



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE UN  
HUMEDAL TROPICAL EN LA RESERVA ECOLÓGICA  
EL EDÉN, QUINTANA ROO, MÉXICO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A**

**EVA TERESA CALDERÓN MEDINA**

**TUTORA: DRA. ROSA LUZ TAVERA SIERRA**



**2006**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

División de Estudios Profesionales

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:  
La comunidad fitoplanctónica de un humedal tropical en la Reserva  
Ecológica el Edén, Quintana Roo, México.

realizado por Eva Teresa Calderón Medina

con número de cuenta 09502218-7 , quien cubrió los créditos de la licenciatura en  
Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Tutor (a)  
Propietario Dra. Rosa Luz Tavera Sierra

Propietario Dr. Eberto Novelo Maldonado

Propietario Dr. Javier Carmona Jiménez

Suplente M. en C. Gerardo Rivas Lechuga

Suplente Biol. Mónica Ramírez Vázquez

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F., a 13 de junio  
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE Biología

del 2006

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA  
DE BIOLOGÍA

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Dr. Rosa Luz Tavera por su invaluable intervención y paciencia para llevar a cabo este trabajo a pesar de la distancia y discontinuidad de nuestros tiempos. Gracias por confiar en mí, también cuando la meta parecía inalcanzable.

A todo el personal de la Reserva Ecológica El Edén le agradezco todo su apoyo para la realización de este trabajo, en especial a Juan, Esther, Abundio y Eduardo por el gran afecto y amistad que me dedicaron durante mi estancia en esta reserva.

Agradezco al Dr. Eberto Novelo, al Dr. Javier Carmona, a Gerardo Rivas y a Mónica Ramírez por todos sus comentarios y correcciones, que gracias a ellos, pude poner en claridad muchos conceptos para lograr finalizar este trabajo.

A mis padres y a mi hermano gracias por su apoyo incondicional, comprensión y sobre todo el cariño que siempre me han brindado. A Marco por ser parte de los momentos más hermosos y felices de mi vida, y por que se que siempre estará a mi lado en las buenas y en las malas como lo ha hecho hasta hora. A todos mis amigos: Susana, Esteban, Fernando, Joselin, Andrés, Vannesa, Fernanda, Talia, Paola, Margarita, Vero, Dulce, María, Gustavo, Cafú, Mauricio, Daniel, Israel, Tania, Rosi, Cemiac, Angélica, Adni, Alejandro, Karla, Rosalina, Elisa, Ivone, Ulisses, Diego y Gabriela por compartir tantos momentos juntos, como fiestas, vacaciones, practicas de campo, exámenes, buceos etc. Gracias por ser tan buena onda conmigo.

Agradezco a PROBETEL y a CONACYT (proyecto 25264-N) por financiar parcialmente el estudio.

*Un ser humano es parte de un todo, llamado por nosotros universo, una parte limitada en el tiempo y el espacio. Se experimenta a sí mismo, sus pensamientos y sentimientos como algo separado del resto... algo así como una ilusión óptica de su conciencia. Esta falsa ilusión es para nosotros como una prisión que nos restringe a nuestros deseos personales y al afecto que profesamos a las pocas personas que nos rodean. Nuestra tarea debe ser el liberarnos de esta cárcel ampliando nuestro círculo de compasión para abarcar a todas las criaturas vivas y a la naturaleza en conjunto en toda su belleza*

*Albert Einstein*

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Los humedales: ¿Qué son los humedales?.....	1
Estructura y función de los humedales.....	2
Importancia de los humedales.....	3
Las algas y su interacción con los humedales.....	4
El fitoplancton y factores que afectan su crecimiento.....	5
OBJETIVOS.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos particulares.....	8
ÁREA DE ESTUDIO.....	8
MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
RESULTADOS.....	15
Análisis de riqueza y composición de especies.....	15
Evaluación de las variables ambientales.....	61
DISCUSIÓN.....	79
Composición y riqueza de especies fitoplanctónicas en el humedal.....	79
Variables ambientales y su relación con la biomasa, riqueza y composición de especies.....	80
CONCLUSIONES.....	84

PERSPECTIVAS.....	85
ANEXO.....	86
Técnicas de extracción de pigmentos y determinación de nutrimentos.....	86
LITERATURA CITADA.....	89

# LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE UN HUMEDAL TROPICAL EN LA RESERVA ECOLÓGICA EL EDÉN, QUINTANA ROO, MÉXICO.

## INTRODUCCIÓN

### **Los humedales: ¿Qué son los humedales?**

El concepto de humedal no es fácil de definir, debido a la diversidad de ambientes que son considerados humedales tales como pantanos, manglares, estuarios, ciénegas, turberas y zonas de inundación en tierras bajas o a las orillas de ríos y lagos. Los humedales tienen amplia distribución pero en ningún sitio ha sido fácil establecer sus límites, principalmente por su carácter altamente dinámico. Son ecosistemas únicos, distintos a los ecosistemas acuáticos y terrestres que los rodean y a pesar de que son una transición entre estos se caracterizan por inundaciones permanentes o lo suficientemente periódicas para promover alteraciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua y suelo (Vymazal 1995; Kadlec & Knight 1966). En estos ecosistemas se reúnen procesos acuáticos, crecimiento de vegetación hidrofítica y actividades biológicas a un ambiente húmedo (Tiner 1999; Kadlec & Knight 1996; Hejny & Segal 1998).

Estos ecosistemas se localizan en zonas muy húmedas, frías, templadas, tropicales, subtropicales, zonas áridas, cerca de las costas, ríos y lagos, inclusive en zonas montañosas. Los humedales abarcan aproximadamente  $8.6 \times 10^6 \text{ km}^2$ , con una superficie 6.4% en el mundo (Mitsch & Goseelink 1993); alrededor del 2% del área global han sido registrados en regiones polares, el 30% en zonas boreales, el 12% en subboreales, 25% en zonas subtropicales y 31% en los trópicos (Gorham 1991).

## **Estructura y función de los humedales**

La estructura y función de los humedales esta influida por el régimen hidrológico, duración, amplitud, frecuencia y tiempo de inundación (Mitsch & Gosselink 1993), así como también las propiedades del agua y sus movimientos, precipitaciones, flujo superficial, dirección, energía cinética, química del agua (Smith & Smith 2000), factores geomorfológicos y climáticos que dan como resultado una gran diversidad de hábitats.

El ciclo hidrológico en los humedales es el principal factor que influencia el tipo de vegetación (hidrofítica), fauna y suelos, así como la dinámica del ciclo biogeoquímico de los nutrientes en el suelo y agua. De acuerdo con Mitsch & Gosselink (1986) la acumulación de materia orgánica depende del aumento de la productividad primaria, que generalmente se incrementa debido al periodo de inundación y disponibilidad de nutrientes. El flujo del agua durante el periodo de inundación es responsable de la carga, descarga de nutrientes y sedimentos (Smith & Smith 2000).

La duración del régimen hidrológico varía entre los diferentes tipos de humedales y es importante para la clasificación de estos ecosistemas, existen algunos con hidroperiodos más largos, normalmente se inundan durante el periodo de lluvias y se secan durante la etapa de sequía; otros presentan periodos cortos de inundación asociados con el máximo caudal de los ríos, pero los influenciados por ambientes costeros (vientos y olas) presentan periodos de inundación que pueden ser mas cortos y regulares, sin sufrir las fluctuaciones estacionales de muchos humedales (Smith & Smith 2000).

Los humedales generalmente presentan suelos saturados de agua poco profunda ( $\leq 2$  m), con periódicas fluctuaciones en sus niveles (Mitsch & Gosselink 1993; Goldsborough & Robinson, 1996), son comúnmente anóxicos y permiten el crecimiento de plantas, árboles y agregados de algas principalmente adaptados a esta condición (Goldman & Horne 1994).

## **Importancia de los humedales**

La visión antropogénica ha considerado a los humedales como tierras baldías, áreas que deben ser drenadas para usos más productivos (tierras de cultivo, edificaciones, industrias y carreteras). En otro sentido, son catalogados como lugares con malos olores u hogar de insectos peligrosos, sin darse cuenta de la gran importancia ecológica, hidrológica y económica que estos ecosistemas representan.

La importancia ecológica de los humedales es invaluable, actúan como amortiguadores hidrológicos, regulando la temperatura atmosférica y humedad. También figuran entre los ecosistemas más productivos de la tierra y son fuentes primordiales de diversidad biológica (Gopal & Junk 2000), las interacciones entre los componentes físicos, biológicos y químicos de un humedal desempeñan muchas funciones importantes, como el almacenamiento de agua, protección contra tormentas y mitigación de inundaciones, estabilización del litoral, control de la erosión, recarga y descarga de acuíferos; juegan un papel a escala global en los ciclos biogeoquímicos (Mitsch y Gosselink 1993); actúan como filtradores de contaminación del agua mediante la retención de nutrientes, sedimentos y diversos tipos de contaminantes ya sean compuestos clorados, hidrocarbonados, incluyendo los DDT, toxafano y metilmercurio (Smith & Smith 2000), así como la estabilización de las condiciones climáticas locales particularmente la precipitación y la temperatura.

En las últimas décadas no se ha tenido ningún respeto hacia los humedales y han sido degradados por actividades humanas (agricultura, deforestación y contaminación) señalando una atención alarmante en la proporción de especies extintas en estos ecosistemas. La intervención humana (descarga de desechos) ha afectado de manera directa a los humedales causando alteraciones en la hidrología (enriquecimiento de nutrientes), lo cual pueden traer grandes consecuencias en el ciclo hidrológico y climático a nivel regional (Gopal & Junk 2000).

La acción legislativa enfatizada hacia la conservación de los humedales ha tenido algunos progresos, sin embargo, debido a las decisiones políticas y discusiones acerca de que características constituyen realmente a los humedales, permiten que sigan siendo amenazados (Mitsch & Gosselink 1993).

### **Las algas y su interacción con los humedales**

La importancia de las algas en los humedales como productores primarios radica en que es el punto de partida de muchos procesos físicos, químicos y biológicos que caracterizan a estos ecosistemas, pues encabezan la red trófica y sirven como alimento para distintos grupos de herbívoros; además de regular el flujo y asimilación de nutrimentos entre el sedimento y agua. Los principales grupos algales comúnmente registrados en la flora de los humedales son primordialmente diatomeas, algas verdes y cianofitas.

Dentro de los humedales se manifiestan diferentes formas de vida que interactúan entre sí, de acuerdo con Goldsborough (1996) estos grupos de algas son clasificados en distintas categorías: 1) Las algas epipélicas generalmente se desarrollan fijas a los sedimentos (perifiton) de manera expuesta o sumergida en la superficie de estos. Los crecimientos algales epipélicos forman costras constituidas principalmente por algas filamentosas que alcanzan varios centímetros de espesor. En algunas ocasiones los crecimientos fijos al sedimento se separan debido a la acumulación de burbujas de gas (Moss 1968; Durako *et al.*, 1982) y flotan en la superficie del agua. 2) Las algas epifíticas forman crecimientos postrados en la superficie de plantas vasculares y no vasculares sumergidas o emergentes; en algunas circunstancias estos crecimientos pueden estar sueltos y firmemente sujetos (Haines *et al.*, 1987). 3) Las algas metafíticas establecen crecimientos cohesivos de filamentos que flotan en la superficie del agua. Algunas veces los filamentos son de origen epifítico que por influencia de turbulencia en el agua son separados y pueden flotar a causa de los gases atrapados dentro de ellos. 4) Las algas fitoplanctónicas son aquellas que se distribuyen dentro de la columna de agua y pueden ser o no móviles.

Los crecimientos algales en los humedales están constituidos por diversos grupos de algas (poblaciones) que al compartir el mismo ambiente y hábitat interaccionan directa o indirectamente y conforman diferentes comunidades. Por lo cual podemos hablar de comunidades algales epipélicas, epifíticas, metafíticas y planctónicas.

## **El fitoplancton y factores que afectan su crecimiento**

El fitoplancton es la parte fotosintética del plancton y es la base de la red trófica, está constituido por muchas especies de cianofitas (algas verde azules), criptofitas, pirrofitas (dinoflagelados), clorofitas (algas verdes), euglenofitas, bacillariofitas (diatomeas), crisofitas y haptofitas (algas verde-amarillas y amarillo-doradas). Los organismos fitoplanctónicos pueden ser unicelulares o forman colonias o filamentos, algunos poseen flagelos o vesículas de flotabilidad (Brian 1996) distribuyéndose a través de la columna de agua.

Una propiedad importante de las comunidades de fitoplancton es la diversidad de dimensiones; se han propuesto (Sieburth et al., 1978) diferentes categorías de tamaños dentro de los grupos taxonómicos que difieren sobre órdenes de magnitud: picoplancton ( $>0.2-2 \mu\text{m}$ ), nanoplancton ( $>2-20 \mu\text{m}$ ), microplancton ( $>20-200 \mu\text{m}$ ) y mesoplancton ( $>200-2000 \mu\text{m}$ ). De acuerdo con Reynolds (1984) al expresar los tamaños del fitoplancton en términos de volumen en ecosistemas de agua dulce se extienden mínimo a ocho órdenes de magnitud.

Existen muchos factores que determinan la diversidad, composición y producción del fitoplancton, como las variaciones espaciales y temporales de la disponibilidad de nutrientes, herbivoría, cambios en la temperatura y parasitismo (Turpin & Harrison 1979; Crumpton & Wetzel 1982; Sommer 1984; Bergquist & Carpenter 1986), también la periodicidad estacional (que puede estar reflejada semana tras semana o mes a mes en la composición de especies), condiciones climáticas, fluctuaciones en los niveles de agua, precipitación e intensidad de luz; que generan cambios fisicoquímicos a los cuales reaccionan las comunidades fitoplanctónicas.

Los organismos fitoplanctónicos requieren de la disponibilidad de ciertos elementos para su crecimiento, el grado de escasez de nutrientes inorgánicos disueltos en la columna de agua puede determinar la proporción de crecimiento así como también el potencial máximo de su producción. La asimilación de nutrientes inorgánicos disueltos en el agua requiere de mecanismos de energía, son absorbidos al contacto con las membranas de las células (difusión) o por enzimas de transporte; la eficiencia de estos mecanismos opera diferente entre las especies (Titman 1976).

Redfield (1934) sugirió que las células que tienen balanceado el suplemento de nutrientes, podían tener una proporción de nitrógeno: fósforo de 16:1; lo que originó un punto de partida que indica la limitación (fisiológica) de nutrientes en las poblaciones de especies fitoplanctónicas, y por consiguiente la desproporción de estos nutrientes no permite su crecimiento óptimo. Estudios realizados en cuerpos de agua dulce indican claramente que la producción y biomasa del fitoplancton es controlada por la disponibilidad de fósforo (Schindler 1978; Wetzel 1983; Hecky & Kilham 1988); la competencia por los recursos (nutrientes) entre las diferentes comunidades de algas que se desarrollan en los humedales limita la disponibilidad de nutrientes e incapacitan su crecimiento.

Una diferencia importante entre las algas fitoplanctónicas y bénticas es la organización de la comunidad algal, el fitoplancton está separado en entidades suspendidas en la columna de agua con nutrientes disponibles en varias direcciones y las algas bénticas crecen sobre el sustrato y obtienen sus requerimientos de nutrientes a través de este. La organización espacial entre las comunidades algales influye fuertemente en la distribución de los nutrientes ya que las algas bénticas tienen la primera oportunidad de obtener y regular la disponibilidad de nutrientes entre los sedimentos y la columna de agua, por lo que las algas fitoplanctónicas dependen de esta regulación (Bjork-Ramberg 1985; Hansson 1990; Wetzel 1996).

El abastecimiento de nutrientes también está influenciado por la turbiedad, si hay suficiente luz que alcance la superficie de los sedimentos la biomasa de algas benthicas podría acumularse y limitar la disponibilidad de nutrientes en la columna de agua, lo que inhabilita potencialmente el crecimiento de fitoplancton (McGlathery et al., 1997). Sin embargo puede suceder lo contrario si disminuye el suministro de luz en los sedimentos, la biomasa de algas benthicas se reduciría en esta situación el fitoplancton podría competir con las algas benthicas por los nutrientes y la biomasa fitoplanctónica se incrementaría.

Los perfiles de temperatura prolongados podrían afectar el desarrollo del fitoplancton cuando la superficie de la columna de agua está ocupada por vegetación. Los filamentos de metafiton flotando generan debajo de ellos una rápida extinción de luz que da como resultado un cambio en la temperatura en humedales poco profundos (Goldsborough & Robinson 1996).

Otra variable importante que afecta indirectamente o directamente a las algas es la profundidad de la columna de agua (Kadlec 1979). Esta característica de poca profundidad en los humedales puede dar como resultado la suspensión de sedimentos por influencia del viento al mezclar la columna de agua (e.g., Harper & Bachmann 1984), o bien una estratificación termal prolongada que pueda obstaculizar la recirculación de nutrientes, esto no ocurre comúnmente y como resultado los nutrientes se distribuyen en toda la columna de agua (Goldsborough & Robinson 1996).

En el estudio que realizamos en el humedal de la Reserva Ecológica El Edén, durante el período de inundación de la sabana; encontramos un comportamiento de la comunidad fitoplanctónica que refleja en buena medida estas características físicas, químicas y ecológicas que hemos mencionado para los humedales.

# OBJETIVOS

## Objetivo General

Evaluar los cambios que presenta la comunidad fitoplanctónica durante el periodo de inundación en el humedal tropical en la Reserva Ecológica el Edén, Quintana Roo, México.

## Objetivos particulares

- Identificación de la composición de especies que integran a la comunidad fitoplanctónica del humedal.
- Establecer los cambios que presenta esta comunidad en el tiempo a través de los valores riqueza de especies (cálculo de riqueza de JackKnife) e indicar si existe alguna similitud entre las comunidades (coeficiente de comunidad de Sorensen).
- Evaluar los cambios de la comunidad fitoplanctónica expresados en biomasa (clorofila *a*)
- Determinar si las variaciones ambientales (temperatura, luz, nutrientes) explican los cambios en la composición y riqueza de especies en el humedal.

## ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Ecológica el Edén forma parte de la bioregión de Yalahau al noreste de la península de Yucatán en el estado de Quintana Roo, México. Se encuentra a 25 km del poblado Leona Vicario al oeste de Cancún, entre las latitudes 21° N y 21°11'30" N, y longitudes 87°10'30" O y 87°12'30" O. La Reserva consta de 15 km<sup>2</sup> de área con una altitud de 5 a 10 m snm (Figura 1)

El clima de la región es cálido subhúmedo, con lluvias todas las épocas del año y se manifiestan mayormente en verano; los vientos dominantes de la región provienen del sureste; la temperatura media anual es de 24.7 °C con una escasa oscilación y el mes más caliente en mayo; la precipitación anual es de 1511 mm (García 1981).

La Reserva presenta zonas anegadas en los meses de agosto hasta febrero y por esta razón se considera como un humedal (tropical), algunas de estas zonas están representadas en los dos sitios que abarca este estudio (Figura 1). Existen también cuerpos de agua permanentes cercanos a estas zonas, como cenotes y aguadas que presentan una vegetación circundante que comprende selva mediana, selva baja, sabana y tintales, ecosistemas característicos de la Península de Yucatán.

El humedal de estudio se caracteriza por presentar extensiones de tierras en transición entre sistemas acuáticos y terrestres cubiertas por agua poco profunda (alrededor de 10-30 cm), algunas veces esta es una condición temporal o intermitente (Becerra–Absalón & Tavera 2003) suficiente para originar distintos tipos de actividades biológicas adaptadas a ambientes húmedos (vegetación hidrofítica, algas; etc).

Algunos estudios previos realizados en la Reserva Ecológica el Edén mostraron que el periodo de inundación esta compuesto principalmente por formas perifíticas (su aspecto es como una esponja compacta de color café), epifíticas, metafíticas y fitoplanctónicas. En el periodo de seco las formas dominantes son perifíticas, estas adquieren una apariencia de hojuela y eventualmente forma costras grisáceas (Novelo & Tavera 2003).

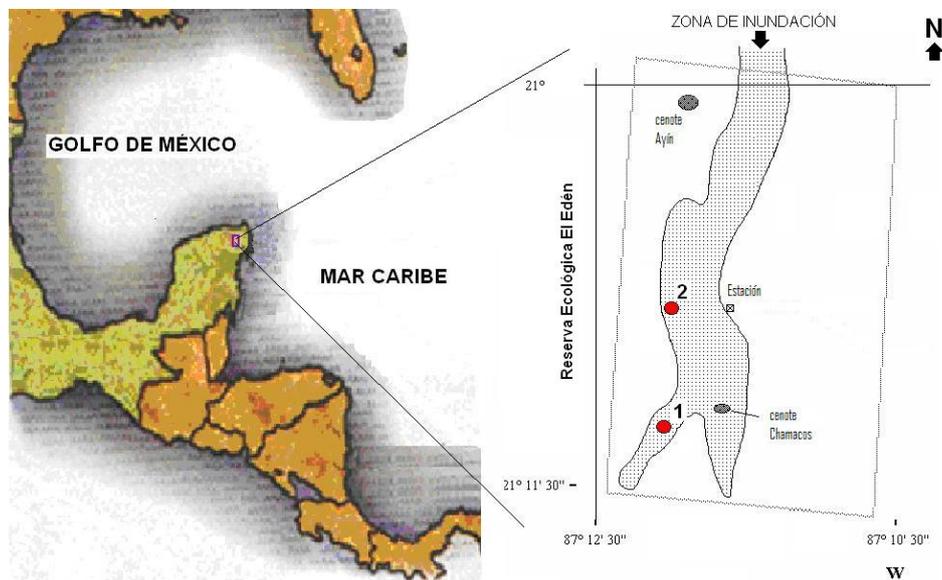
La recolección se ubicó en el sitio Sabana Sur y en el sitio Parcela 4 en la Reserva Ecológica El Edén. Estos sitios fueron seleccionados por presentar periodos de inundación, tipos de suelos y vegetación, así como, intensidad de radiación, temperatura, disponibilidad de nutrimentos y exposición al viento favorables para la proliferación de diferentes ensamblajes de algas que se dividen principalmente en cuatro, 1) perifíticas que se desarrollan encima del sustrato constituidas principalmente por algas filamentosas, 2) metafíticas forman crecimientos cohesivos de filamentos que flotan en la superficie del agua, 3) epifíticas establecen crecimientos postrados en la superficie de plantas vasculares y no vasculares sumergidas o emergentes, 4) fitoplanctónicas son aquellas que se desarrollan a través de la columna de agua.

