3</i>	0	12
<i>Coccomonas sp.</i>	0	28	<i>Pandorina sp.4</i>	0	4
<i>Coelastrum indicum</i>	0	8	<i>Pandorina sp.5</i>	0	24
			<i>Pediastrum biradiatum</i>	0	4

Especie	% ocurrencia		Especie	% ocurrencia	
	1998	2010		1998	2010
<i>Pediastrum duplex</i>	10	0	<i>Dolichospermum sp.2</i>	0	4
<i>Pediastrum tetras</i>	0	4	<i>Dolichospermum sp.3</i>	30	72
<i>Pleodorina sp.</i>	0	4	<i>Dolichospermum spiroides</i>	20	4
<i>Pteromonas sp.1</i>	0	36	<i>Merismopedia sp.</i>	5	52
<i>Pteromonas sp.2</i>	0	32	<i>Microcystis sp.</i>	40	0
<i>Scenedesmus sp.1</i>	0	40	<i>Oscillatoria sp.1</i>	5	8
<i>Scenedesmus sp.2</i>	0	24	<i>Oscillatoria sp.10</i>	15	4
<i>Scenedesmus sp.3</i>	0	8	<i>Oscillatoria sp.11</i>	15	8
<i>Scenedesmus sp.4</i>	0	12	<i>Oscillatoria sp.12</i>	0	16
<i>Schroederia sp.</i>	0	24	<i>Oscillatoria sp.13</i>	0	4
<i>Selenastrum sp.1</i>	0	8	<i>Oscillatoria sp.2</i>	15	8
<i>Selenastrum sp.2</i>	5	0	<i>Oscillatoria sp.3</i>	15	0
<i>Sphaerocystis sp.</i>	35	36	<i>Oscillatoria sp.4</i>	30	4
<i>Sphaerosozma laeve</i>	5	12	<i>Oscillatoria sp.5</i>	5	0
<i>Staurastrum cf. tohopekaligense</i>	15	8	<i>Oscillatoria sp.6</i>	30	0
<i>Staurastrum chaetopus</i>	10	0	<i>Oscillatoria sp.7</i>	15	12
<i>Staurastrum gladiosum</i>	10	4	<i>Oscillatoria sp.8</i>	20	12
<i>Staurastrum leptocladum</i>	50	0	<i>Oscillatoria sp.9</i>	15	8
<i>Staurastrum sp.1</i>	40	0	<i>Phormidium sp.1</i>	15	48
<i>Staurastrum sp.2</i>	60	0	<i>Phormidium sp.2</i>	0	4
<i>Staurastrum sp.3</i>	5	0	<i>Planktolyngbya sp.</i>	60	0
<i>Stauroidesmus sp.1</i>	10	4	<i>Pseudanabaena sp.</i>	10	0
<i>Stauroidesmus sp.2</i>	5	0	<i>Raphidiopsis sp.</i>	50	0
<i>Stauroidesmus sp.3</i>	5	0	Euglenophycota		
<i>Stauroidesmus sp.4</i>	10	0	<i>Colacium vesiculosum</i>	0	4
<i>Tetraedron sp.1</i>	0	8	<i>Cryptoglena pigra</i>	40	80
<i>Tetraedron sp.2</i>	0	12	<i>Euglena acus</i>	80	96
<i>Tetraedron sp.3</i>	0	12	<i>Euglena fusca</i>	30	80
<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	0	4	<i>Euglena oxyuris</i>	65	72
<i>Tetrastrum triangulare</i>	0	60	<i>Euglena sp.1</i>	10	64
<i>Treubaria sp.</i>	5	4	<i>Euglena sp.2</i>	20	32
Chrysophyta			<i>Euglena sp.3</i>	10	20
<i>Dinobryon divergens</i>	0	8	<i>Euglena sp.4</i>	20	0
<i>Dinobryon sertularia</i>	15	8	<i>Euglena sp.5</i>	5	36
<i>Mallomonas sp.1</i>	15	76	<i>Euglena sp.6</i>	0	68
<i>Mallomonas sp.2</i>	0	20	<i>Euglena sp.7</i>	0	8
Cyanobacteria			<i>Euglena sp.8</i>	60	92
<i>Chroococcus sp.</i>	0	12	<i>Euglena sp.9</i>	0	84
<i>Dolichospermum circinalis</i>	15	84	<i>Lepocinclis fusiformis</i>	0	68