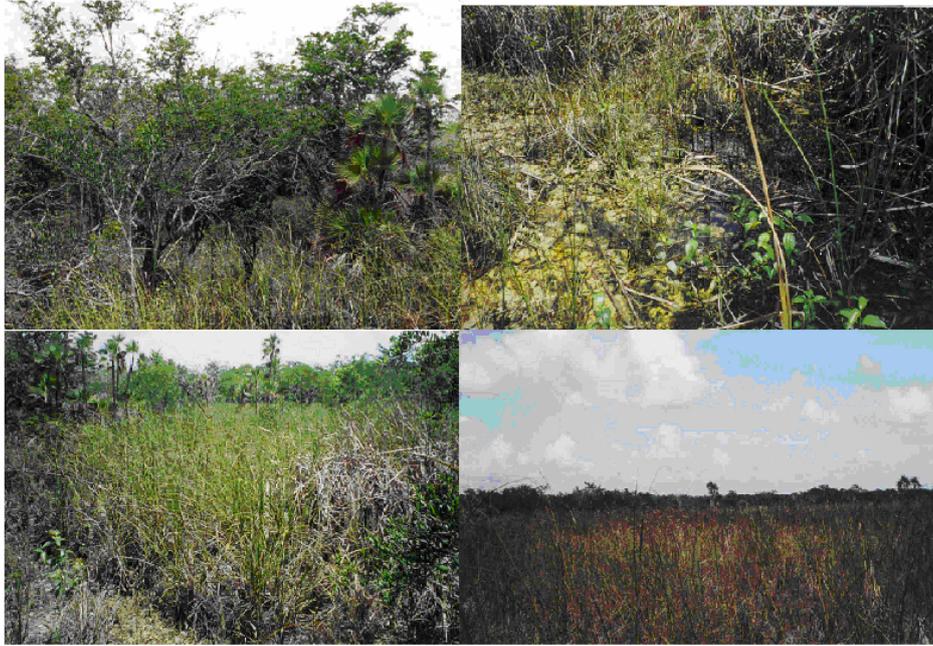
Durante el periodo de estudio considerado (de noviembre del 2002 a enero del 2003) el humedal presentó suelos saturados de agua, condición que permite el desarrollo de una comunidad fitoplanctónica. Se ha evidenciado en estudios anteriores

que la biomasa fitoplanctónica es alta al inicio de la temporada de lluvias y decrece a través del ciclo hidrológico en sitios donde la inundación del humedal permanece mayor tiempo; en sitios donde la inundación es intermitente o no permanece el suficiente tiempo inundado no ha sido posible evaluar las fluctuaciones de biomasa fitoplanctónica (Novelo & Tavera 2003).

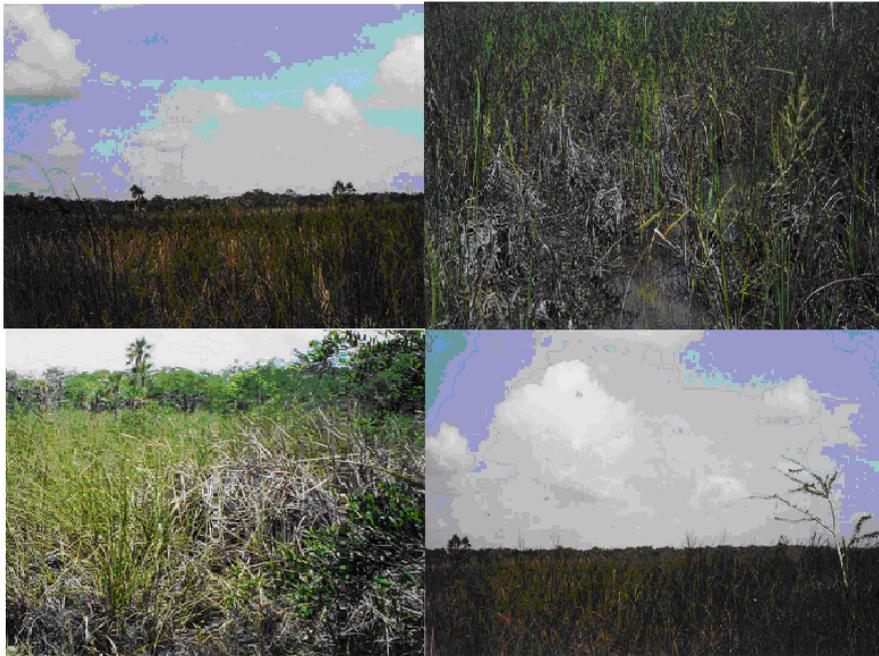
En el periodo de inundación los niveles de profundidad en la columna de agua varían en ambos sitios de estudio y están íntimamente relacionados con la temporada de lluvias; en Sabana Sur se observó una profundidad mínima de 30 cm y una máxima de 1m. En Parcela 4 la profundidad mínima fue de 10 cm y su máxima de 50 cm. La vegetación circundante en ambos sitios de recolecta esta representada por Ciperáceas con dominancia de *Cladium jamaicense* (navajuela), algunos manchones de tulares *Typha angustifolia* y árboles esparcidos de jicara, *Crescentia cujete* y palo tinto *Haematoxylon campechianum*, así como árboles de *Manilkara zapota* y *Byrsenima bucidactolia* en menor proporción (Rivero Castillo Juan com.pers., Figuras 2 y 3).

**Figura 1. Ubicación de la Reserva Ecológica El Edén y los sitios de estudio: (1) Sabana Sur y (2) Parcela 4**





**Figura 2. Vegetación circundante y crecimientos de algas en Parcela 4.**



**Figura 3. Vegetación circundante y crecimientos de algas en Sabana Sur**

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron 14 recolecciones semanales en el periodo de estudio (de noviembre del 2002 a enero del 2003), se muestreó de manera aleatoria dentro de un área delimitada de 9 m<sup>2</sup> en ambos sitios de estudio, recolectando 1L de agua (en frascos de boca ancha) en cada fecha de recolecta; esta muestra se utilizó para registro de la composición de especies, extracción de pigmentos (clorofila *a*), así como la determinación de la concentración de nutrimentos disueltos (fóforo reactivo soluble o FRS, nitrato y amonio) y fósforo total.

Para el estudio taxonómico de las especies; en cada sitio de estudio se tomó una muestra por fecha de recolecta (con red de 10 µm de apertura de malla) que fue preservadas con 2.5 % de formalina. Se realizaron tres preparaciones semipermanentes con gelatina glicerinada, por muestra, para la identificación de especies.

La determinación taxonómica se efectuó utilizando un microscopio (Nikon eclipse-E400) con cámara clara, las especies fueron registradas con dibujos a escala y se identificaron empleando bibliografía especializada: Geitler 1932; Komarek & Anagnostidis 1999; Kramer & Lange-Bertalot 1986; Patrick & Reimer 1996; Popovský & Pfiester 1990; Prescott *et. al.* 1982, 1989. Algunos organismos no se les asignó epíteto específico porque no se contó con la información (estructuras reproductoras) necesaria para su determinación.

La extracción de clorofila *a* se realizó con la técnica de Vollenweider (1974) y fue estimada como concentraciones en miligramos por litro en cada recolecta para ambos sitios de estudio (técnica en el Anexo). La determinación de la concentración de nutrimentos inorgánicos y fósforo total se efectuó por medio del espectrofotómetro Hach DR- 2010 utilizando los métodos apropiados registrados en el manual Hach (1997) (técnicas en el Anexo). Además en cada sitio de estudio se utilizaron sensores HOBO (concentradores de datos modelo H08-001-02 para temperatura y modelo HLI#474484 para irradianza PAR) para el registro de la temperatura (estimada en °C) y la radiación subacuática (estimada en Wm<sup>(-2)</sup>) que fueron colocados dentro del agua en el fondo del humedal, considerando mediciones continuas durante las 24 hr del día.

En el caso de la radiación subacuática sólo se utilizaron los datos registrados a partir de las 6:00 a 17:00 hr para los análisis estadísticos.

Para evaluar la riqueza de especies de cada sitio de estudio se utilizó el índice de Jackknife que es un estimador que evalúa la riqueza de especies con datos de presencia-ausencia. Para cada sitio de estudio se realizó una matriz de datos la cual contenía el total de especies, y un registro de ausencia o presencia en cada fecha de recolecta, señalando aquéllas especies únicas para el período de estudio. La fórmula para evaluar la riqueza de especies fue la siguiente:

$$\hat{S} = s + \left[ \frac{n-1}{n} \right] k$$

donde:

$\hat{S}$  = valor de riqueza de especies

s = número total de especies observadas en todas las fechas

n = número total de muestreos (es decir sumando todas las fechas)

k = número de especies únicas por fecha de recolecta.

Se determinó la varianza de la medida de riqueza (Jackknife) para ambos sitios de estudio con la siguiente fórmula:

$$\text{var}(\hat{S}) = \left[ \frac{n-1}{n} \right] \left[ \sum_{j=1}^s (j^2 f_j) - \frac{k^2}{n} \right]$$

donde:

$\text{var}(\hat{S})$  = varianza del estimador Jackknife

$f_j$  = número de fechas que contienen  $j$  especies únicas ( $j = 1, 2, 3, \dots, s$ )

k = número de especies únicas

n = número total de fechas (muestreos)

Se determinó el intervalo de confianza del índice de riqueza con la siguiente fórmula:

$$\hat{S} \pm t_{\alpha} \sqrt{\text{var}(\hat{S})}$$

donde:

$\hat{S}$  = estimador Jackknife de la riqueza de especies

$t_{\alpha}$  = valor de la T-student para los  $n - 1$  grados de libertad sabiendo el valor de  $\alpha$

$\text{var}(\hat{S})$  = varianza de  $\hat{S}$  de la ecuación anterior

La evaluación de la similitud entre ambas comunidades (Parcela 4 y Sabana Sur) se realizó con el coeficiente de comunidad de Sorensen. El coeficiente se determinó con la siguiente fórmula:

$$CC = \frac{2c}{s_1 + s_2}$$

CC = coeficiente de comunidad de Sorensen

c = número de especies comunes en ambas comunidades

$s_1$  y  $s_2$  = son el número de especies de la comunidad registrado en cada sitio de estudio.

En cada sitio se determinó el porcentaje de cada grupo basado en número de especies registradas por grupo durante el periodo de estudio Heterocontophyta (Bacillariophyceae y Xanthophyce) Dinophyceae, Cyanoprocaryota y Chlorophyta (Desmidiaceae y Charophyce), tomando como 100% al total de especies registradas.

Se efectuó un análisis de correlación para evaluar si la variación espacial y temporal en la biomasa fitoplanctónica (considerada como concentración de clorofila *a*) podrían ser explicadas en función de la variación espacial y temporal de los factores ambientales monitoreados. Esta correlación por otra parte, se realizó para mostrar si un análisis de regresión lineal múltiple podría sustentarse a partir de los datos obtenidos.

Para la formulación del modelo de regresión lineal múltiple se utilizó la transformación logarítmica de los valores de clorofila *a*, así como también el análisis de los datos ambientales y biológicos de manera conjunta, debido a que hay una alta variación individual en los datos para cada sitio de estudio. Se consideró como variable dependiente a la biomasa a través de la clorofila *a* y como variables independientes a los factores ambientales que fueron monitoreados. Tanto los análisis de correlación como de los de regresión lineal se realizaron con el paquete estadístico SPSS.

Para la formulación del modelo de regresión lineal múltiple se utilizó la transformación logarítmica de los valores de clorofila  $a$ , así como también el análisis de los datos ambientales y biológicos de manera conjunta, debido a que hay una alta variación individual en los datos para cada sitio de estudio. Se consideró como variable dependiente a la biomasa a través de la clorofila  $a$  y como variables independientes a los factores ambientales que fueron monitoreados. Tanto los análisis de correlación como de los de regresión lineal se realizaron con el paquete estadístico SPSS.

## RESULTADOS

### **Análisis de riqueza y composición de especies**

Para comparar la riqueza de especies entre los sitios estudiados se utilizó el índice de Jackknife (se realizó una matriz de datos por cada sitio de estudio de ausencia y presencia de especies ver Tablas 2 y 3). En Sabana Sur se registro un total de 51 especies y el valor de riqueza fue de  $\hat{S}=65.85$ ; la determinación de la varianza de la medida de riqueza presentó un valor de  $\text{var}(\hat{S})= 9.95$ ; el cálculo de la *t-student* para  $n - 1$  grados de libertad mostró que el intervalo confianza para el valor de riqueza fue de 71 a 60 especies (Tabla 1 y Figura 4)

En Parcela 4 se resgistró un total de 40 especies y el valor de riqueza de especies fue de  $\hat{S}= 53.92$ ; el valor de la varianza de la medida de riqueza observado fue de  $\text{var}(\hat{S})= 12.93$ ; el cálculo de la *t-student* para  $n - 1$  grados de libertad presentó un intervalo de confianza de 60 a 47 especies (Tabla 1 y Figura 4).

La evaluación de la similitud entre ambos sitios de estudio (Parcela 4 y Sabana Sur) con el coeficiente de comunidad de Sorensen, mostró un valor de 0.68 lo que indicó que ambos sitios de estudio son similares.

Tabla 1. Resumen de los datos obtenidos del índice de Jackknife.

	Parcela 4	Sabana Sur
$\hat{S}$	53.92	65.85
var ( $\hat{S}$ )	12.93	9.95
Intervalo de confianza	60 a 47 spp	71 a 60 spp
Número total de especies observadas	40	51

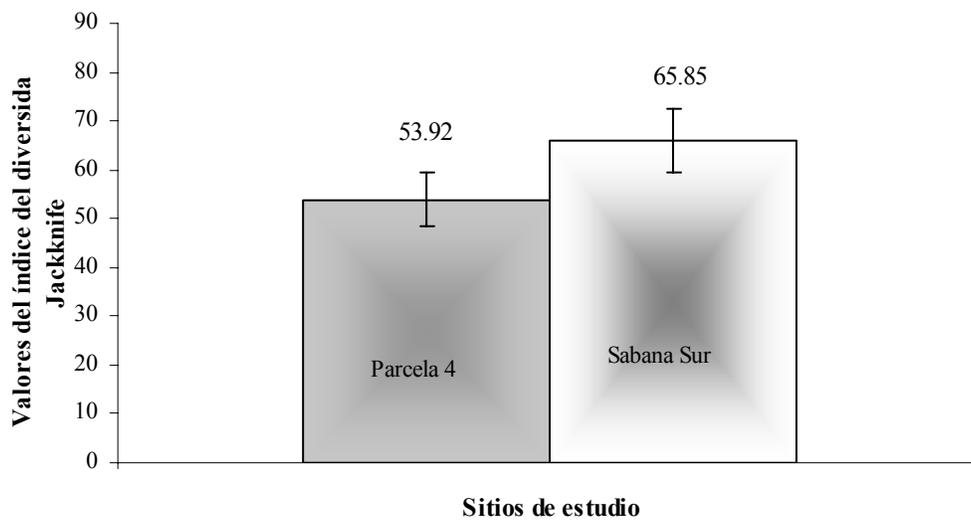


Figura 4. Valores del índice de diversidad del Jackknife en ambos sitios de estudio.

**Tabla. 2. Registro de presencia y ausencia de especies del índice de Jackknife por fecha de colecta para el sitio de estudio Parcela 4.**

	13/11/02	19/11/02	22/11/02	26/11/02	30/11/02	04/12/02	08/12/02	12/12/02	16/12/02	20/12/02	24/12/02	28/12/02	02/01/03	06/01/03
<b>Heterokontophyta (Bacillariophyceae)</b>														
<i>Cyclotella meneghiniana</i>		X			X	X	X			X			X	X
<i>Encyonema mexicanum</i>				X		X								X
<i>Encyonema neogracile</i>		X												
<i>Gomphonema affine</i>		X												
<i>Gomphonema vibrioides</i>										X	X		X	X
<i>Mastogloia smithii</i>		X				X	X				X	X	X	X
<i>Mastogloia elliptica</i>						X	X				X	X	X	X
<i>Navicula cryptotenella</i>		X								X			X	X
<i>Navicula heimansii</i>														X
<i>Pinnularia tropica</i>						X								
<i>Rhopalodia gibba</i>											X	X		
<i>Ulnaria ulna</i>													X	X
<b>Dinophyta</b>														
<i>Peridinium africanum</i>										X				
<i>Peridinium lomnickii</i>			X	X										
<b>Cyanoprokaryota</b>														
<i>Aphanocapsa koordersii</i>	X													
<i>Aphanocapsa nubilum</i>														X
<i>Aphanothece conglomerata</i>		X	X		X			X	X	X	X			
<i>Aphanothece variabilis</i>	X		X	X	X					X	X			
<i>Chroococcus deltooides</i>		X		X						X				
<i>Chroococcus dispersus</i>			X	X							X			X
<i>Chroococcus obliteratus</i>		X	X	X	X	X			X		X	X	X	X
<i>Gloeocapsa gelatinosa</i>		X	X					X		X	X			

**Tabla 2. Continuación**

**Chlorophyta (Desmidiaceae,  
Charophyceae)**

<i>Cosmarium conspersum</i>									X	
<i>Cosmarium hammeri</i> var. <i>protuberans</i>									X	
<i>Cosmarium margaritatum</i>									X	
<i>Cosmarium melanosporum</i>								X	X	
<i>Cosmarium orthostichum</i> var. <i>compactum</i>				X				X		
<i>Cosmarium pachydermun</i> var. <i>pusillum</i>				X			X			
<i>Cosmarium phaseolus</i> var. <i>elevatum</i>								X		
<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i>			X	X	X		X		X	
<i>Cosmarium pyramidatum</i> var. <i>borgei</i>	X							X		
<i>Cosmarium regnellii</i> var. <i>pseudoregnellii</i>								X	X	
<i>Cosmarium undulatum</i> var. <i>minutum</i>		X		X				X		
<i>Staurastrum archerii</i>	X	X		X					X	
<i>Staurastrum arctiscon</i> var. <i>truncatum</i>		X								
<i>Staurastrum gracile</i> var. <i>coronulatum</i>	X									
<i>Staurastrum laeve</i>							X			
<i>Staurastrum pingue</i>	X			X				X		
<i>Pleurotaenium trabecula</i>		X					X	X	X	
<b>Heterokontophyta (Xanthophyceae)</b>										
<i>Tetraëdriella regularis</i>				X						

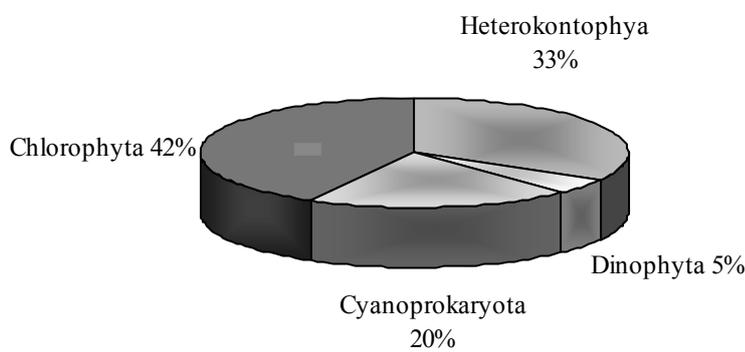
**Tabla. 3. Registro de presencia y ausencia de especies del índice de Jackknife por fecha de colecta para el sitio de estudio Sabana Sur.**

	13/11/02	19/11/02	22/11/02	26/11/02	30/11/02	04/12/02	08/12/02	12/12/02	16/12/02	20/12/02	24/12/02	28/12/02	02/01/03	06/01/03
<b>Heterokontophyta (Bacillariophyceae)</b>														
<i>Cyclotella menghiniana</i>														X
<i>Denticula kuetzingii</i>		X												
<i>Encyonema silesiacum</i>							X					X		
<i>Encyonema mexicanum</i>					X					X			X	X
<i>Encyonema mesianum</i>					X		X					X		
<i>Encyonopsis cesatii</i>									X				X	
<i>Gomphonema affine</i>	X	X												
<i>Gomphonema gracile</i>									X			X		
<i>Gomphonema vibrioides</i>												X		
<i>Mastogloia smithii</i>					X	X	X	X		X	X			X
<i>Mastogloia elliptica</i>					X									
<i>Navicula cryptotenella</i>											X			
<i>Pinnularia major</i>					X									
<i>Pinnularia tropica</i>		X					X							
<i>Rhopalodia gibba</i>													X	
<i>Ulnaria ulna</i>								X				X		
<b>Dinophyta</b>														
<i>Peridinium africanum</i>					X									
<i>Peridinium lomnickii</i>							X		X					
<i>Peridinium umbonatum</i>					X									
<b>Cyanoprokaryota</b>														
<i>Aphanocapsa koordersii</i>						X								
<i>Aphanocapsa nubilum</i>	X		X	X										
<i>Aphanothece conglomerata</i>		X				X	X							
<i>Aphanothece variabilis</i>	X	X		X		X								
<i>Chroococcus deltooides</i>	X	X			X				X		X			
<i>Chroococcus dispersus</i>	X			X	X									

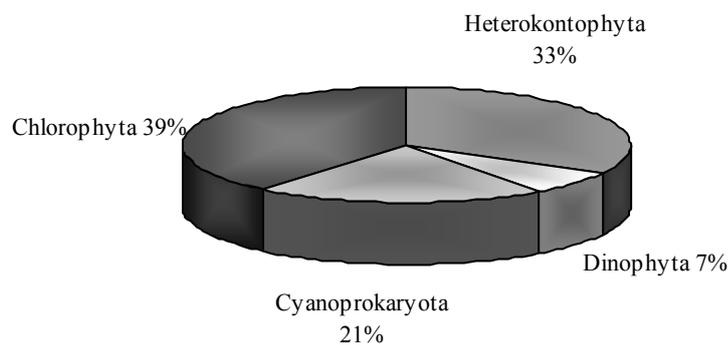
**Tabla 3. Continuación**

	X								
<i>Chroococcus distans</i>									
<i>Chroococcus obliteratus</i>	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Gloeocapsa gelatinosa</i>		X	X			X	X		
<i>Phormidium sp.</i>	X	X	X						
<i>Leptolyngbya sp.</i>					X	X	X		
<b>Chlorophyta (Desmidiaceae, Charophyceae)</b>									
<i>Cosmarium granatum</i> var. <i>elongatum</i>	X	X	X	X					
<i>Cosmarium margaritatum</i>		X							X
<i>Cosmarium melanosporum</i>		X			X		X	X	
<i>Cosmarium orthostichum</i> var. <i>compactum</i>									X
<i>Cosmarium phaseolus</i> var. <i>elevatum</i>						X			
<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i>	X	X	X	X	X	X		X	X
<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i> var. <i>extensum</i>		X							
<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i> var. <i>oculatum</i>		X		X					
<i>Cosmarium pseudoquadratum</i>		X	X						
<i>Cosmarium regnellii</i> var. <i>pseudoregnellii</i>					X				
<i>Cosmarium scopulorum</i>	X	X							
<i>Cosmarium subtumidum</i>					X		X		
<i>Cosmarium subtumidum</i> var. <i>minutum</i>	X				X	X	X	X	
<i>Desmidium aptogonum</i>							X		
<i>Desmidium asymmetricum</i>					X	X			
<i>Staurastrum archerii</i>		X	X	X					
<i>Staurastrum arctiscon</i> var. <i>truncatum</i>	X	X	X	X					
<i>Staurastrum laeve</i>				X	X				
<i>Staurastrum pingue</i>		X							
<i>Pleurotaenium trabecula</i> var. <i>trabecula</i>							X		
<b>Heterokontophyta (Xanthophyce)</b>									
<i>Tetraëdriella regularis</i>	X	X							

Los porcentajes de los grupos de especies para el sitio Parcela 4 son los siguientes: Heterokontophyta 33% (Bacillariophyceae y Xanthophyceae), Dinophyta 5%, Cyanoprokaryota 20%, Chlorophyta 42% (Desmidiaceae y Charophyceae) (Figura 5). En el caso del sitio Sabana Sur Heterokontophyta 33% (Bacillariophyceae y Xantrophyceae), Dinophyta 7%, Cyanoprokaryota 21%, Chloropyta 39% (Desmidiaceae, Charophyceae) y durante el periodo de estudio (Figura 6). Dichos porcentajes mostraron que en ambos sitios de estudio el grupo de especies dominantes fueron las Chlorophytas.

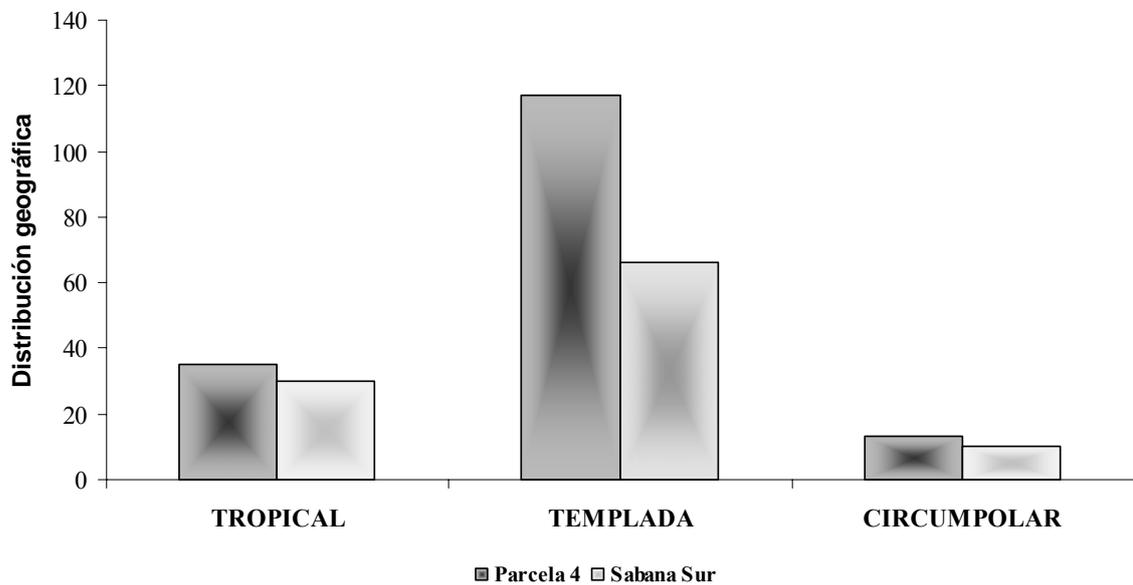


**Figura 5. Porcentaje de los grupos taxonómicos registrados para el sitio de estudio Parcela 4.**



**Figura 6. Porcentaje de los grupos taxonómicos registrados para el sitio de estudio Sabana Sur.**

De las especies registradas durante el estudio en ambos sitios, se tomaron como referencia las Desmidiaceas para analizar su distribución geográfica pues son el componente más importante del fitoplancton, a diferencia de los demás grupos observados. La distribución geográfica de las desmidias para Sabana Sur fue la siguiente: existen 30 registros de regiones tropicales, 66 de regiones templadas y 10 de regiones circumpolares. Para Parcela 4 se obtuvieron 35 registros de regiones tropicales, 117 de regiones templadas y 13 de regiones circumpolares (Figura 7).



**Fig. 7. Distribución geográfica de las desmidias (número de registros bibliográficos) en Parcela 4 y Sabana Sur.**

## **Descripción de especies:**

### **Cyanoprokaryota**

#### **Chroococcales**

#### **Chroococcaceae Nägeli 1949**

*Chroococcus deltooides* Komárek et Novelo (Lámina 1, Figura 1)

Células solitarias, raramente forman colonias; el mucílago es fino, homogéneo, incoloro, no estratificado. Células ovales, hemisféricas o deltoidiformes, verde azul pálido con una ligera granulación amarillo pardusca. Diámetro de las células 9.3-23.5  $\mu\text{m}$ .

Se registró en los sitios Parcela 4 y Sabana Sur durante el inicio y mitad del periodo de estudio. Es una especie descrita en humedales con vegetación sumergida para Cuba, Florida, en regiones costeras y centrales de México; es una especie tropical.

*Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann (Lámina 1, Figura 3)

Colonias microscópicas con células más o menos esféricas en grupos de 7-9 células distantes unas de otras pero con un mucílago común, margen claramente delimitado homogéneo, presenta capas gelatinosas difluentes. Células esféricas o hemisféricas, azul verde pálido. Largo de las células 2.4-5.76  $\mu\text{m}$ . Ancho de las células 1.92-4.32  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Parcela 4 se observó durante el inicio y final del periodo de estudio, en Sabana Sur sólo se encontró al inicio del periodo de estudio.

Es una especie planctónica de charcos y lagos transparentes principalmente en zonas templadas (EEUU., Eurasia) y aunque hay varios registros para zonas tropicales (África, Brasil, Sri Lanka), Komárek y Anagnostidis (1999) señalan que tales registros requieren confirmación.

*Chroococcus distans* (G.M. Smith) Komárková-Legnerová et Cronberg (Lámina 1, Figura 4)

Colonias delicadas, mucilaginosas, incoloras, homogéneas con márgenes difluentes, flotando libremente; células microscópicas mas o menos esféricas, usualmente con 4-10 células, las cuales están dispuestas irregularmente dentro del mucílago, usualmente distante una de otra, raramente en grupos irregulares. Células esféricas u ovales, color verde azul. Largo de las células 4.5-7.0  $\mu\text{m}$ . Ancho 4.5-6.2  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur durante al inicio del periodo de estudio.

Es una especie planctónica en lagos de agua dulce oligotróficos o mesotróficos y presas, se distribuye en áreas del Norte de América y Eurasia y en países tropicales (Venezuela). Algunas veces se ha reportado en habitats ligeramente salinos (Komárek & Anagnostidis 1999).

*Chroococcus obliteratus* Richter (Lámina 1, Figura 2)

Células solitarias o en colonias con 2-4 células, esféricas o hemisféricas, verde azul pálido, presentan una envoltura gelatinosa incolora claramente delimitada siguiendo el contorno de las células. Largo de las células 4.8-10.56  $\mu\text{m}$ . Ancho de las células 3.84-8.64  $\mu\text{m}$ .

En el Edén crece en aguas poco profundas con vegetación hidrofítica, es una especie con forma de vida planctónica. Se registró en los sitios Parcela 4 y Sabana Sur durante todo el periodo de estudio.

Esta especie es común en aguas someras con vegetación sumergida y ocasionalmente se encuentra en el plancton de cuerpos de agua poco profundos. Es una especie de zonas templadas poco abundante y su registro tropical no esta confirmado, aunque Komárek y Anagnostidis (1999) sugieren una posible distribución cosmopolita.

## **Synechococcaceae Komárek et Anagnostidis 1995**

### **Aphanotheceae Komárek et Anagnostidis 1995**

#### *Aphanothece conglomerata* Rich (Lámina 1, Figura 5)

Colonias con forma amorfa, color verde olivo con aerotopos visibles. Células (4-8) elipsoidales, vaina firme homogénea, Largo de las células 4.8-9.1  $\mu\text{m}$ . Ancho de las células 4.8-6.7  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en Parcela 4 y Sabana Sur durante el inicio y mitad del periodo de estudio.

Es una especie bien definida en zonas tropicales y subtropicales, caracterizada como planctónica y metafítica. Fue descrita para Sudáfrica y ha sido registrada por Komárek y Anagnostidis (1999) en Florida y Venezuela.

#### *Aphanothece variabilis* (Schiller) Komárek (Lámina 1, Figura 6)

Colonias amorfas, color verde-azul pálido, no presenta nanocitos ni aerotopos visibles en las células. Células ovales a cilíndricas con el final redondeado, ordenadas irregularmente, vaina difluente sin color; Largo de las células 3.8-4.8  $\mu\text{m}$ . Ancho de las células de 2.4-3.3  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Parcela 4 se observó durante el inicio y mitad del periodo de estudio, para Sabana Sur únicamente se observó al inicio del periodo de estudio.

Es una especie tropical descrita para humedales costeros en el caribe. Ha sido también registrada en Brasil y las costas de Venezuela (Komárek & Anagnostidis 1999).

### **Merismopediaceae Elenkin 1933**

#### **Merismopedioideae Komárek et Anagnostidis 1992**

*Aphanocapsa koordersii* Strom (Lámina 2, Figura 1)

Colonias microscópicas, con arreglo irregular, color verde-azul grisáceo, vaina hialina, homogénea y difluente, sin color. Células esféricas irregularmente distribuidas, color verde azul pálido, sin gránulos. Diámetro de las células 1.92-3.8  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Parcela 4 se observó durante el inicio del periodo de estudio, para Sabana Sur se observó a la mitad del periodo de estudio.

Es una especie planctónica registrada por Geitler (1932) en lagos en Java. En América fue registrada en Venezuela (Komárek & Anagnostidis 1999). Es una especie con distribución tropical.

*Aphanocapsa nubilum* Komárek et Kling (Lámina 2, Figura 2)

Colonias pequeñas, microscópicas flotando libremente, en forma de nube. Vaina hialina, difluente sin color. Células esféricas irregularmente distribuidas y laxamente dispuestas, color verde azul pálido; diámetro 1.9-2.2  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Parcela 4 se observó a finales del periodo de estudio y para Sabana Sur sólo se observó al inicio del periodo de estudio.

Es una especie planctónica de humedales, charcos y lagos transparentes; Komárek y Anagnostidis (1999) la consideran probablemente cosmopolita.

## **Microcystaceae Elenkin 1933**

*Gloeocapsa gelatinosa* (Meneghini) Kützing (Lámina 2, Figura 3)

Colonias microscópicas formando mucílagos grisáceos, verde olivo a amarillentos que componen agregados subcoloniales. Células esféricas, verde azul, solitarias o en grupos envueltas por mucílagos no muy amplios e incoloros, bien delimitados. Diámetro de la células 1.8-4.8  $\mu\text{m}$ .

Es una especie que ha sido registrada (Komárek & Angnostidis 1999) en cuerpos de agua dulce en regiones tropicales (África y Asia) y templadas (EEUU y Europa).

## **Oscillatoriales**

### **Phormidiaceae Anagnostidis et Komáred 1988**

#### **Phormidioideae**

*Phormidium* sp.1 (Lámina 2 Figura 4).

Filamentos solitarios; las vainas son facultativas, firmes e incoloras, no estratificadas y abiertas en los polos; talo fino, delgado. Tricoma cilíndrico, color verde azul claro, los filamentos son flexuosos; la forma de las células es cilíndrica; las células apicales están redondeadas y ligeramente puntiagudas; septos con gránulos finos. Largo de las células 2.9-4.8  $\mu\text{m}$ . Relación largo-ancho de las células 0.6-1.6 veces.

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur durante el inicio y mitad del periodo de estudio.

## **Oscillatoriales**

### **Pseudanabaenaceae**

*Leptolyngbya* sp.1 (Lámina 2. Figura 5)

Filamentos solitarios, rectos; vaina delgada, firme e incolora, la vaina se encuentra abierta en la parte apical. Células mas largas que anchas, con contenido más o menos homogéneo, color verde azul pálido, presenta gránulos muy escasos; las células apicales están redondeadas, sin engrosamientos de la pared. Los septos están constreñidos. Largo de la células 4.8-9.6  $\mu\text{m}$ . Relación largo-ancho 0.5-2 veces.

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur durante la mitad del periodo de estudio.

## **Heterokontophyta**

### **Bacillariophyceae**

#### **Centrales**

#### **Coccinodiscineae**

#### **Thalassiosiraceae Lebour 1930, emend. Hasle 1973**

*Cyclotella meneghiniana* Kützing (Lámina 2, Figura 6)

Células cilíndricas y solitarias. La superficie de la valva es convexa con ligeras ondulaciones. Estrías uniseriadas, se encuentran en la parte marginal, las estrías están muy marcadas y delimitan la zona central, forman un anillo en la periferia de la valva; no presentan fultopórtulas marginales. Las fultopórtulas centrales regularmente ordenadas pericentralmente. Diámetro de las valvas 14.4-16.3  $\mu\text{m}$ , diámetro del campo medio 3.8-5.2, longitud de las estrías 1.9-3.3  $\mu\text{m}$ , densidad de las estrías 8-11 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Parcela 4 se observó durante todo el periodo de estudio, para Sabana Sur se observó únicamente a finales del periodo de estudio.

Es una especie planctónica en charcos y lagos, ha sido registrada en el Edén por Novelo (com. pers.) con un intervalo de diámetro de 10-20  $\mu\text{m}$ .

## **Pennales**

### **Raphidineae**

*Encyonema mesianum* (Cholnoky) D.G. Mann (Lámina 2, Figura 7)

Valva con forma cimbeloide, fuertemente dorsiventral, el margen ventral recto ligeramente hinchado en la parte central. Las terminaciones de la valva estan redondeadas en los polos no alargadas. El área central redondeada, área axial estrecha y recta; rafe lateral en posición ventral con terminaciones distales extendiéndose perpendicularmente hacia el borde dorsal. Presenta un estigma dorsal pequeño. Largo de las valvas 45-58  $\mu\text{m}$ , ancho de las valvas 11-12.5. Densidad de estrías de 10-11 en 10  $\mu\text{m}$ , densidad de puntos: 20 in 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio Sabana Sur durante la mitad y final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada en el Edén por Novelo (com. pers.) con un crecimiento de forma metafítico y perifítico en cenotes, charcos y sabana inundada, sin embargo fue colectada recurrentemente en el plancton de cenotes y en el periodo de inundación en la sabana, en el perifiton durante el periodo seco. Se considera de distribución templada, pero hay algunos registros en América.

*Encyonema mexicanum* Krammer (Lámina 2, Figura 8)

Valva con forma cimbeloide, fuertemente dorsiventral, margen ventral ligeramente convexo; las terminaciones de la valva con forma aguda en los polos, no alargadas. Área axial estrecha recta; área central pequeña ligeramente redondeada. Rafe en posición ventral; estrías centrales ligeramente radiadas, claramente punteadas. Largo de las valvas 34-40  $\mu\text{m}$ , ancho 8.5-10  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías 9-10 en 10  $\mu\text{m}$  (centrales dorsales), 13 en 10  $\mu\text{m}$  (centrales ventrales); densidad de puntos 20 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en Sabana Sur y Parcela 4 durante la mitad y final del periodo de estudio.

En El Edén es una especie poco frecuente en el plancton, registrada por Novelo (com. pers.) como crecimientos metafíticos y perifíticos de cenotes, charcos y sabana inundada. Se considera de distribución exclusivamente tropical (Krammer 1997).

*Encyonema neogracile* Krammer (Lámina 2, Figura 9)

Valva con forma cimbeloide; margen dorsal convexo, margen ventral ligeramente hinchado en la parte central; las terminaciones de la valva con forma aguda a ligeramente redondeadas en los polos, no alargadas. Área axial amplia y recta, no distinguible el área central; rafe en posición ventral, ligeramente lateral. Estigma presente; estrías centrales paralelas y en sus terminaciones paralelas a ligeramente radiales, claramente punteadas. Largo de las valvas 43-60  $\mu\text{m}$ , ancho 8-12  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías 9-10 en 10  $\mu\text{m}$ , (centrales dorsales), 14 en 10  $\mu\text{m}$  (centrales ventrales); densidad de puntos 24-26 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio Parcela 4 al inicio del periodo de estudio. Ha sido registrada anteriormente en El Edén por Novelo (com. pers.) como crecimientos metafíticos y perifíticos en cenotes, charcos y sabana inundada; raramente se encuentra en el plancton, en la sabana en el periodo seco es poco frecuente en el perifiton. Se considera de distribución templada, pero hay algunos registros en América.

*Encyonema silesiacum* (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann (Lámina 2, Figura 10a y 10b)

Valva con forma cimbeloide; margen dorsal curvado, margen ventral recto; las terminaciones de la valva con forma aguda en los polos, no alargadas. Área axial estrecha y recta, el área central pequeña, redondeada. Rafe en posición ventral, ligeramente lateral con fisura cerrada proximal al margen dorsal; fisuras distales curvadas ventralmente; estigma presente cerca de la estría central. Estrías punteadas, radiales en el centro y paralelas en los polos. Largo de las valvas 20-25  $\mu\text{m}$ , ancho 5-6.5  $\mu\text{m}$ . Estrías centrales dorsales 14-16 en 10  $\mu\text{m}$ , estrías centrales ventrales 16-18 en 10  $\mu\text{m}$ ; densidad de puntos 28-30 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur a la mitad y final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido reportada en El Edén por Novelo (com. pers.) principalmente como crecimientos perifíticos y poco frecuente en el metafiton en la sabana inundada, cenotes y charcos, esta raramente presente en el plancton de la sabana inundada y cenotes. Se considera de distribución cosmopolita.

*Encyonopsis cesatii* (Rabenhorst) Krammer (Lámina 2, Figura 11)

Frústulo con forma naviculoide, ligeramente dorsiventral, con márgenes tenuemente convexos; las terminaciones de la valva con forma aguda en los polos, ligeramente alargadas. Área axial delgada, recta; área central pequeña lateral. Rafe lateral ligeramente ventral con terminaciones proximales y pequeñas fisuras. Estrías centrales tenuemente radiadas, estrías terminales radiadas, finamente punteadas. Largo de las valvas 21-27  $\mu\text{m}$ , ancho 4-5  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías centrales 20-24 en 10  $\mu\text{m}$ , densidad de estrías terminales 24-26 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur durante la mitad y final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada en El Edén por Novelo (com. pers.) principalmente como crecimientos perifíticos en la sabana inundada, cenotes y charcos. Se encuentra raramente en el metafiton de la sabana inundada y en el plancton de cenotes. Se considera de distribución templada, pero hay algunos registros en América.

*Gomphonema affine* Kützing (Lámina 2, Figura 12)

Valva clavada; la mitad superior de la valva es mas corta que la inferior, los polos apicales redondeados, los polos de la base agudos; márgenes convexos. Rafé lateral con fisuras terminales, área axial angosta, recta; área central ligeramente redondeada, unilateral, con un estigma central; estrías punteadas, paralelas a ligeramente radiadas en toda la valva; en la parte central de la valva algunas estrías están ligeramente separadas, estrías terminales ligeramente radiadas y curvadas. Largo 54-60  $\mu\text{m}$ , ancho 10-11.5  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías centrales de 8-12 en 10  $\mu\text{m}$ , densidad de las estrías terminales de 9-10 en 10  $\mu\text{m}$ . Densidad de puntos 16-20 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en los sitios de estudio Parcela 4 y Sabana Sur durante el inicio del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada en El Edén por Novelo (com. pers.) como poco frecuente en el plancton, su crecimiento es principalmente perifítico en sabana inundada, cenotes y charcos. De acuerdo con Patrick y Reimer (1966) ha sido reportada en regiones templadas (California, Washington y Europa Central), es una especie tolerante a amplios rangos de conductividad en cuerpos de agua dulce. Se considera de distribución cosmopolita.

*Gomphonema gracile* Ehrenberg (Lámina 3, Figura 1)

Valva linear, lanceolada, casi con forma romboidal; la mitad de la valva superior es mas corta que la inferior. Los polos apicales y de la base agudos, ligeramente redondeados, estrechos. Rafe oblicua, fisuras terminales del rafe rectas; área axial delgada, área central radiada pequeña, con un estigma central. Estrías punteadas, las estrías terminales son paralelas a ligeramente radiales, en la parte central las estrías son distantes entre si, ligeramente radiales, Presenta un nódulo central cargado hacia un lado. Largo 53.8-60.4  $\mu\text{m}$ , ancho 8-10.5  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías centrales 11-14 en 10  $\mu\text{m}$ , densidad de estrías terminales 10-14 en 10  $\mu\text{m}$ ; densidad de puntos 28 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio Sabana Sur durante la mitad y final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada en El Edén por Novelo (com. pers.) como poco frecuente en el plancton, su crecimiento es principalmente perifítico en sabana inundada, cenotes y charcos. Se considera de distribución cosmopolita.

*Gomphonema vibrioides* E. Reichardt et Lange-Bertalot (Lámina 3, Figura 2)

Valva naviculoide, con la porción central ensanchada, formando tres ondulaciones; la mitad de la valva superior es mas corta que la inferior. Los polos apicales y de la base ligeramente agudos, redondeados. Rafe lateral curvado hacia un lado, con fisuras proximales curvadas. Largo de la valva 62-95  $\mu\text{m}$ , ancho 8-10  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías centrales 9-12 y densidad de estrías terminales 10-11 en 10  $\mu\text{m}$ . Densidad de puntos 20 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en el sitio Sabana Sur se observó únicamente al final del periodo de estudio, para el sitio Parcela 4 se encontró a la mitad y final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada en El Edén por Novelo (com. pers.) como planctónica en cenotes y en el humedal anegado. Se considera de distribución exclusiva en América tropical.