<i>Dolichospermum sp.1</i>	40	0	<i>Lepocinclis ovum</i>	5	84
			<i>Lepocinclis salina</i>	15	40

Especie	% ocurrencia		Especie	% ocurrencia	
	1998	2010		1998	2010
<i>Lepocinclis sp.1</i>	0	24	<i>Trachelomonas oblonga</i>	65	92
<i>Lepocinclis spirogyra</i>	20	60	<i>Trachelomonas planctonica</i>	0	52
<i>Lepocinclis truncata</i>	85	32	<i>Trachelomonas rugulosa</i>	10	8
<i>Phacus cf. lefevrei</i>	0	48	<i>Trachelomonas scabra</i>	30	100
<i>Phacus cf. undulatus</i>	5	48	<i>Trachelomonas similis</i>	35	100
<i>Phacus contortus</i>	0	32	<i>Trachelomonas sp.1</i>	50	68
<i>Phacus longicauda</i>	30	32	<i>Trachelomonas sp.10</i>	0	28
<i>Phacus orbicularis</i>	45	16	<i>Trachelomonas sp.11</i>	0	28
<i>Phacus raciborskii</i>	0	20	<i>Trachelomonas sp.12</i>	0	20
<i>Phacus sp.1</i>	45	0	<i>Trachelomonas sp.13</i>	0	4
<i>Phacus sp.2</i>	25	28	<i>Trachelomonas sp.14</i>	0	8
<i>Phacus sp.3</i>	5	56	<i>Trachelomonas sp.15</i>	0	4
<i>Phacus sp.4</i>	10	12	<i>Trachelomonas sp.16</i>	0	36
<i>Phacus sp.5</i>	5	48	<i>Trachelomonas sp.17</i>	0	28
<i>Phacus sp.6</i>	15	16	<i>Trachelomonas sp.18</i>	0	8
<i>Phacus sp.7</i>	0	28	<i>Trachelomonas sp.19</i>	0	72
<i>Phacus sp.8</i>	0	32	<i>Trachelomonas sp.2</i>	20	12
<i>Phacus sp.9</i>	10	44	<i>Trachelomonas sp.3</i>	5	24
<i>Phacus suecicus</i>	0	24	<i>Trachelomonas sp.4</i>	25	52
<i>Phacus tortus</i>	75	80	<i>Trachelomonas sp.5</i>	30	48
<i>Phacus triqueter</i>	60	20	<i>Trachelomonas sp.6</i>	5	0
<i>Strombomonas ensifera</i>	10	28	<i>Trachelomonas sp.7</i>	5	16
<i>Strombomonas fluviatilis</i>	35	84	<i>Trachelomonas sp.8</i>	5	0
<i>Strombomonas gibberosa</i>	60	36	<i>Trachelomonas sp.9</i>	0	96
<i>Strombomonas girardiana</i>	5	24	<i>Trachelomonas spinosa</i>	5	0
<i>Strombomonas ovalis</i>	0	36	<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	70	100
<i>Strombomonas sp.1</i>	0	24	Pyrrophytophyta		
<i>Strombomonas treubii</i>	25	52	<i>Peridinium sp.1</i>	20	4
<i>Strombomonas triquetra</i>	10	36	<i>Peridinium sp.2</i>	0	76
<i>Trachelomonas acanthophora</i>	10	60	Xanthophyta		
<i>Trachelomonas amphoriformis</i>	5	44	<i>Centritractus sp.1</i>	35	16
<i>Trachelomonas armata</i>	85	92	<i>Centritractus sp.2</i>	20	8
<i>Trachelomonas cf. cervicula</i>	50	100	<i>Isthmochloron sp.</i>	15	8
<i>Trachelomonas cf. verrucosa</i>	20	88	<i>Tetraplektron sp.</i>	5	0
<i>Trachelomonas curta</i>	25	60			
<i>Trachelomonas gracillima</i>	20	0			
<i>Trachelomonas hispida</i>	45	52			
<i>Trachelomonas kellogii</i>	70	96			
<i>Trachelomonas lacustris</i>	10	8			
<i>Trachelomonas magdaleniana</i>	5	40			