*Mastogloia elliptica* (Agardh) Cleve (Lámina 3, Figura 3a y 3b)

Valva lineal elíptica a lanceolada elíptica; polos ligeramente redondeados, alargados. Área axial recta y área central redondeada. Rafe recto; estrías punteadas, radiadas en el centro y paralelas a los polos. Partecta aproximadamente 1/3 del ancho de la valva. Largo 38.8-42.2  $\mu\text{m}$ , ancho 10.8-12  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías 15 en 10  $\mu\text{m}$ . Densidad de puntos 15-16 en 10  $\mu\text{m}$ ; 8 partecta en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en los sitios de estudio Sabana Sur y Parcela 4 durante la mitad y final del periodo de estudio. Es una especie que ha sido reportada por Patrick y Reimer (1966) en los Estados Unidos. Se considera de distribución cosmopolita.

*Mastogloia smithii* Thwaites (Lámina 3, Figura 4a y 4b)

Valva lanceolada a lanceolada elíptica con terminaciones subrostrados; polos agudos redondeados. Área axial recta estrecha; área central elíptica a rectangular. Estrías ligeramente radiadas formadas por una única fila de puntos; estrías centrales regularmente acortadas. Rafe filiforme recto, ligeramente lateral con fisuras terminales curvadas hacia la misma dirección. Partecta del mismo tamaño con márgenes internos rectos a ligeramente convexos. Largo 36-40.8  $\mu\text{m}$ , ancho 10.56-12  $\mu\text{m}$ . Densidad estrías 18-19 en 10  $\mu\text{m}$ . Densidad de puntos 16-20 en 10  $\mu\text{m}$ . Partecta 5-6 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó a la mitad y final del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró a lo largo del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada previamente en El Edén como poco abundante en el plancton, con intervalos diferentes, de largo 28-56  $\mu\text{m}$  y ancho de 7.6-9.5  $\mu\text{m}$  (Novelo com. Pers.)

La distribución de esta especie es para regiones tropicales y templadas (Inglaterra y Europa) de acuerdo con Patrick y Reimer (1966). Se considera de distribución cosmopolita.

*Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot (Lámina 3, Figura 5)

Frústulo solitario de talla mediana; valva lanceolada con márgenes convexos. Terminaciones de la valva agudas, ligeramente alargadas con polos redondeados. Rafe con fisuras proximales, cerrado y recto, fisuras terminales rectas. Nódulo central pequeño. Área axial estrecha, lineal; área central pequeña, lanceolada. Estrías finamente lineoladas, rectas; las estrías son radiadas en el centro a ligeramente convergentes en los extremos. Largo 26.88-30.24  $\mu\text{m}$ , ancho 6.3-7.2  $\mu\text{m}$ . Densidad de las estrías 13 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en el sitio Sabana Sur se observó únicamente al final del periodo de estudio, para el sitio Parcela 4 se encontró al inicio y final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada en El Edén previamente por Novelo (com. pers.) con crecimiento perifítico y metafítico en la sabana inundada, charcos y cenotes. Es menos frecuente en el plancton de cenotes y en la sabana inundada. Se considera de distribución cosmopolita.

*Navicula heimansii* Van Dam et Kooyman (Lámina 3, Figura 6)

Frústulo solitario de talla mediana; valvas lanceoladas, delgadas con márgenes convexos. Las terminaciones de la valva agudas, los polos de la valva son agudos ligeramente redondeados. Rafe filiforme recto, con fisuras proximales estrechas, las fisuras terminales están curvadas hacia un lado. Área axial estrecha, ensanchándose hacia el centro de la valva; presenta una estría central grande simétrica alternada con una corta y una estría vecina grande. Las estrías son lineoladas, curvadas, radiales hacia el centro de la valva y convergentes en las terminaciones de la valva. Largo 29-39  $\mu\text{m}$ , ancho 5-6  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías de 16-18 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Parcela 4 durante el final del periodo de estudio; es una especie que ha sido registrada en El Edén previamente por Novelo (com. pers.) con crecimiento perifítico y metafítico en la sabana inundada. Se considera únicamente de distribución templada.

*Pinnularia maior* (Kützing) Rahb. Mayor (Lámina 3, Figura 7)

Valva lineal, márgenes paralelos en el centro, ligeramente ensanchado transapicalmente; terminaciones de la valva no alargadas, polos redondeados, área axial amplia, asimétrica, ligeramente curveada. Área central asimétrica ligeramente redondeada. Rafe lateral sinuoso, pero filiforme cerca del área axial. Estrías cerradas, delgadas, ligeramente radiales en la parte central de la valva que convergen ligeramente con los extremos. Largo 81.6-95  $\mu\text{m}$ , ancho 16.8-20  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías 7-9 en 10  $\mu\text{m}$ . Muestra diferencias en las medidas de largo y ancho, es una especie con tamaño más pequeño que la reportada en las descripciones de Patrick y Reimer (1966), sin embargo muestra la misma forma en sus estructuras.

Esta especie se registró únicamente en el sitio Sabana Sur durante la mitad del periodo de estudio.

Es una especie que en El Edén ha sido previamente registrada (Novelo et al, 1999) como rara en plancton de cenotes y humedales. La distribución de esta especie ha sido reportada para regiones templadas (EEUU y Europa) y tropicales de acuerdo con Patrick y Reimer (1966). Se considera de distribución cosmopolita.

*Pinnularia microstauron* (Ehrenberg) Cleve (Lámina 3, Figura 8)

Valva recta, con ápices alargados, subcapitados, polos redondeados; área axial estrecha, usualmente menos de  $\frac{1}{4}$  del ancho de la valva, ampliándose hacia el área central; rafe lateral, estrías ligeramente radiadas al centro de la valva, convergentes hacia las terminaciones de la valva. Largo 25-90  $\mu\text{m}$ , ancho 7-11  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías 9-10 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en Sabana Sur al final del periodo de estudio. Es una especie que en el Edén ha sido previamente registrada (Novelo et al, 1999) con crecimiento perifítico y metafítico en cenotes, charcos y sabana inundada. La distribución de esta especie ha sido reportada por Patrick y Reimer (1966) en regiones tropicales (Brasil) y templadas (EEUU). Se considera de distribución cosmopolita.

*Pinnularia tropica* Hustedt (Lámina 3, Figura 9)

Valva lineal, márgenes rectos; terminaciones no alargadas, polos redondeados. Área axial recta, se extiende a  $\frac{1}{3}$  de la valva, área central redondeada. Rafe lateral, sinuoso, con fisuras proximales cerradas, fisuras distales curvadas hacia un lado. Estrías angostas, cerradas, en el centro de la valva y en las terminaciones de la valva paralelas a ligeramente convergentes. Largo 76-100  $\mu\text{m}$ , ancho 12-16  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías 7-9 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó al inicio y mitad de periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró a la mitad del periodo de estudio.

Es una especie que en el Edén ha sido previamente registrada (Novelo com. pers.) con crecimiento planctónico y metafítico en cenotes. Se considera de distribución tropical solamente.

## **Epithemiaceae Grunow 1860**

*Denticula kuetzingii* Gruonw (Lámina 3 Figura 10a, 10b y 10c)

En vista valvar la valva es lineal a lanceolada; en vista conectiva son rectangulares. Terminaciones de la valva agudas, ligeramente proyectadas hacia el contorno de la valva; polos redondeados. Rafe lateral cerca del margen de la valva. Estrías punteadas en una sola hilera, costillas agudas no capitadas en vista conectiva, cruzan a lo largo de la valva. Largo de las valvas 40-52  $\mu\text{m}$ , ancho de las valvas 4.8-9.9  $\mu\text{m}$ . Densidad de las estrías 16-20 en 10  $\mu\text{m}$ . Densidad de las costillas de 6 a 8 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente para el sitio Sabana Sur al inicio del periodo de estudio; es una especie que ha sido reportada previamente en El Edén como poco abundante en el plancton por Novelo (com. pers.) con un crecimiento perifítico y metafítico en la sabana inundada. Se considera de distribución templada, pero hay algunos registros en América.

*Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Müller (Lámina 3, Figura 11)

En vista conectiva la valva es lineal, con terminaciones no alargadas. En vista valvar es lineal a ligeramente curva, con un ensanchamiento en la parte central de la valva y las terminaciones son agudas, los polos están curvados. Margen dorsal constreñido en el centro, margen ventral recto. Rafe en posición lateral en el margen de la valva. Fíbulas paralelas. Largo 109.4-206.4  $\mu\text{m}$ , ancho 14.4-19.2  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías 14-16 en 10  $\mu\text{m}$ . Fíbulas de 8-10 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en Sabana Sur y Parcela 4 al final del periodo de estudio. Es una especie que ha sido registra previamente en El Edén como poco frecuente en el plancton de cenotes y humedales (Novelo com. pers.). Se considera de distribución cosmopolita.

## **Araphidineae**

### **Fragilariaceae**

*Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère (Lámina 3, Figura 12)

Frústulos libres, largos. Valva lineal con ejes apicales rectos; ápices alargados, rostrados, polos redondeados, en vista valvar márgenes rectos. Área central rectangular, área axial delgada; estrías lineales dispuestas regularmente. Largo 69-225  $\mu\text{m}$ , ancho 3-11  $\mu\text{m}$ . Densidad de estrías 11-14 en 10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó durante la mitad y final del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró al final del periodo de estudio.

Es una especie que en El Edén ha sido previamente registrada (Novelo com. pers.) como poco frecuente en el plancton; ha sido reportada por Pratrck y Reimer (1966) en los Estados Unidos (California) con una amplia distribución en cuerpos de agua dulce. Se considera de distribución cosmopolita.

## **Xanthophyceae**

### **Mischococcales**

#### **Pleurochloridaceae**

*Tetraëdriella regularis* (Kützing) Fott (Lámina 5, Figura 8)

Células irregulares con los cuatro vértices agudos, regularmente proyectados. Apices globosos, contenido muy vacuolado, cloroplanstos pequeños, distribuidos parietalmente. Células menores del tamaño registrado para la especie, miden 20-25  $\mu\text{m}$ .

**Chlorophyta**  
**Charophyceae**  
**Desmidiales**  
**Desmidiaceae**

*Cosmarium conspersum* Ralfs (Lámina 3 Figura 13)

Células largas 1 a 1/3 veces más larga que ancha; constricción media profunda, sinus cerrado lineal con una dilatación en las extremidades. Semicélulas en vista frontal con forma subrectangular. Ápices ligeramente convexos, ángulos redondeados, márgenes laterales casi rectos. Semicélulas en vista lateral circulares; la pared de lasemicélulas esta uniformemente granulada, mostrando 30 gránulos en el contorno del margen, los gránulos están dispuestos en alrededor 9 series horizontales y 13 a 15 series verticales, comúnmente con ligeras irregularidades. Largo 67  $\mu\text{m}$ , ancho 48.0  $\mu\text{m}$ , istmo 19.2  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio Parcela 4 al final del periodo de estudio. Es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Asia, Sudamérica y América central), templadas (EEUU., Canadá y Europa) y circumpolares (Islandia y Ártico).

*Cosmarium granatum* var. *elongatum* Nordestedt (Lámina 3, Figura 14)

Células de talla pequeña, variedad con células 2 veces más largas que anchas; constricción media profunda, istmo amplio, sinus cerrado. Semicélulas en vista frontal con forma piramidal; ápices truncados, ángulos basales redondeados. Semicélulas en vista lateral elípticas; pared punteada. Largo 40-59  $\mu\text{m}$ . Ancho 24-31  $\mu\text{m}$ . Istmo 13-19  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio Sabana Sur al inicio del periodo de estudio. Es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (África y Asia), templadas (EEUU y Canadá) y circumpolares (Ártico).

*Cosmarium hammeri* var. *protuberans* West e West (Lámina 4 Figura 1)

Células de talla pequeña, de 1.4 a 1.5 veces larga que ancha; constricción media profunda; sinus lineal, cerrado. Semicélulas en vista frontal trapeciformes con lados y ápices ligeramente cóncavos; semicélulas en vista lateral semicirculares a elípticas; las semicélulas en vista vertical muestran una protuberancia en la región media; pared lisa. Largo 23-27.3  $\mu\text{m}$ , ancho 16-21  $\mu\text{m}$ , istmo 5.7-8  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio Parcela 4 al final del periodo de estudio. Es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (África, Asia y Sudamérica) templadas (EEUU. y Canadá) y circumpolares (Alaska).

*Cosmarium margaritatum* (Lund) Roy et Bissett (Lámina 4, Figura 2)

Células largas, de 1.2 veces mas largas que anchas, constricción media profunda, sinus estrecho, lineal, con una ligera dilatación en las extremidades. Semicélulas subrectangulares, ángulos de la parte superior y posterior redondeados; lados ligeramente convexos, redondeados. Ápice recto a ligeramente convexo; la pared de las células granuladas uniformemente, muestra de 28 a 32 gránulos sólidos alrededor de los márgenes de las semicélulas; en vista frontal gránulos están dispuestos en series oblicuas, alrededor de 12 series en cada dirección. La pared de la célula entre los gránulos es puntada, los puntos están arreglados en hexágonos alrededor de los gránulos. Largo 68.2-90  $\mu\text{m}$ , ancho 49-62  $\mu\text{m}$ , istmo 19.2-23  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó al inicio y final del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró a la mitad del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) únicamente en regiones templadas (EEUU., Canadá y Europa).

*Cosmarium melanosporum* Archer (Lámina 4, Figura 3)

Células pequeñas; el sinus ensanchado hacia la parte externa. Semicélulas elípticas con ápices generalmente convexos, en vista lateral semicélulas circulares, en vista vertical generalmente elípticas; pared lisa. Largo 20-37.9  $\mu\text{m}$ , ancho 18.2-23  $\mu\text{m}$ , istmo 5-8.6  $\mu\text{m}$ . Presenta mayor tamaño que la reportada en las descripciones de Prescott y Gerald (1899); sin embargo tienen la misma la misma características morfológicas.

Esta especie se registró en ambos sitios; en Sabana Sur se observó al inicio y mediados del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró al final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales y templadas.

*Cosmarium orthostichum* var. *compactum* West et West (Lámina 4, Figura 4)

Células de talla pequeña, con una constricción media profunda, el sinus estrecho lineal. Semicélulas con forma reniforme, en vista frontal las semicélulas presentan aproximadamente 9 series verticales de arreglos de gránulos y 3 series transversales formando un patrón ascendente divergiendo en filas. Semicélulas en vista lateral elípticas con ligeras ondulaciones. Largo 19.2-21  $\mu\text{m}$ , ancho 20-22  $\mu\text{m}$ , istmo 4.3-5  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó al final del periodo de estudio; para Parcela 4 se encontró a principios y mediados del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Sudamérica), y templadas (EEUU., Reino Unido y Europa).

*Cosmarium pachydermun* var. *pusillum* Irené-Marie (Lámina 4, Figura 5)

Células de talla mediana, sinus ancho abierto. Semicélulas semicirculares, estrechas, reniformes; ángulos basales generalmente redondeados, ápice ligeramente redondeado. Semicélulas en vista lateral con forma elíptica; pared aparentemente lisa. Largo 28.8-30  $\mu\text{m}$ , ancho 24-27  $\mu\text{m}$ , istmo 9.6-11.5  $\mu\text{m}$ . espesa

Esta especie se registró solamente en el sitio de estudio Parcela 4 al inicio y mediados del periodo de estudio. Es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) únicamente para regiones templadas (Canadá).

*Cosmarium phaseolus* var. *elevatum* Nordstedt (Lámina 4, Figura 6)

Células de talla pequeña a mediana, tan largas como anchas, constricción media profunda, sinus cerrado. Semicélulas con forma hexagonal a elíptica, los márgenes laterales convergentes en la base, ligeramente proyectada y aplanada en los ápices; semicélulas en vista lateral circulares; pared fina. Largo 30-40  $\mu\text{m}$ , ancho 24.2-38  $\mu\text{m}$ , istmo 9.6-11  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó solamente a la mitad de periodo de estudio, en Parcela 4 se encontró únicamente al final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (África, Sudáfrica, Asia y Puerto Rico), templadas (EEUU.) y circumpolares (Alaska, Reino Unido).

*Cosmarium pseudopyramidatum* Lundell (Lámina 4, Figura 7)

Células de talla mediana, 1.7 a 1.8 veces largas que anchas; constricción media profunda, sinus cerrado. Semicélulas con forma piramidal o semielíptica, los ángulos basales redondeados, lados convexos y convergentes con el ápice. El ápice es estrecho, truncado, con ángulos redondeados. Semicélulas en vista lateral y vertical elípticas; pared punteada. Largo 48.0-52.8  $\mu\text{m}$ , ancho 28.8-30.6  $\mu\text{m}$ , istmo 9.6-14  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó al inicio y final del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró a lo largo del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) con una amplia distribución en los Estados Unidos y Canadá; es considerada una especie posiblemente cosmopolita.

*Cosmarium pseudopyramidatum* var. *extensum* (Nordsted) Krieger et Gerloff (Lámina 4, Figura 8)

Células relativamente largas, 1.6 a 1.8 veces mas largas que anchas; constricción media profunda, sinus cerrado, ángulos basales redondeados. Semicélulas con forma piramidal, truncadas, lados ligeramente convexos, ápice estrecho, truncados, con ángulos redondeados; semicélulas en vista lateral elípticas, pared punteada. Largo 52.8-67.6  $\mu\text{m}$ , ancho 28.9-40  $\mu\text{m}$ , istmo 14.4-16  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur al inicio del periodo de estudio. Es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) sólo en regiones templadas (California y Canadá).

*Cosmarium pseudopyramidatum* var. *oculatum* Krieger (Lámina 4, Figura 9).

Es una variedad 1.8 veces larga que ancha, constricción media profunda, sinus cerrado. Semicélulas con forma piramidal, truncadas, lados ligeramente convexos. Esta variedad se distingue por un ápice amplio, plano; los ángulos basales ligeramente redondeados. Semicélulas en vista lateral elípticas, en vista frontal la pared de la semicélula en la parte superior es espesa. Largo 52.8-60.8  $\mu\text{m}$ , ancho 28.8-38  $\mu\text{m}$ , istmo 13-14.4  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró solamente en el sitio Sabana Sur al inicio del periodo de estudio; es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Asia, África, Islas Filipinas y Sudamérica) y templadas (EEUU.).

*Cosmarium pseudoquadratum* Prescott et Scott (Lámina 4, Figura 10)

Células de talla pequeña, aproximadamente 1.25 veces tan largas como anchas; constricción media profunda, sinus estrecho lineal; semicélulas con forma cuadrada a poligonal, los márgenes laterales en la parte baja están divergentes a los ángulos bajos los cuales tienen un pequeño tubérculo, los márgenes en la parte alta forma ápices ligeramente retusos, márgenes apicales convexos presentan una ligera muesca; en vista lateral las semicélulas son semicirculares; en vista apical las células son generalmente ovales. Largo 13-15  $\mu\text{m}$ , ancho 10-12  $\mu\text{m}$ , istmo 3-4  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur durante el inicio del periodo de estudio; es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Australia) y templadas (Europa y California).

*Cosmarium pyramidatum* var. *borgei* Krieger et Gerloff (Lámina 4, Figura 11)

Células largas, 1.5 veces largas que anchas, constricción media profunda, sinus cerrado; ángulos basales y apicales redondeados. Semicélulas con forma piramidal, lados retusos, ápice truncado a ligeramente retuso; pared punteada. Largo 52.8-57.6  $\mu\text{m}$ , ancho 28.9-33.6  $\mu\text{m}$ , istmo 14.4  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Parcela 4 al inicio y final del periodo de estudio; es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Brasil, Florida) y templadas (EEUU: Louisiana, Mississippi).

*Cosmarium regnellii* var. *pseudoregnellii* (Messikommer) Krieger et Gerloff (Lámina 4, Figura 12).

Células de talla pequeña a mediana; constricción media profunda, sinus cerrado lineal, istmo estrecho. Semicélulas con forma trapezoidal o hexagonal, márgenes laterales ligeramente divergentes y retusos; esta variedad se caracteriza por presentar ápices amplios. En la parte más ancha de la semicélula los ángulos laterales están ligeramente proyectados y redondeados; las semicélulas en vista lateral semicirculares a ovales. Largo 14-21.1  $\mu\text{m}$ , ancho 13.9-16  $\mu\text{m}$ , istmo 3.4-4.5  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó a la mitad del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró al final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) sólo para regiones templadas principalmente (EEUU., Europa y Canadá).

*Cosmarium scopulorum* Borge (Lámina 4, Figura 13)

Células pequeñas; de 1.1 a 1.3 veces larga que ancha, constricción media profunda, sinus cerrado, semicélulas con forma hexagonal. Márgenes laterales divergentes; los ángulos están convergentes con el ápice; los ápices son estrechos, aplanados a ligeramente retusos. Semicélulas en vista lateral elípticas, pared lisa. Largo 17-24.0  $\mu\text{m}$ , ancho 16.3-18  $\mu\text{m}$ , istmo 4.8-6  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur al inicio del periodo de estudio; es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) para regiones tropicales (África y Asia) y templadas (EEUU. y Europa)

*Cosmarium subtumidum* Witrock & Nordstedt (Lámina 4, Figura 14)

Células de talla pequeña a mediana, de aproximadamente 1.14 a 1.2 veces más largas que anchas; constricción media profunda, sinus cerrado. Semicélulas semicirculares o con forma piramidal, ápice truncado; ángulos basales y apicales redondeados; Semicélulas en vista lateral circulares, en vista vertical elípticas. Pared finamente puntada; istmo cerrado, profundo. Largo 28-40  $\mu\text{m}$ , ancho 24-39  $\mu\text{m}$ , istmo 7.2-11  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio Sabana Sur a la mitad del periodo de estudio; es una especie que ha sido reportada con una distribución amplia en los Estados Unidos y Canadá, de acuerdo con Prescott y Gerald (1899) presenta una amplia distribución en todos los continentes.

*Cosmarium subtumidum* var. *minutum* Krieger et Gerloff (Lámina 4 Figura 15)

Células de talla pequeña; constricción media profunda, sinus cerrado. Semicélulas con forma piramidal, ángulos basales y apicales redondeados, semicélulas en vista lateral circulares; istmo cerrado bien marcado. Es una variedad pequeña, relativamente más larga que la típica. Largo 11.04-12.48  $\mu\text{m}$ , ancho 7.68-12.6  $\mu\text{m}$ , istmo 4.8-5.76  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur a principios y mediados del periodo de estudio; es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Este de las Indias y Brasil), y templadas (California).

*Cosmarium undulatum* var. *minutum* Witrock (Lámina 4, Figura 16)

Células de talla mediana a pequeña, de 1.33 a 1.5 veces larga que ancha; constricción media moderadamente profunda, sinus estrecho, el istmo amplio. Semicélulas semicirculares, mostrando de 10 a 14 ondulaciones; semicélulas en vista lateral semicirculares y en vista vertical generalmente elípticas; pared lisa. Largo 21.6-35.04  $\mu\text{m}$ , ancho 13.44-29.76  $\mu\text{m}$ , istmo 5-10  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio Parcela 4 al inicio y final del periodo de estudio; es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Asia y Sudamérica), templadas (EEUU., Canadá y Europa) y circumpolares (Alaska).

*Desmidium aptogonum* Brébisson (Lámina 5, Figura 1)

Células de talla media, moderadamente constreñida, sinus abierto y agudo. Semicélulas transversalmente estrechas, alargadas; márgenes laterales ligeramente cóncavos y convergentes con los ápices. Ápices anchos y cóncavos en la región media, formando ángulos que conectan los procesos. Semicélulas en vista apical cuadrangulares, ángulos generalmente redondeados y lados cóncavos. Largo 14-28.8  $\mu\text{m}$ , ancho 19.2-29  $\mu\text{m}$ , ancho del ápice 21-24.0  $\mu\text{m}$ , istmo 12.0-18  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio Sabana Sur a la mitad del periodo de estudio; es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Asia, Australia, Sudamérica, Florida), templadas (Canadá, EEUU. y Europa) y circumpolares (Ártico).

*Desmidium asymmetricum* Grönblad (Lámina 5, Figura 2)

Células de talla media, tan anchas como largas; presentan una constricción moderada, sinus lineal. Semicélulas con forma trapesiforme a rectangular; ángulos agudos, los ángulos basales usualmente rectangulares, redondeados; los márgenes laterales asimétricamente convexos; ápices casi planos, ángulos cortos conectando los procesos. Semicélulas en vista apical triangulares, los ángulos ligeramente proyectados y curvados en la misma dirección, lados con un ligero hueco muy cerrado hacia los ángulos. Largo 14.4-19  $\mu\text{m}$ , ancho 18.2-26  $\mu\text{m}$ . Muestra intervalos de medidas más pequeños que los registrados en la descripción de Prescott y Gerald (1899), pero conserva la proporción y simetría de la especie.

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Sabana Sur durante la mitad del periodo de estudio; es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (África), templadas (Europa y EEUU.) y circumpolares (Ártico).

*Pleurotenium trabecula* (Ehrenberg) Nägeli (Lámina 5, Figura 3)

Células de talla media, de 10 a 18 veces más largas que anchas; las célula muestra de 1 a 3 ondulaciones. Semicélulas usualmente con una ligera protuberancia en la región media que disminuye hacia los ápices los cuales están truncados y presenta ángulos redondeados; pared lisa. Largo 256.0-286  $\mu\text{m}$ , ancho 14.4-22  $\mu\text{m}$ , ancho del ápice 9.6-14.2  $\mu\text{m}$ , istmo 10.56-16  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó a la mitad del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró durante el inicio y final del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Colombia), templadas (EEUU. y Canadá) y circumpolares (Antártica).

*Staurastrum archrui* West (Lámina 5, Figura 4)

Únicamente se tiene registrada la vista apical, se observan de 10-9 células largas proyectadas en la parte superior de las semicélulas, los brazos con 3 dientes y series transversales de denticulaciones; pared de la célula lisa. Largo 68-75.84  $\mu\text{m}$ , ancho 40-45  $\mu\text{m}$  sin procesos. Largo 89-100  $\mu\text{m}$ , ancho 90-110  $\mu\text{m}$  con procesos.

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó al inicio del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró durante el inicio y final del periodo de estudio.

Es una especie que es poco conocida aunque podría tener una distribución amplia, sólo ha sido reportada en los EEUU y Reino Unido, sin embargo su presencia en Florida sugiere una posible tolerancia a temperatura elevada.

*Staurastrum arctiscon* var. *truncatum* Irené-Marie (Lámina 5, Figura 6)

Células relativamente pequeñas; los procesos están engrosados con denticulaciones; presenta una constricción media profunda, un sinus agudo con una ligera hendidura. En vista apical muestra dos espirales de procesos, con una serie de 9 procesos marginales y una serie de 6 procesos intramarginales. Semicélulas con forma oval. Largo 72-76  $\mu\text{m}$  sin proceso, con proceso 115-120  $\mu\text{m}$ . Ancho 50-57.2  $\mu\text{m}$  sin proceso, con proceso 109-115  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en Sabana Sur y Parcela 4 durante el inicio del periodo de estudio. La especie nominal parece tener una distribución templada y ártica de acuerdo con Prescott y Gerald (1899); particularmente esta variedad ha sido registrada únicamente en Canadá (Québec) y podría constituir parte del componente florístico con tolerancia amplia a temperatura y luz en la localidad estudiada.

*Staurastrum gracile* var. *coronulatum* Boldt (Lámina 5, Figura 5)

Células pequeñas; las células presentan frecuentemente una mayor depresión y los procesos son ligeramente más cortos que la típica. El ápice de lasemicélulas ligeramente convexo, con dos procesos emarginados. Las células en vista apical tienen forma triangular, con dos verrugas emarginales dentro de cada margen lateral. Largo 21-28  $\mu\text{m}$ , ancho 29-32.5  $\mu\text{m}$  con procesos. Istmo 6-11  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró únicamente en el sitio de estudio Parcela 4 al inicio del periodo de estudio; es una especie que ha sido registrada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (África), templadas (EEUU., Europa y Reino Unido) y circumpolares (Ártico). Se ha registrado una amplia distribución en regiones templadas, podría ser poco común en el trópico.

*Staurastrum laeve* Ralfs (Lámina 5, Figura 7)

Células de tamaño pequeño, más largas que anchas sin procesos; constricción media con una amplia invaginación, sinus obtuso redondeado. Semicélulas con forma triangular, los márgenes ventrales convexos y divergentes en los ángulos apicales los cuales son ligeramente cortos, procesos amplios bifurcados en la punta; margen apical recto o ligeramente convexo entre los procesos apicales; pared lisa. En vista apical célula con forma triangular, los márgenes entre rectos y engrosados, proceso bifurcado, las bifurcaciones apicales con una espina. Largo 24-27  $\mu\text{m}$  con proceso, ancho 21.1-25 con proceso, istmo 6.7-9  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó únicamente al inicio del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró a la mitad del periodo de estudio.

Es una especie que ha sido registrada en regiones tropicales en Java, Australia y Sudamérica pero parece tener una distribución latitudinal amplia de acuerdo con Prescott y Gerald (1899), se encuentran en Alaska, EEUU. y Europa.

*Staurastrum pingue* Teiling (Lámina 5, Figura 9)

Únicamente se tiene registrada la vista apical: Presenta células con forma cuadrangular, con márgenes ligeramente convexos entre los procesos, los cuales están ondulados y presentan series axiales de gránulos pequeños, con 3 espinas inclinadas; con un par de verrugas intramarginales en el sector medio de los márgenes laterales. Largo 21.6-28.2  $\mu\text{m}$ , ancho 9.6-12  $\mu\text{m}$  sin proceso.

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó al inicio del periodo de estudio, en Parcela 4 se encontró durante el inicio y final del periodo de estudio.

Es una especie que presenta una amplia distribución y ha sido reportada por Prescott y Gerald (1899) en regiones tropicales (Nueva Zelanda y Sudamérica) y templadas (EEUU., Europa, Reino Unido).

## **Dinophyta**

### **Dinophyceae Pascher 1914**

#### **Peridinales**

#### **Peridiniaceae**

*Peridinium africanum* Lemmermann (Lámina 6, Figura 1)

Células con forma pentagonal, y dorsiventralmente no aplanadas en vista ventral; el epicono es cónico y ligeramente mas grande que el hipocono, el cingulum rodea a la célula. El sulcus se extiende ligeramente en el epicono y se ensancha a lo largo del hipocono alcanzando el anteapice; muestra varios dientes pequeños a lo largo de los márgenes. Presenta una única espina larga como proceso o pequeños grupos que pueden estar presentes en las placas antapicales. Las placas son rectas o ligeramente cóncavas con filas de finas papilas y tienen la siguiente fórmula  $4', 2a, 7''; 5''', 2''''$ ; pared gruesa lisa. Largo 17-23  $\mu\text{m}$ , ancho 21-30  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en Sabana Sur y Parcela 4 durante la mitad del periodo de estudio; es una especie que esta ampliamente distribuida en regiones templadas y tropicales de acuerdo con Popovský y Pfiester, (1990) y ha sido reportada en charcos y lagos de agua dulce y con una amplia distribución en regiones tropicales y templadas.

*Peridinium lomnickii* Woloszyńska (Lámina 6, Figura 2)

Células con forma ovoide, ligeramente aplanadas dorsiventralmente; la epiteca tiene forma de campana y es más grande que la hipoteca. La hipoteca es redondeada y ligeramente cóncava en el anteápice. El cingulo es ancho, el sulcus no alcanza el anteápice. Las placas de la epiteca están ornamentadas con puntos o aerolas y en la hipoteca con especulas, las placas presentan la siguiente fórmula  $4', 3a, 7''; S''', 2''''$ ; la pared es gruesa. Largo 21.6-26.4  $\mu\text{m}$ , ancho 23-27  $\mu\text{m}$ .

Esta especie se registró en ambos sitios de estudio; en Sabana Sur se observó a la mitad del periodo de estudio, para Parcela 4 se encontró durante el inicio del periodo de estudio.

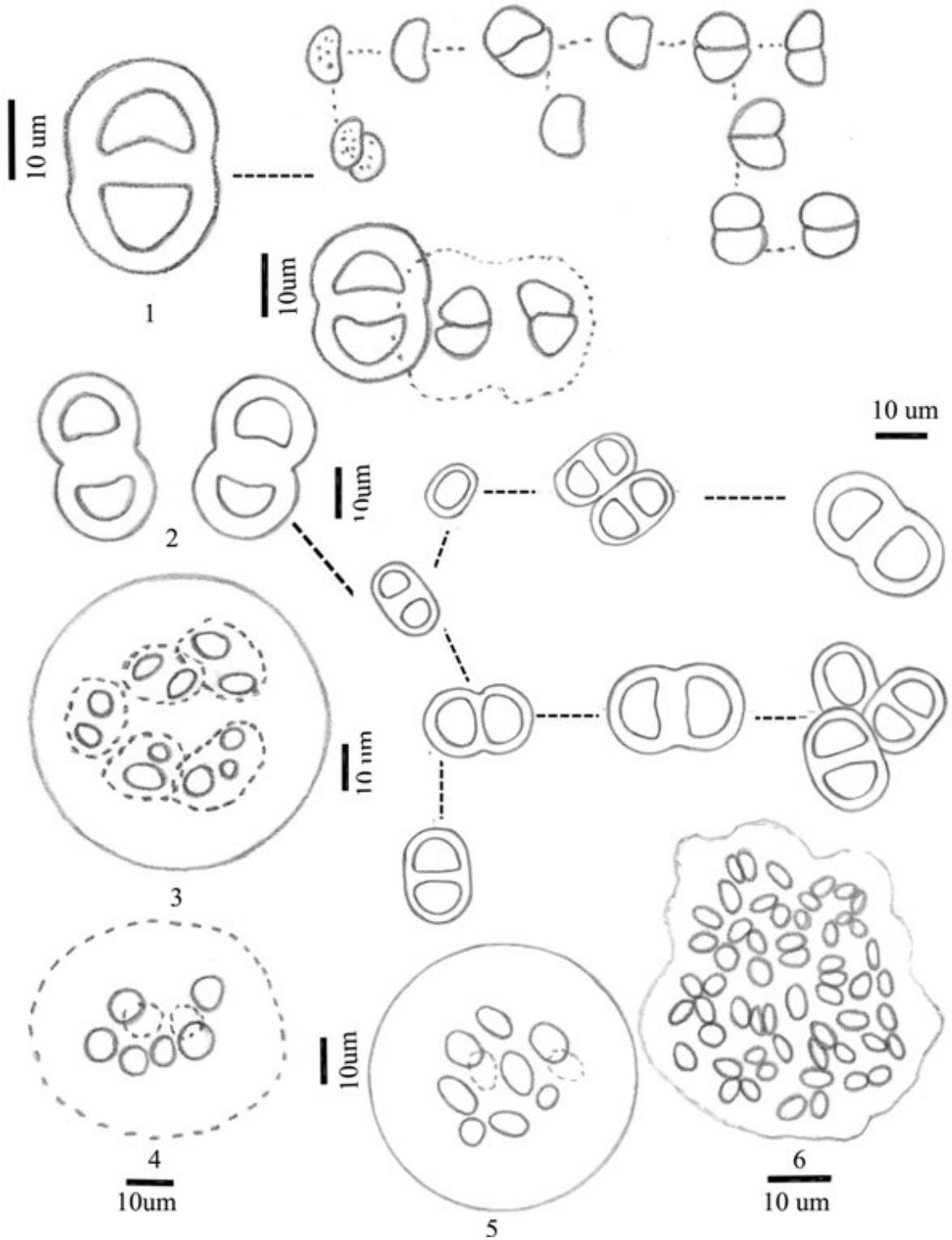
Es una especie que ha sido reportada por (Popovský y Pfiester, 1990) en el plancton de lagos y charcos de agua dulce.

*Peridinium umbonatum* Stein (Lámina 6, Figura 3)

Células ovales en vista ventral; el epicono tiene forma de campana o cónico y es mas grande que el hipocono el cual esta redondeado. El cingulum es amplio, el sulcus se extiende ligeramente en el epicono y ampliamente a lo largo del hipocono donde éste alcanza el anteápice. La teca es relativamente delgada; el lado dorsal puede estar ornamentado con finos dientes. Las placas son convexas o cóncavas con filas de papilas; la fórmula de las placas es la siguiente  $4', 2a, 7''; 5''', 2''''$ . Largo 15- 45  $\mu\text{m}$ , ancho 12-32  $\mu\text{m}$ .

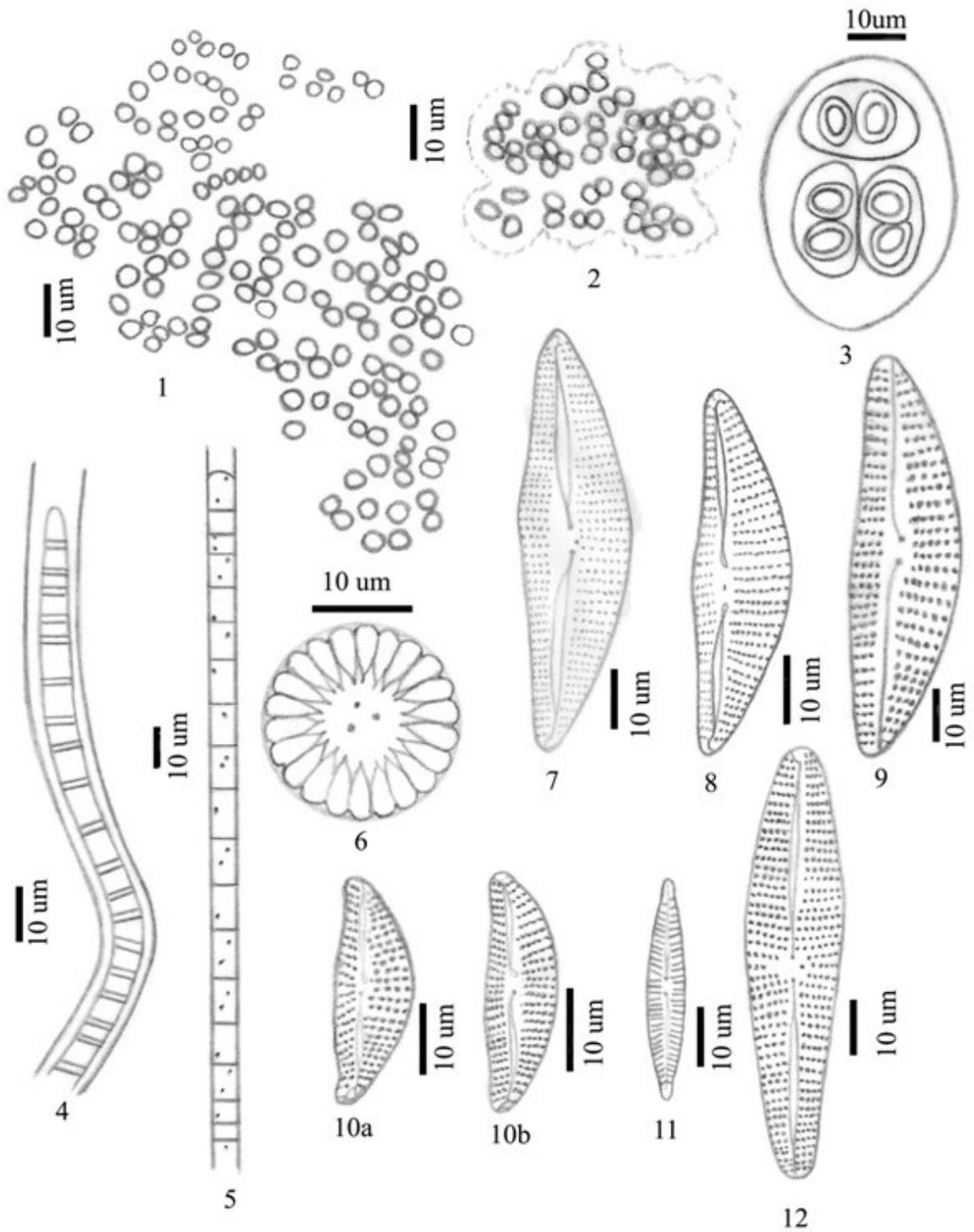
Esta especie se registró únicamente en el sitio Sabana Sur durante la mitad del periodo de estudio; Es una especie que se ha reportado en cuerpos de agua pequeños o grades permanentes ya sean oligotróficos o eutróficos, con una amplia distribución de acuerdo con Popovský y Pfiester (1990).

Lámina 1



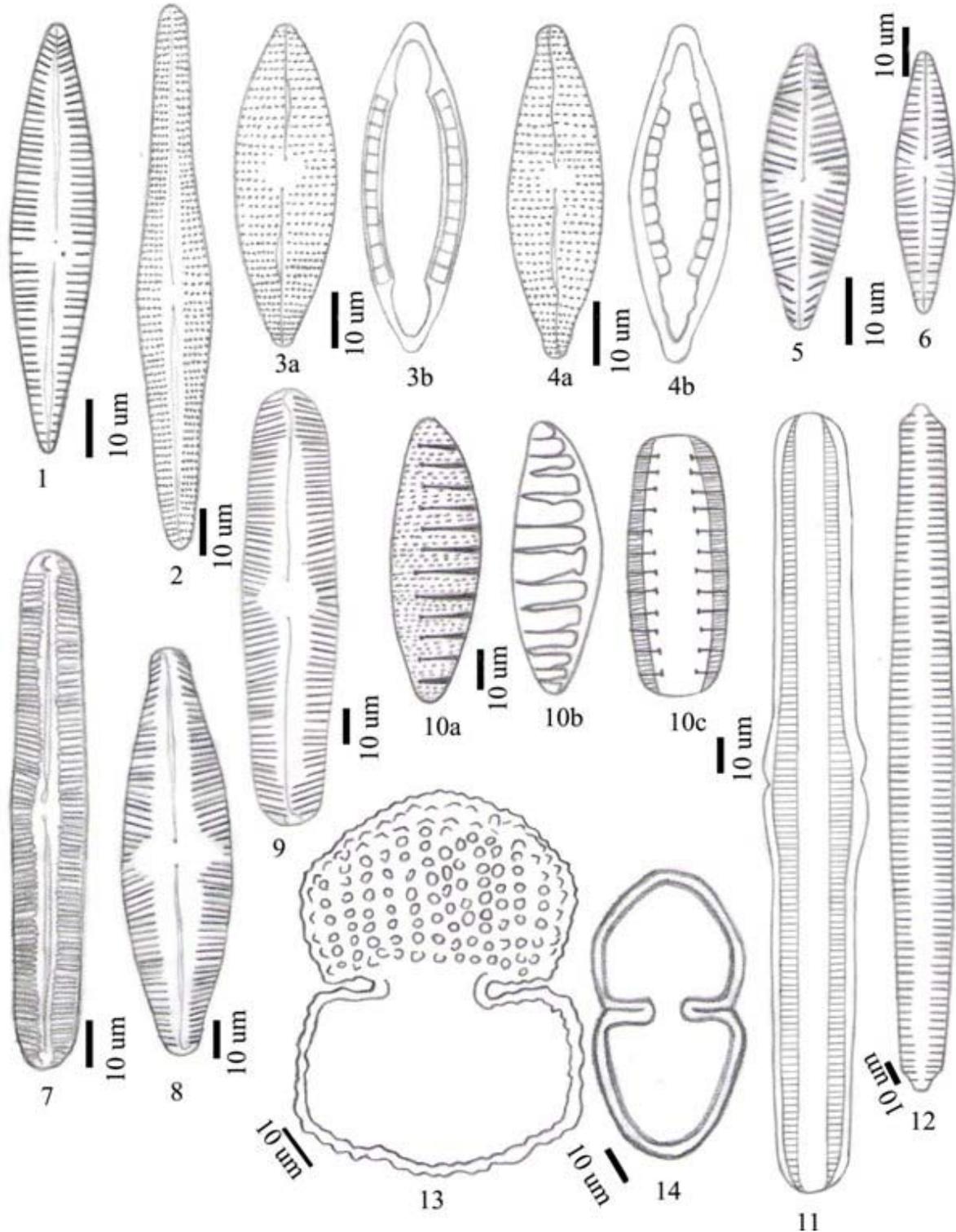
1. *Chroococcus deltoides*; 2. *C. obliteratus*; 3. *C. dispersus*; 4. *C. distans*; 5. *Aphanothece conglomerate*; 6. *A. variabilis*.

Lámina 2.



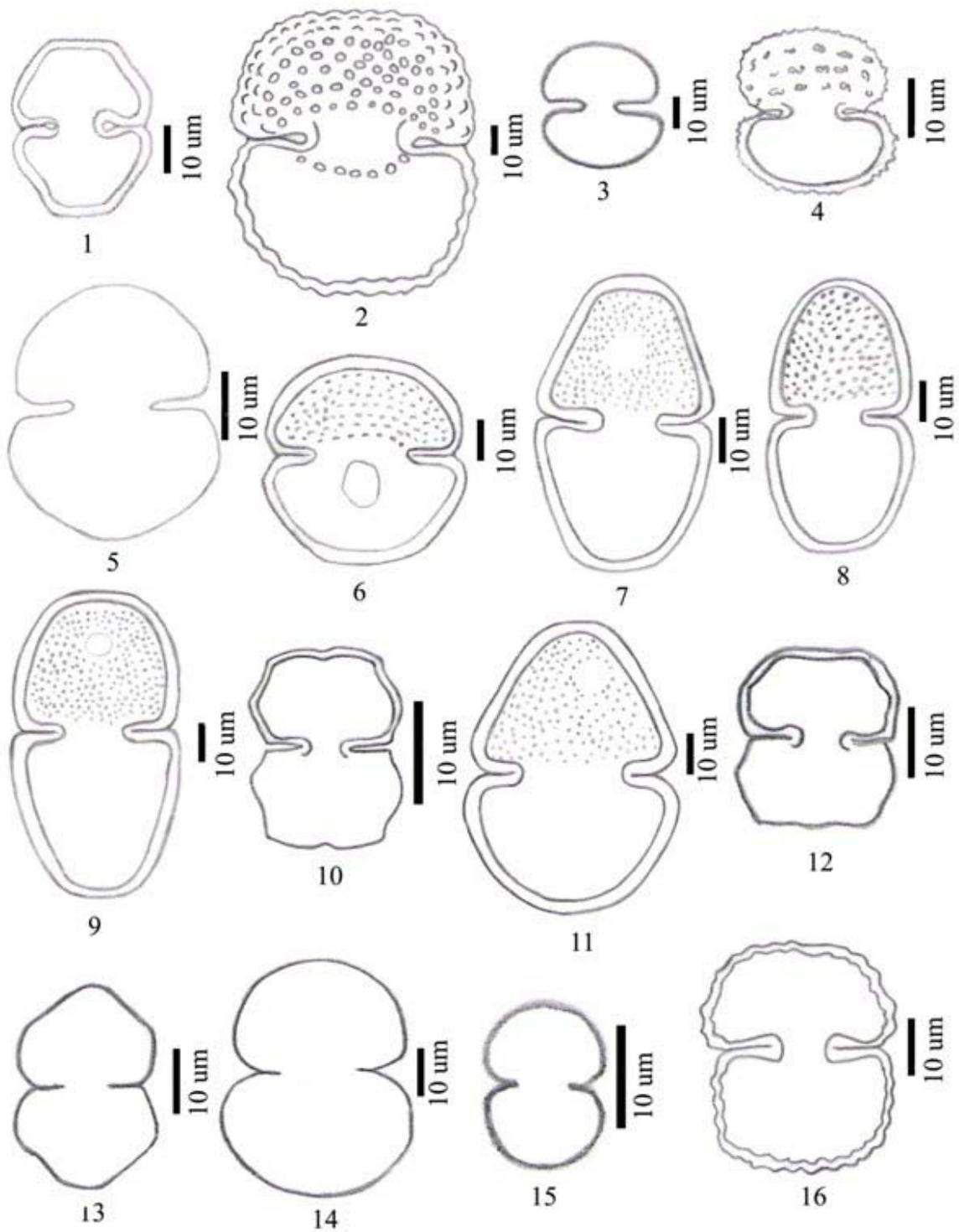
1. *Aphanocapsa koordersii*; 2. *A. nubilum*; 3. *Gloeocapsa gelatinosa*; 4. *Phormidium* sp.1; 5. *Leptolyngbya* sp.1; 6. *Cyclotella meneghiniana*; 7. *Encyonema mesianum*; 8. *E. mexicanum*; 9. *E. neogracile*; 10a y 10b. *E. silesiacum*; 11. *Encyonopsis cesatii*; 12. *Gomphonema affine*.

Lamina 3



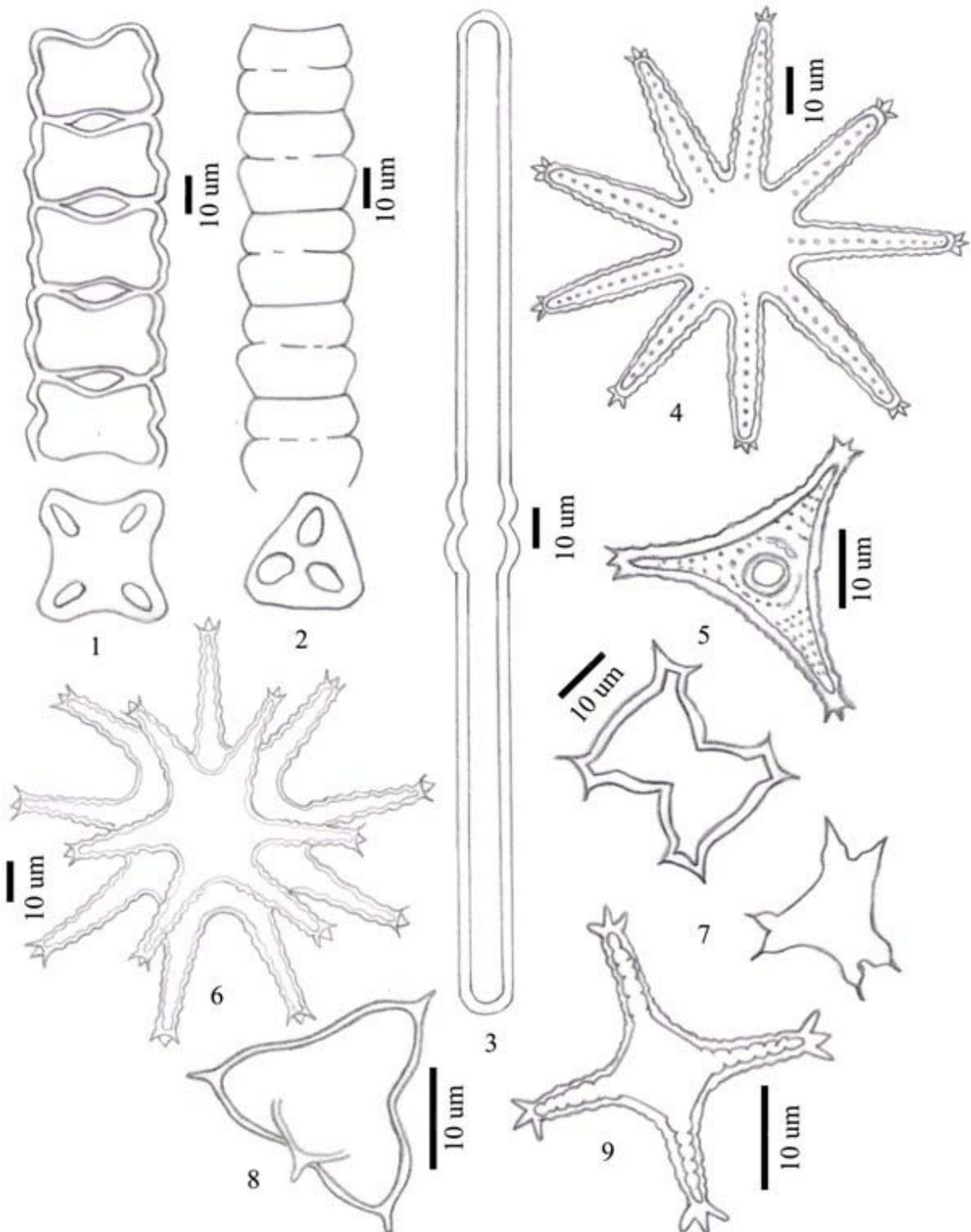
1. *Gomphonema gracile*; 2. *G. vibrioides*; 3a y 3b. *Mastogloia elliptica*; 4a y 4b. *M. smithii*; 5. *Navicula cryptotenella*; 6. *N. heimansii*; 7. *Pinnularia maior*; 8. *P. microstauron*; 9. *P. tropica*; 10a, 10b y 10c. *Denticula Kuetzingii*; 11. *Rhopalodia gibba*; 12. *Ulnaria ulna*; 13. *Cosmarium conspersum*; 14. *C. granatum* var. *elongatum*.

Lamina 4



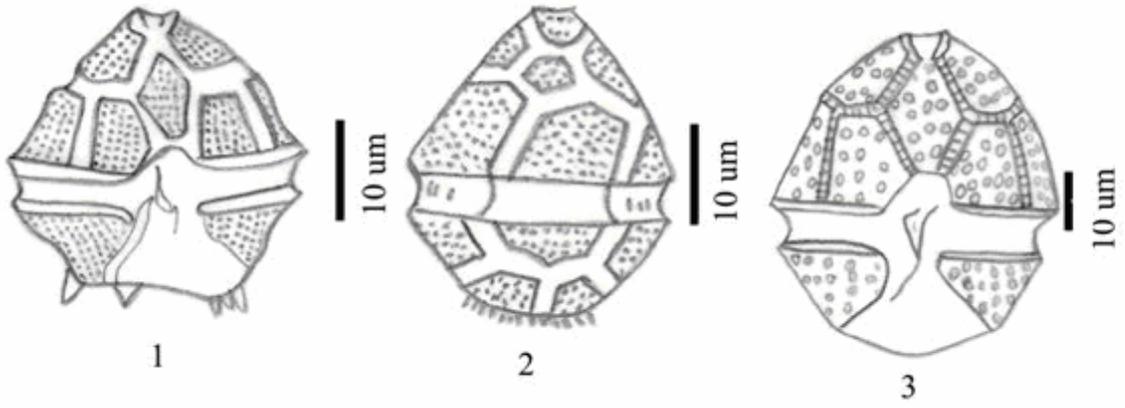
1. *C. hammeri* var. *protuberans*; 2. *C. margaritatum*; 3. *C. melanosporum*; 4. *C. orthostichum* var. *compactum*; 5. *C. pachydermun* var. *pusillum*; 6. *C. phaseolus* var. *elevatum*; 7. *C. pseudopyramidatum*; 8. *C. pseudopyramidatum* var. *extensum*; 9. *C. pseudopyramidatum* var. *aculatum*; 10. *C. pseudoquadratum*; 11. *C. pyramidatum* var. *borgei*; 12. *C. regnellii* var. *pseudoregnellii*; 13. *C. scopulorum*; 14. *C. subtumidum*; 15. *C. subtumidum* var. *minutum*; 16. *C. undulatum* var. *minutum*.

Lamina 5



1. *Desmidium aptogonum*; 2. *D. asymmetricum*; 3. *Pleurotenium trabecula*; 4. *Staurostrum archrii*; 5. *S. gracile* var. *coronulatum*; 6. *S. arctiscon* var. *truncatum*; 7. *S. laeve*; 8. *Tetraedron* sp. 1; 9. *Staurostrum pingue*.

Lamina 6



1. *Peridinium africanum*; 2. *P. lomnickii*; 3. *P. umbonatum*.

## Evaluación de las variables ambientales

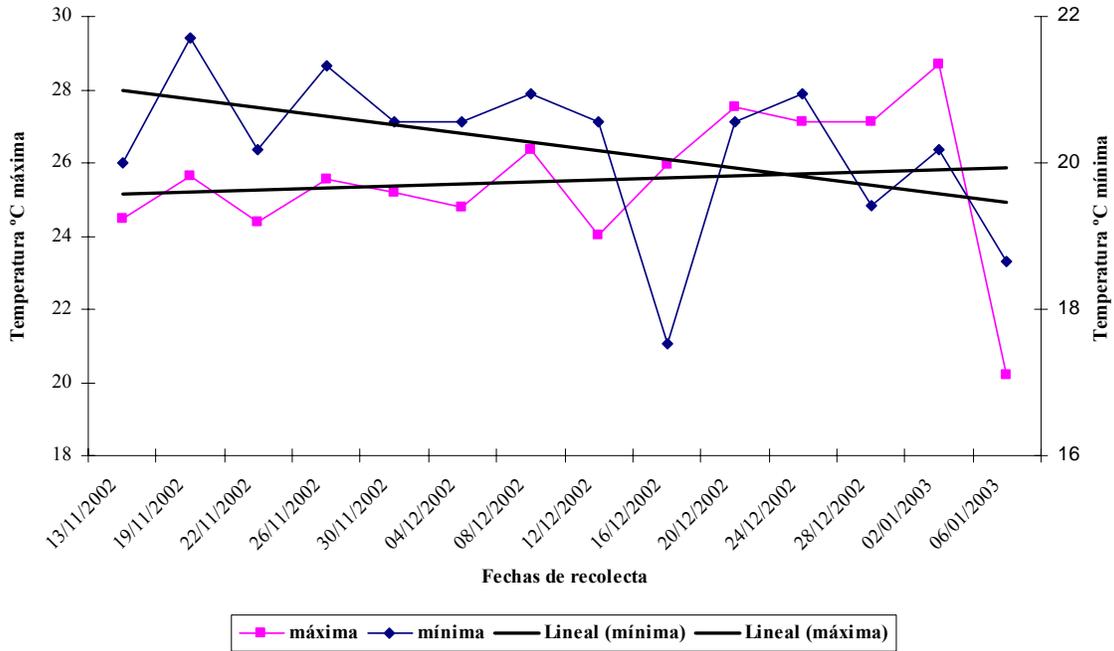
Los valores promedio, mínimos y máximos de temperatura y radiación subacuática en ambos sitios de estudio, por día de recolecta, se encuentran registrados en la Tabla 4. Los valores promedio generales de temperatura registrados para los sitios estudiados fueron los siguientes: en Sabana Sur  $\bar{x} = 21.74$  °C y para Parcela 4  $\bar{x} = 22.4$  °C. Respecto al valor promedio general de radiación subacuática en los sitios de estudio se registró un valor de  $\bar{x} = 1.530$  Wm<sup>(-2)</sup> en Parcela 4 y para Sabana Sur se registró un valor de  $\bar{x} = 0.367$  Wm<sup>(-2)</sup> durante el periodo de estudio.

La variación de los valores promedio de la temperatura tiende a disminuir en Sabana Sur y Parcela 4 durante el periodo de estudio (Figuras 9 y 11). Los valores de temperatura mínima y máxima en Sabana Sur mostraron una tendencia a disminuir entre cinco y seis grados centígrados; para Parcela 4 la temperatura mínima mostró una tendencia a disminuir de siete grados, mientras que los valores máximos se incrementaron ocho grados centígrados durante el estudio (Figuras 8 y 10).

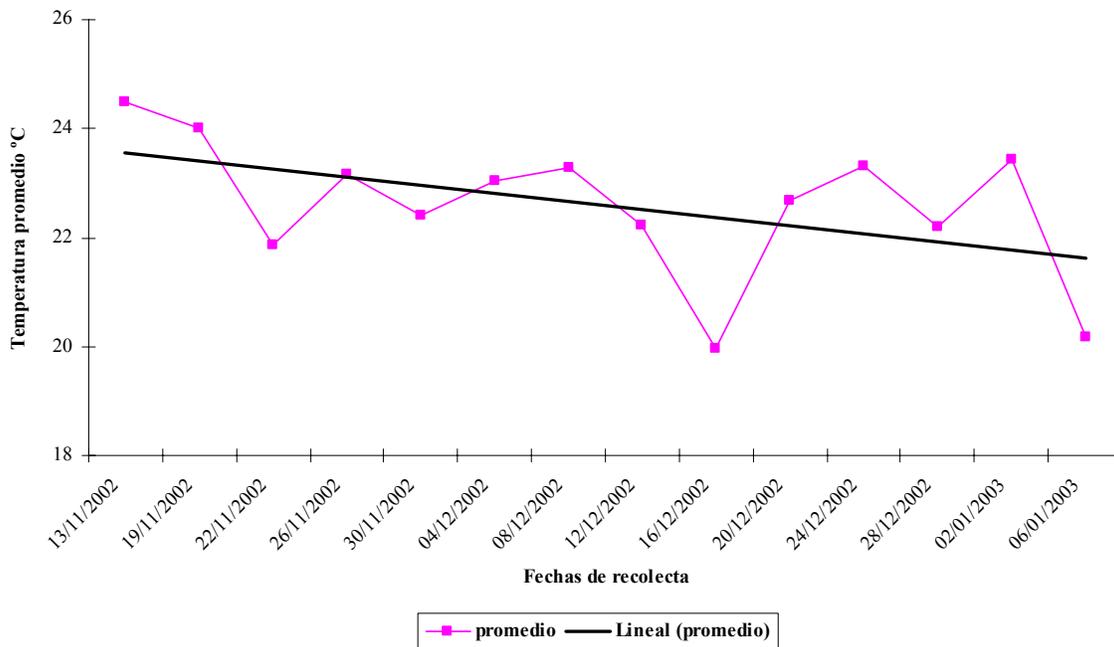
Por otra parte los valores promedio de radiación subacuática en ambos sitios de estudio mostraron una tendencia a incrementarse a lo largo del estudio (Figuras 13 y 15). La variación temporal de los valores mínimos y máximos de radiación subacuática tienden a incrementarse en Sabana Sur; en Parcela 4 los valores mínimos de radiación subacuática tienden a disminuir, a diferencia de los valores máximos de radiación subacuática que aumentaron durante el periodo de estudio (Figuras 12 y 14).

**Tabla 4. Datos registrados de temperatura (°C) y radiación subacuática (Wm<sup>(-2)</sup>) promedio, mínima y máxima por día de recolecta.**

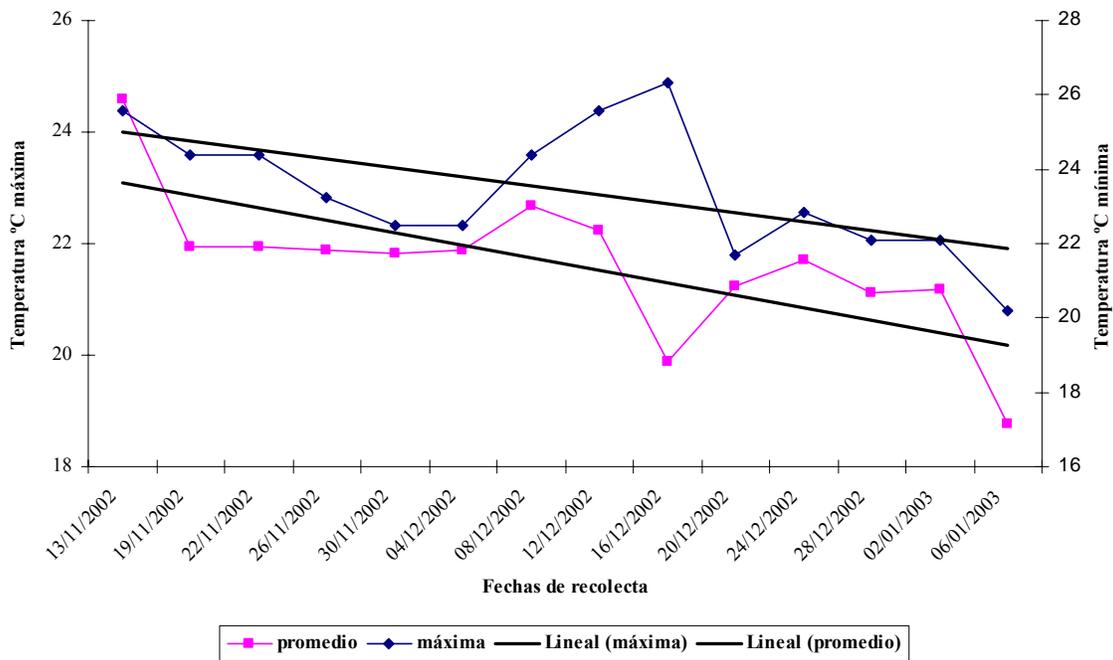
Fechas de recolecta	Temperatura°C promedio, mínimos y máximos Parcela 4	Temperatura°C promedio, mínimos y máximos Sabana Sur	Radiación subacuática promedio Parcela 4	Radiación subacuática promedio Sabana Sur
13/11/2002	$\bar{X}$ = 24.49 25.56-20.01	$\bar{X}$ = 24.59 25.56-23.63	$\bar{X}$ =0.755 0.0000254-2.540	$\bar{X}$ = 0.320 0.0000179-0.320
19/11/2002	$\bar{X}$ = 24.01 25.63-21.71	$\bar{X}$ = 22.44 24.4-21.71	$\bar{X}$ = 0.309 0.0000209-1.215	$\bar{X}$ = 0.398 0.0000179-1.134
22/11/2002	$\bar{X}$ = 21.87 24.4-20.19	$\bar{X}$ = 21.93 24.4-20.95	$\bar{X}$ = 0.513 0.0000344-1.215	$\bar{X}$ = 0.338 0.0000179-1.059
26/11/2002	$\bar{X}$ = 23.16 25.56-21.33	$\bar{X}$ = 21.87 23.24-20.94	$\bar{X}$ = 1.227 0.0000344-3.272	$\bar{X}$ = 0.275 0.0000179-1.059
30/11/2002	$\bar{X}$ = 22.41 25.17-20.57	$\bar{X}$ = 21.82 22.48-20.95	$\bar{X}$ = 1.728 0.0000344-6.682	$\bar{X}$ = 0.273 0.0000179-0.767
04/12/2002	$\bar{X}$ = 23.05 24.79-20.57	$\bar{X}$ = 21.89 22.48-20.95	$\bar{X}$ = 2.158 0.0000344-7.6724	$\bar{X}$ = 0.256 0.0000179-0.943
08/12/2002	$\bar{X}$ = 23.27 26.34-20.95	$\bar{X}$ = 22.68 24.4-22.09	$\bar{X}$ = 1.088 0.0000344-4.026	$\bar{X}$ =0.131 0.0000179-0.555
12/12/2002	$\bar{X}$ = 22.22 24.01-20.57	$\bar{X}$ = 22.25 25.56-21.33	$\bar{X}$ = 1.081 0.0000388-3.054	$\bar{X}$ =0.485 0.0000194-1.678
16/12/2002	$\bar{X}$ = 19.96 25.95-17.52	$\bar{X}$ = 19.87 26.34-18.66	$\bar{X}$ = 1.227 0.0000374-3.054	$\bar{X}$ = 0.480 0.0000179-2.660
20/12/2002	$\bar{X}$ = 22.69 27.52-20.57	$\bar{X}$ = 21.23 21.71-20.57	$\bar{X}$ = 1.541 0.0000344-6.682	$\bar{X}$ = 0.57 0.0000179-0.350
24/12/2002	$\bar{X}$ = 23.31 27.12-20.95	$\bar{X}$ = 21.72 22.86-20.95	$\bar{X}$ = 1.713 0.0000344-9.439	$\bar{X}$ = 0.387 0.0000179-1.059
28/12/2002	$\bar{X}$ = 22.21 27.12-19.42	$\bar{X}$ = 21.12 22.09-19.81	$\bar{X}$ = 1.084 0.0000344-4.216	$\bar{X}$ = 0.390 0.0000179-1.215
02/01/2002	$\bar{X}$ = 23.43 28.7-20.17	$\bar{X}$ = 21.18 22.09-20.19	$\bar{X}$ = 4.502 0.0000344-7.672	$\bar{X}$ = 0.5183 0.0000179-1.215
06/01/2002	$\bar{X}$ = 20.18 20.18-18.66	$\bar{X}$ = 18.77 20.19-17.52	$\bar{X}$ = 1.152 0.000344-3.272	$\bar{X}$ = 0.726 0.0000179-2.540



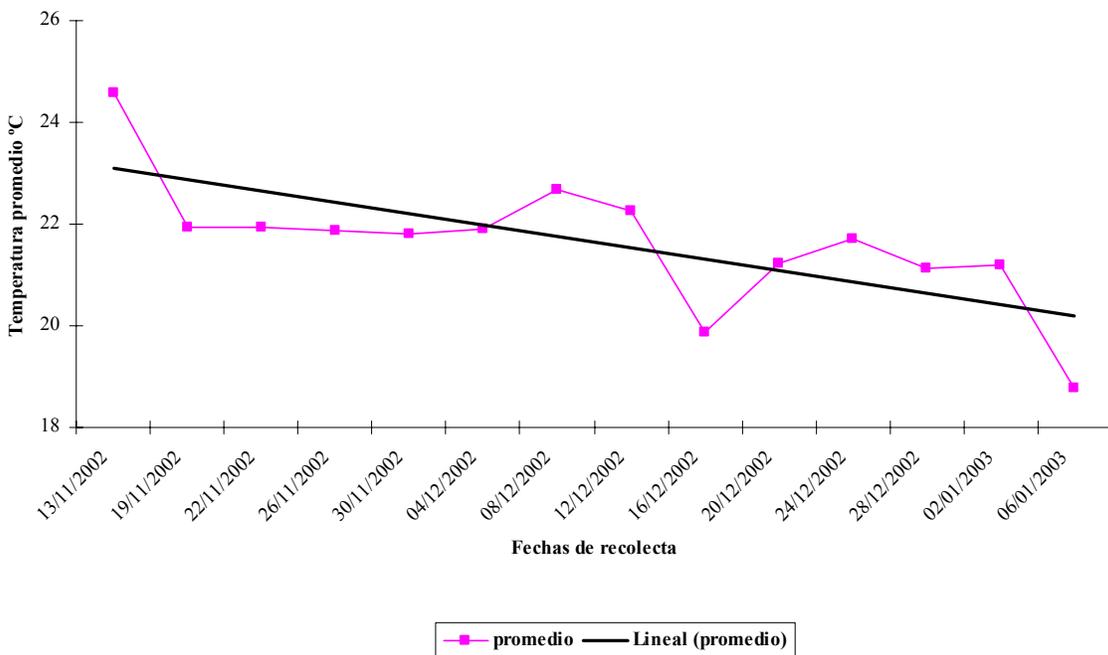
**Figura 8. Variación temporal de los valores mínimos y máximos de la temperatura (°C) en el sitio Parcela 4.**



**Figura 9. Variación promedio de la temperatura (°C) en el sitio Parcela 4.**



**Figura 10. Variación temporal de los valores mínimos y máximos de la temperatura (°C) en el sitio Sabana Sur.**



**Figura 11. Variación promedio de la temperatura (°C) en el sitio Sabana Sur.**

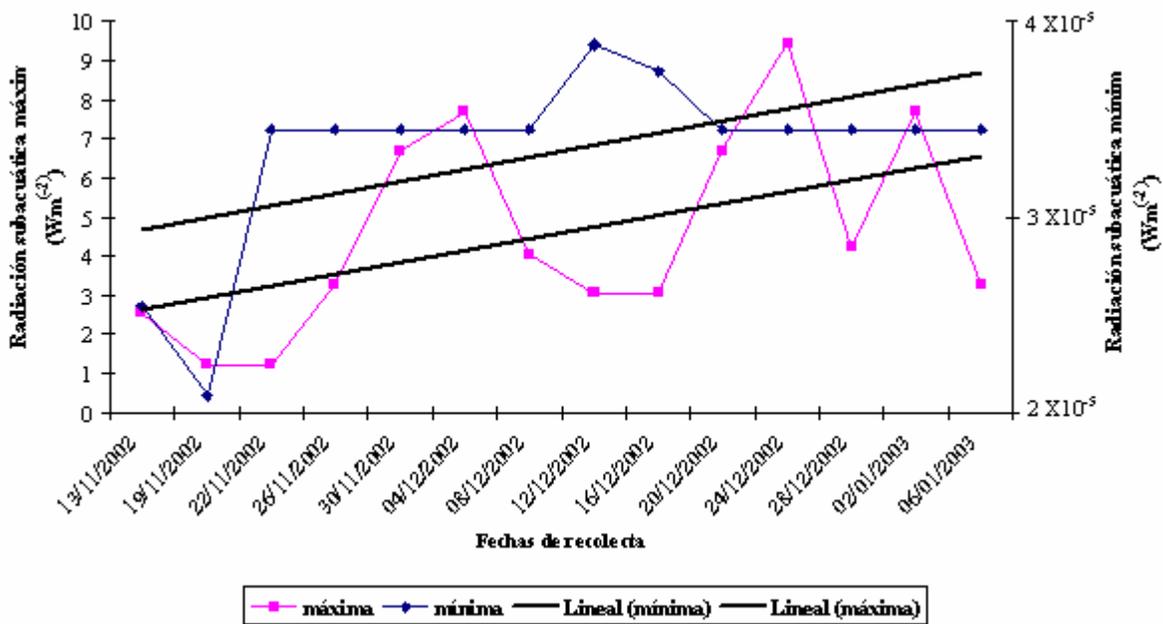


Figura 12. Variación temporal de los valores mínimos y máximos de la radiación subacuática (Wm<sup>-2</sup>) en el sitio Parcela 4.

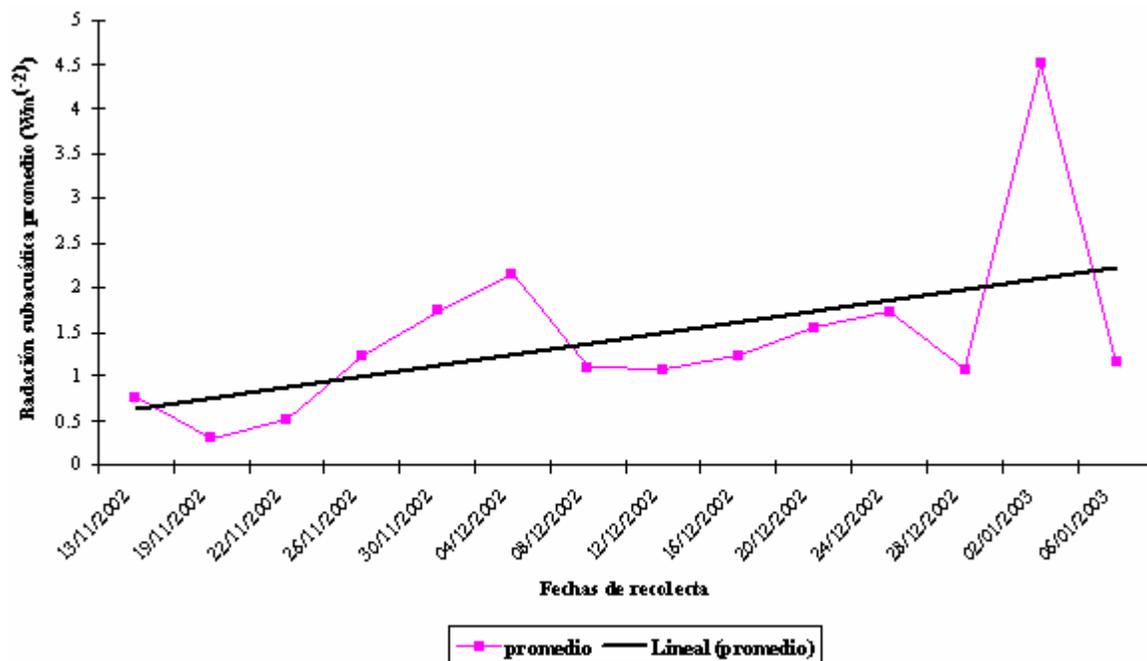


Figura 13. Variación promedio de la radiación subacuática (Wm<sup>-2</sup>) en el sitio Parcela 4.

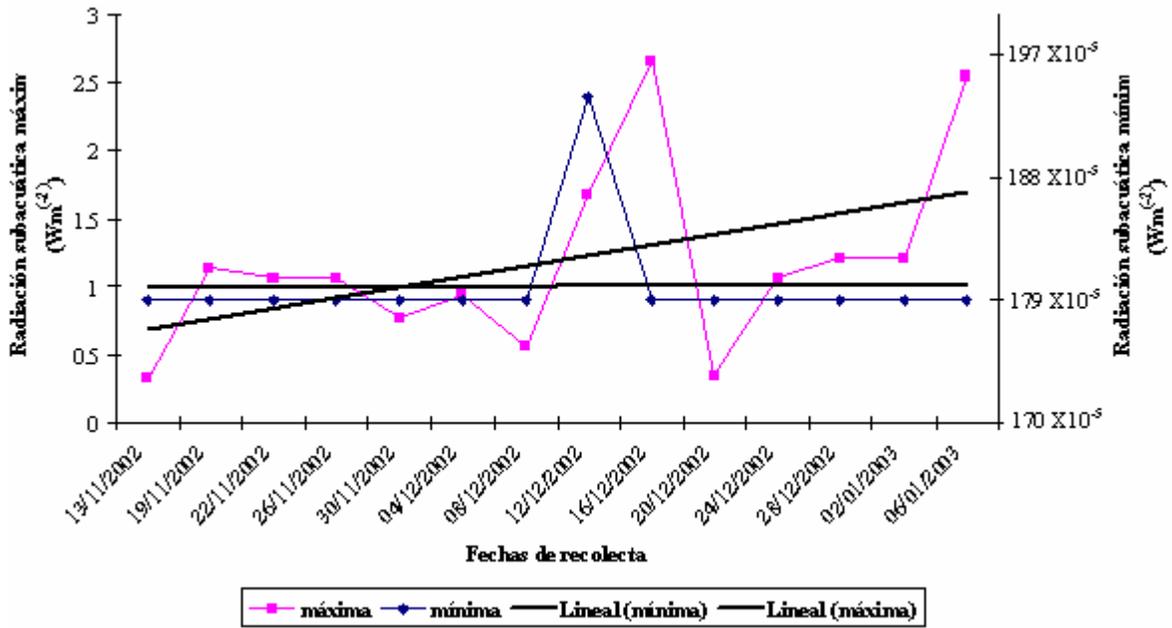


Figura 14. Variación temporal de los valores mínimos y máximos de la radiación subacuática (Wm<sup>-2</sup>) en el sitio Sabana Sur.

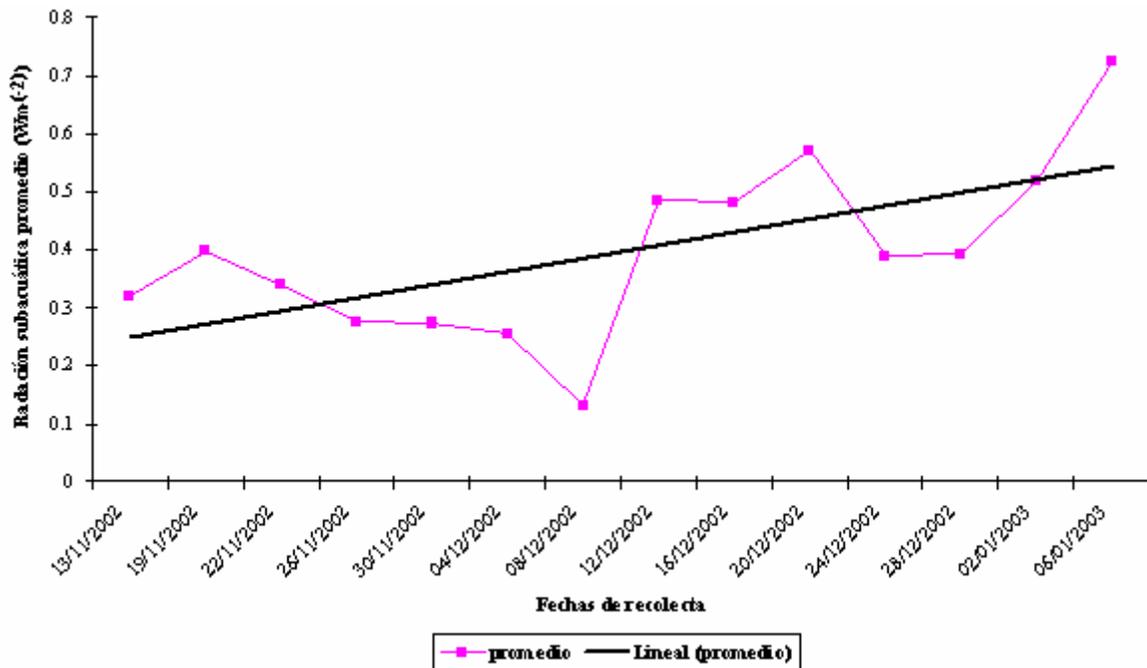


Figura 15. Variación promedio de la radiación subacuática (Wm<sup>-2</sup>) en el sitio Sabana Sur.

Los datos sobre las concentraciones de nutrimentos en su forma nitrogenada (amonio y nitrato), concentraciones de FRS y fósforo total se encuentran registradas en la Tabla 5. Las concentraciones de fósforo total en Sabana Sur presentaron una tendencia al incremento, por el contrario para el FRS se observó una tendencia de descenso en sus valores; las concentraciones de amonio y nitrato mostraron una tendencia a disminuir durante el periodo de estudio (Figura 17).

En Parcela 4 las concentraciones de fósforo total mostraron una tendencia a incrementarse a diferencia de las del FRS que disminuyeron, en el caso del amonio y nitrato se observó una tendencia a disminuir durante el periodo de estudio (Figura 16).

**Tabla. 5. Datos registrados de las concentraciones de nutrimentos en ambos sitios de estudio**

Fechas de recolecta	Nitrato mg l <sup>-1</sup> Parcela 4	Nitrato mg l <sup>-1</sup> Sabana Sur	Amonio mg l <sup>-1</sup> Parcela 4	Amonio mg l <sup>-1</sup> Sabana Sur	FRS mg l <sup>-1</sup> Parcela 4	FRS mg l <sup>-1</sup> Sabana Sur	Fósforo total mg l <sup>-1</sup> Parcela 4	Fósforo total mg l <sup>-1</sup> Sabana Sur
13/11/2002	0.01	0.02	0.26	0.55	0.06	0.04	0.66	0.82
19/11/2002	0.01	0.01	0.37	0.33	0.06	0.09	0.68	0.56
22/11/2002	0.03	0.03	0.28	0.34	0.01	0.03	0.09	0.86
26/11/2002	0.04	0.02	0.16	0.32	0.05	0.01	0.58	0.44
30/11/2002	0.03	0.03	0.16	0.45	0.03	0.02	0.22	0.70
04/12/2002	0.03	0.02	0.19	0.40	0.01	0.01	0.36	0.43
08/12/2002	0.04	0.02	0.14	0.36	0.05	0.01	0.47	0.64
12/12/2002	0.05	0.01	0.32	0.54	0.03	0.03	0.58	0.75
16/12/2002	0.03	0.04	0.18	0.40	0.08	0.06	0.05	0.60
20/12/2002	0.01	0.03	0.29	0.41	0.02	0.01	0.67	0.46
24/12/2002	0.01	0.02	0.25	0.37	0.02	0.02	0.86	0.94
28/12/2002	0.01	0.01	0.22	0.43	0.01	0.01	1.05	0.84
02/01/2003	0.01	0.02	0.19	0.28	0.01	0.06	0.82	1.12
06/01/2003	0.01	0.01	0.19	0.30	0.02	0.01	0.935	1.00

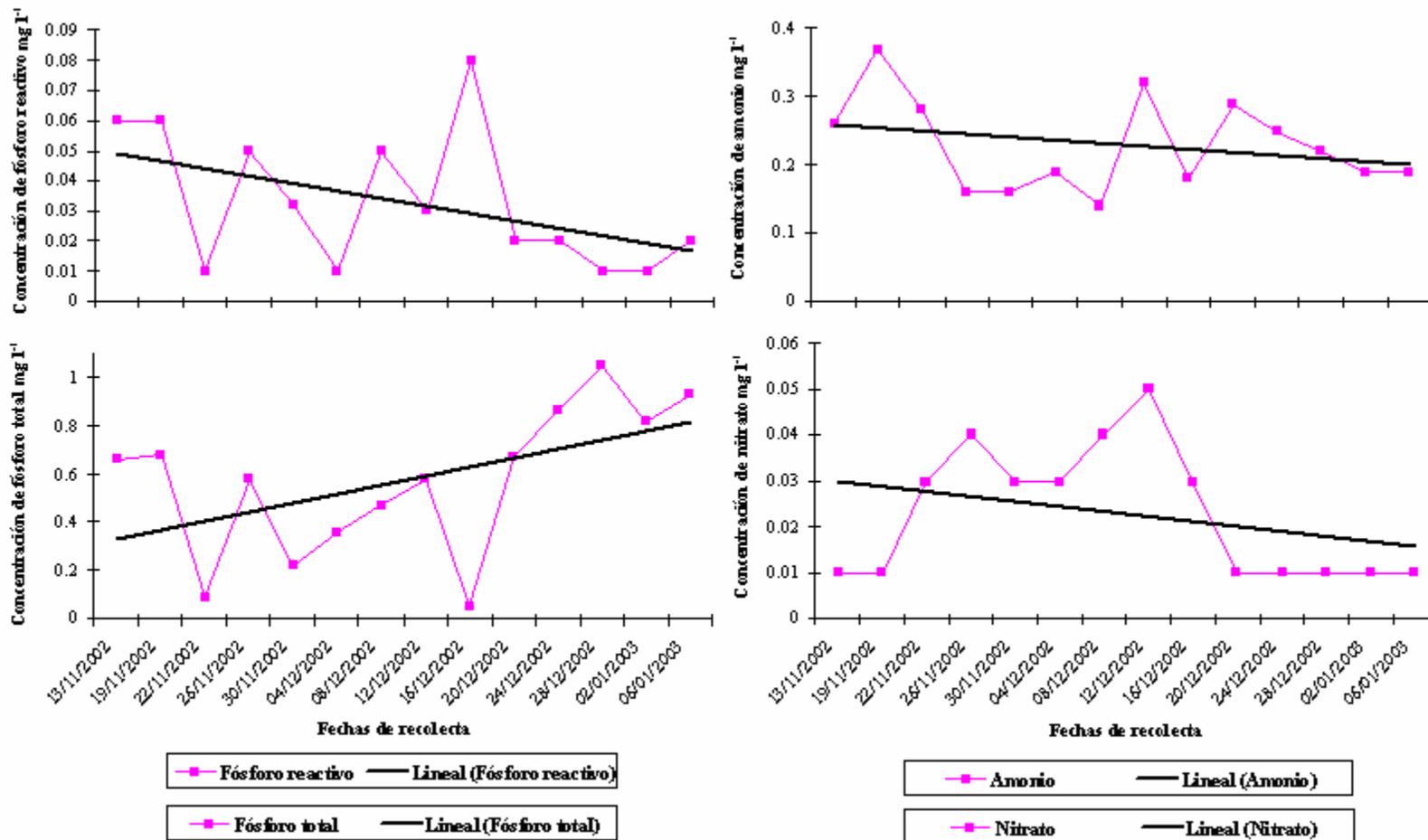


Figura 16. Representación gráfica de la variación temporal de las concentraciones de nutrientes (FRS, fósforo total, amonio y nitrato) en el sitio Parcela 4.

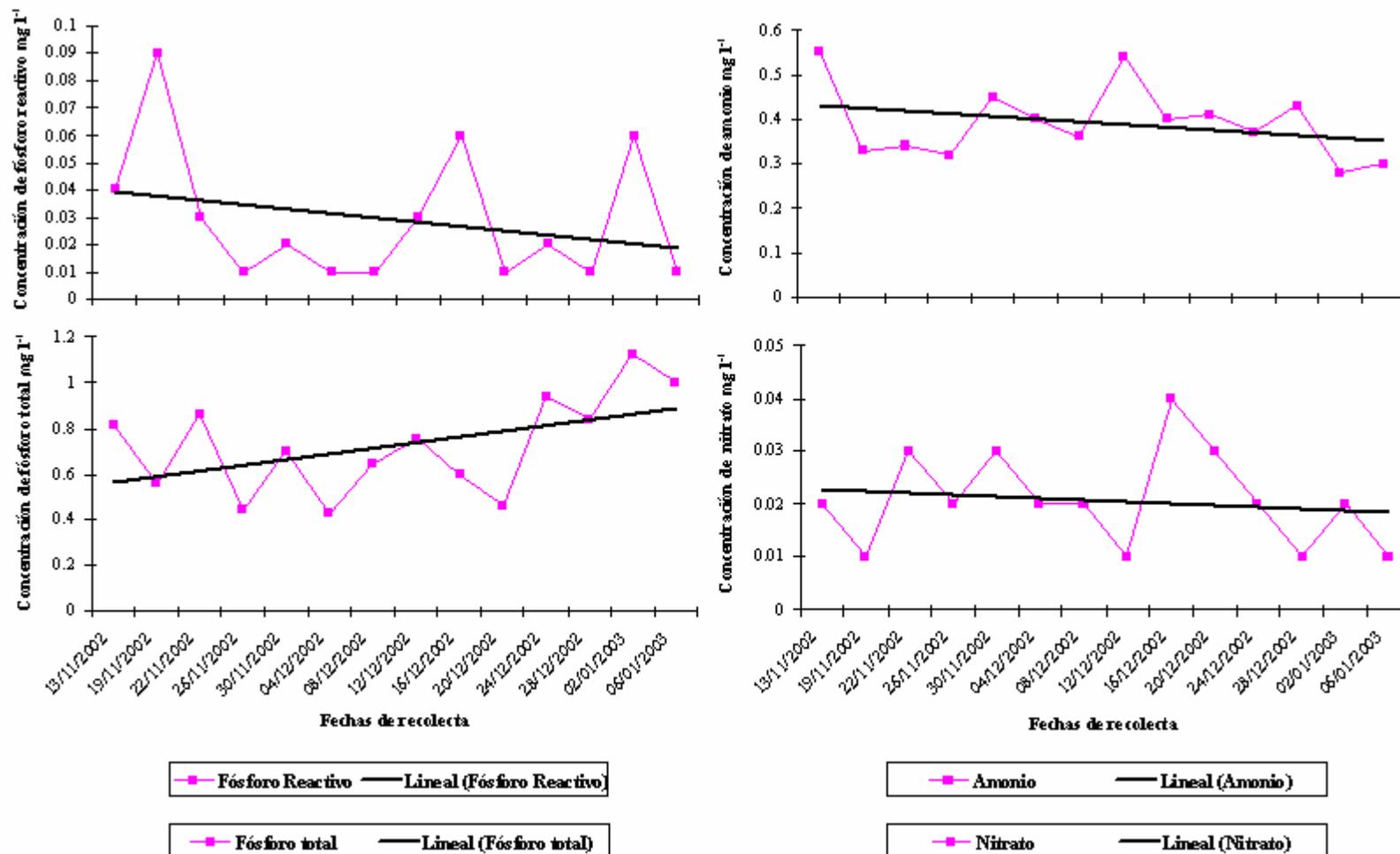


Figura 17. Representación gráfica de la variación temporal de las concentraciones de nutrientes (FRS, fósforo total, amonio y nitrato) en el sitio Sabana Sur durante.

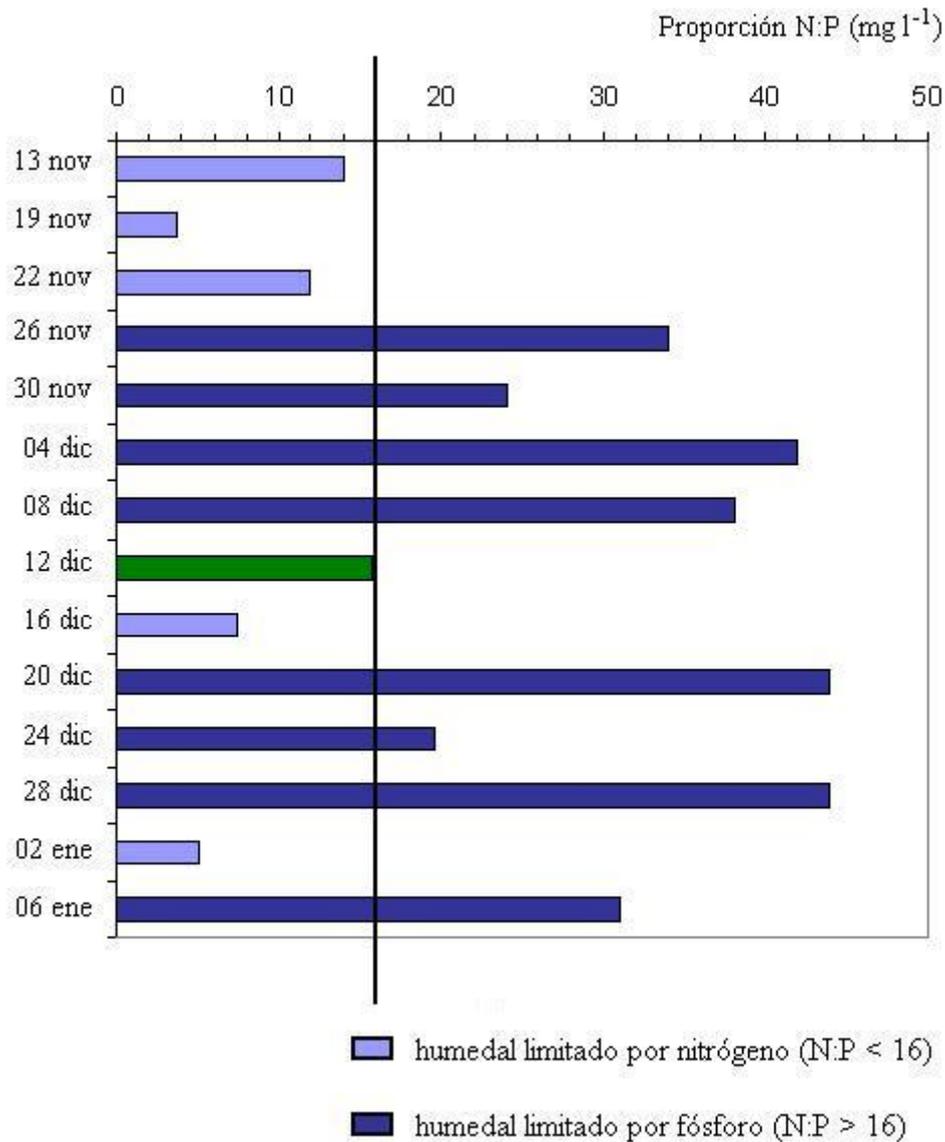
Las proporciones de nutrimentos observadas tomando como referencia la proporción óptima para el desarrollo del fitoplancton NP 16:1 según Redfield (1934) se encuentran registradas en la Tabla 6. En el sitio de estudio Sabana Sur se observó que está principalmente limitado por FRS; y para el sitio de estudio Parcela 4 su limitación está asociada esencialmente al nitrógeno (Figuras 18 y 19).

Los datos de biomasa expresados en clorofila *a* para cada sitio de estudio se encuentran reportados en la Tabla 6. Las concentraciones de clorofila *a* en Sabana Sur presentaron una tendencia al decremento significativa; pero sus concentraciones se mantuvieron en bajas proporciones durante el periodo estudio (Figura 20).

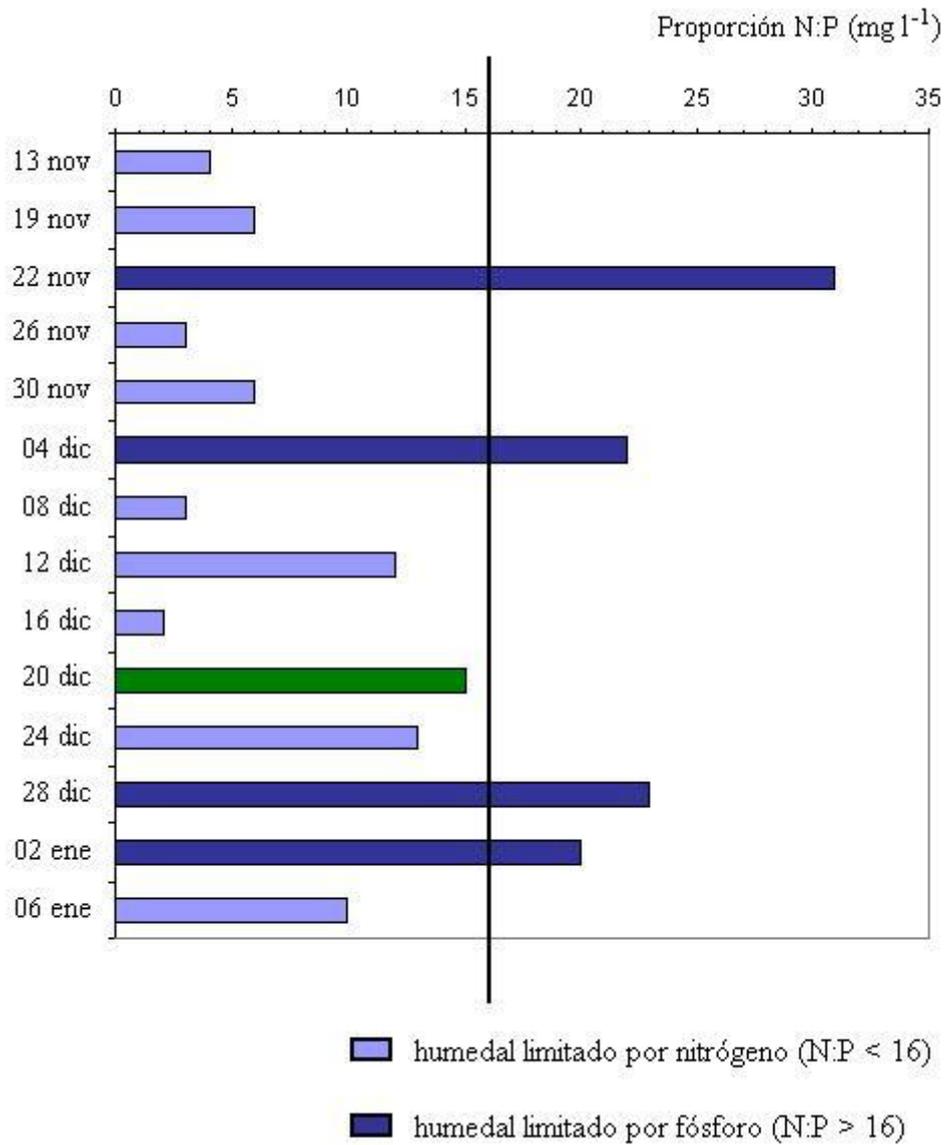
En Parcela 4 se observó que las concentraciones de clorofila *a* se comportaron de manera fluctuante mostrando picos con altas concentraciones al principio, mitad y final del periodo de estudio; y tienden a decrecer a lo largo del periodo de estudio (Figura 20).

**Tabla 6. Proporciones de nutrimentos NP 16:1 (N= nitrógeno y P= fósforo) y concentración de clorofila *a* para ambos sitios de estudio**

Fechas de recolecta	Proporciones de fósforo y nitrógeno (16:1) Parcela 4	Proporciones de fósforo y nitrógeno (16:1) Sabana Sur	Clorofila <i>a</i> mg l <sup>-1</sup> Parcela 4	Clorofila <i>a</i> mg l <sup>-1</sup> Sabana Sur
13/11/2002	4.3	13.75	4.9	7.2
19/11/2002	6.1	3.6	2.2	3.2
22/11/2002	2.8	11.3	0.7	4.8
26/11/2002	2.9	32	0	0.2
30/11/2002	5	22.5	0.2	0.4
04/12/2002	19	40.5	0.3	0.2
08/12/2002	2.8	36	2.7	0.3
12/12/2002	10.6	15.42	2	0.7
16/12/2002	2.2	6.6	0.2	0.3
20/12/2002	14.5	41	0	0.1
24/12/2002	12.5	18.5	0.4	0.2
28/12/2002	22	43	0.5	0.2
02/01/2003	19	4.6	0.4	0.2
06/01/2003	9.5	30	0.4	0.3



**Figura 18.** Proporción de las concentraciones de nutrientes (fósforo=P y nitrógeno=N) en el sitio Sabana Sur durante el periodo de estudio (noviembre 2002 a enero 2003). La línea vertical que se sitúa en 16 mg l<sup>-1</sup> indica el óptimo (N16:P1) de acuerdo con la proporción Redfield (Reynolds 1984). El valor representado en la barra del 12 de diciembre es muy cercano a 16, por lo que se considera que ninguno de los nutrientes fue limitante.



**Figura 19.** Proporción de las concentraciones de nutrientes (fósforo=P y nitrógeno=N) en el sitio Parcela 4 durante el periodo de estudio (noviembre 2002 a enero 2003). La línea vertical que se sitúa en 16 mg l<sup>-1</sup> indica el óptimo (N16:P1) de acuerdo con la proporción Redfield (Reynolds 1984). El valor representado en la barra del 20 de diciembre es muy cercano a 16, por lo que se considera que ninguno de los nutrientes fue limitante.

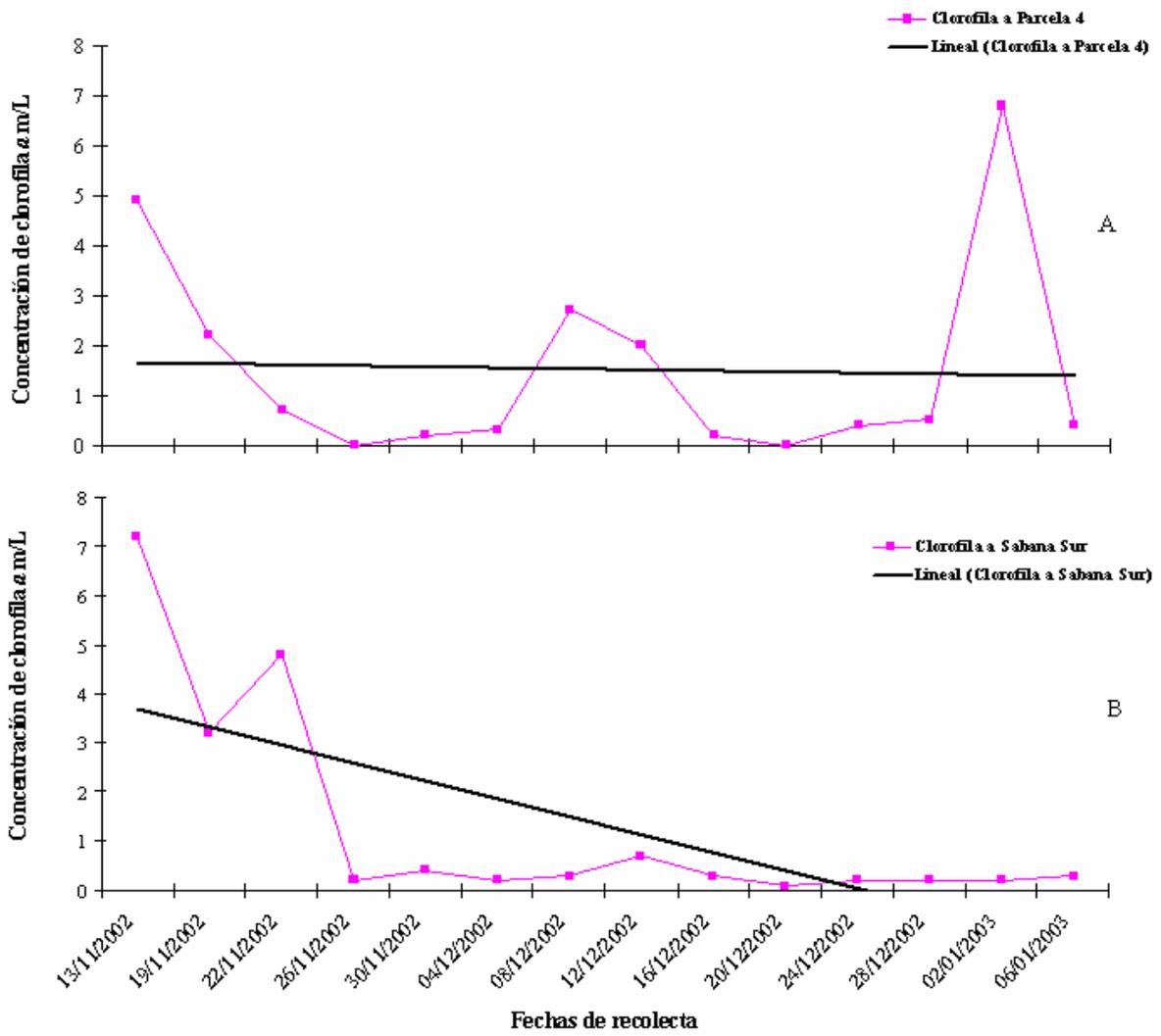


Figura. 20. Variación temporal de la concentración de clorofila *a* por día de recolecta: A) Parcela 4 y B) Sabana Sur.

Se analizó la biomasa fitoplanctónica (estimada como concentración de clorofila *a*) en relación con los factores ambientales monitoreados en el humedal: temperatura y concentración de nutrientes inorgánicos, integrando los dos sitios de estudio, Sabana Sur y Parcela 4 como partes del humedal.

El análisis mostró que la variación de la clorofila estuvo correlacionada significativamente con la variación de la temperatura y del fósforo. Así mismo, este análisis mostró que el nitrógeno no se correlaciona con la clorofila *a* ni con ninguna otra variable (Tabla 7).

**Tabla 7. Resultados de las correlaciones entre biomasa fitoplanctónica (clorofila “a”) y variables ambientales (temperatura y nutrientes). Los valores con asterisco indican correlación significativa (p<0.05).**

Correlación de Pearson	Clorofila <i>a</i>	Temperatura	Nitrógeno	Fósforo
Clorofila <i>a</i>	1.0	0.598*	0.017	0.324*
Temperatura	0.598*	1.0	-0.016	0.098
Nitrógeno	0.017	-0.016	1.0	-0.088
Fósforo	0.324*	0.098	-0.088	1.0

Con base en el análisis de regresión se obtuvo que el modelo:

$$\text{Clorofila } a = \beta_0 + \beta_1 \text{ temperatura} + \beta_2 \text{ nitrógeno} + \beta_3 \text{ fósforo}$$

es significativamente idóneo en conjunto (Tabla 8), pero respecto al análisis individual de cada uno de los parámetros de regresión, sólo la temperatura y el fósforo tienen relación lineal significativa con la clorofila (Tabla 9) y se confirmó que el nitrógeno no es un buen predictor de las variaciones de biomasa por si solo.

**Tabla 8. Análisis de varianza para la evaluación de la idoneidad del modelo de regresión.**

ANOVA				
SC	GL	DE	F	p
43.716	37	7.307	6.054	0.003

SC = suma de cuadrados (total)

GL= grados de libertad

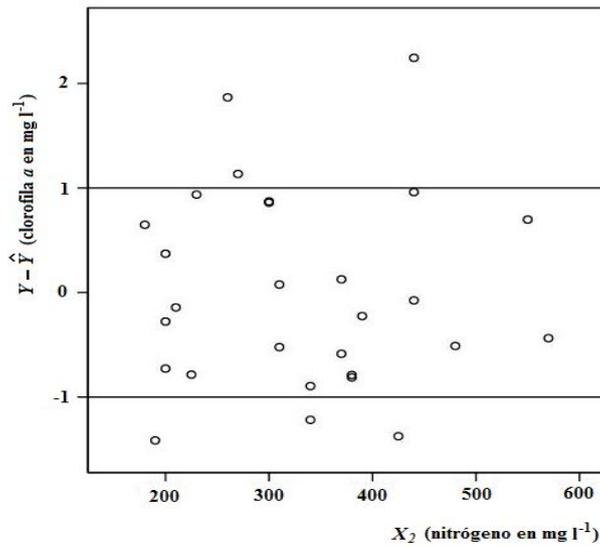
DE= suma de los cuadrados de las desviaciones estándar

p = valor mínimo de significancia

Al detectar una relación baja entre clorofila *a* y nitrógeno, se graficó la diferencia entre los valores observados de clorofila *a* y los que el modelo predijo (residuales), es decir  $Y - \hat{Y}$ , contra  $X_2$ , que representó exclusivamente la concentración de las formas nitrogenadas de nutrientes. Aunque se observaron algunos valores *outliers*, no se presentó ninguna tendencia en la distribución espacial de los casos, lo que indicó que en circunstancias ideales el nitrógeno también podría explicar las variaciones en biomasa (Figura 21).

**Tabla 9. Evaluación de los coeficientes de regresión.**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		<i>t</i>	p
	$\beta$	Error estándar		
Constante	-12.937	3.246	-3.985	0.001
Temperatura	0.533	0.144	3.695	0.001
Nitrógeno	0.001	0.002	0.324	0.749
Fósforo	0.015	0.008	1.752	0.092



**Figura 21. Gráfica de residuales estandarizados respecto de la variable dependiente ( $Y - \hat{Y}$ ) en función con la variable predictora  $X_2$  de las formas nitrogenadas ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ).**

Las variables ambientales que explicaron mejor la variación en la biomasa del fitoplancton fueron el fósforo y la temperatura, por lo que se formuló un nuevo modelo de regresión lineal multivariada apegándose estrictamente a la correlación significativa obtenida y se estableció que el mejor modelo para este humedal es el siguiente:

$$\text{Clorofila } a = \beta_0 + \beta_1 \text{ fósforo} + \beta_2 \text{ temperatura.}$$

Dicho modelo de regresión indicó que al menos una proporción grande de la biomasa algal tuvo un comportamiento significativo relacionado con la temperatura del agua. La conveniencia de este modelo para las variables predictoras ‘temperatura’ y ‘fósforo’ y la variable dependiente ‘clorofila’ se resume en la Tabla 10 y la evaluación de los coeficientes de regresión en la Tabla 11.

**Tabla 10. Análisis de varianza para la evaluación de la idoneidad del modelo de regresión**

ANOVA				
SC	GL	DE	F	p
43.716	27	9.361	9.363	0.001

**SC = suma de cuadrados (total)**

**GL= grados de libertad**

**DE= suma de los cuadrados de las desviaciones estándar**

**p = valor mínimo de significancia**

**Tabla 11. Evaluación de los coeficientes de regresión**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		t	p
	$\beta$	Error estándar		
Constante	-12.729	3.125	-4.074	0.000
Temperatura	0.532	0.142	3.760	0.001
Fósforo	0.014	0.008	1.762	0.090

Cuando se consideraron los valores predichos por el modelo para la variable dependiente y se graficaron contra cada una de las variables predictoras, tanto las gráficas del modelo  $\hat{Y}$  vs.  $X_i$ , como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) mostraron un ajuste consistente (Figuras 22 y 23), cabe señalar que los valores negativos que refieren algunas concentraciones de clorofila ( $\hat{Y}$ ) se deben a que los datos fueron transformados a logaritmo natural porque el intervalo entre las concentraciones es muy amplio.

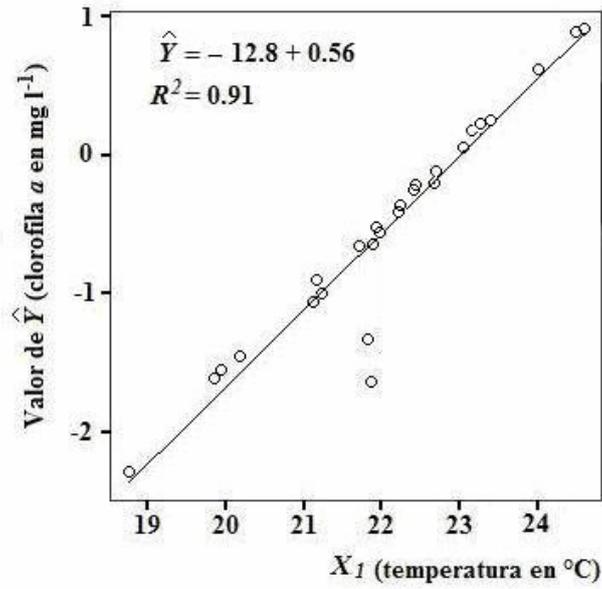


Figura 22. Gráfica del modelo de regresión lineal de los valores no estandarizados que se predicen para la variable dependiente ( $\hat{Y}$ ) y la temperatura.

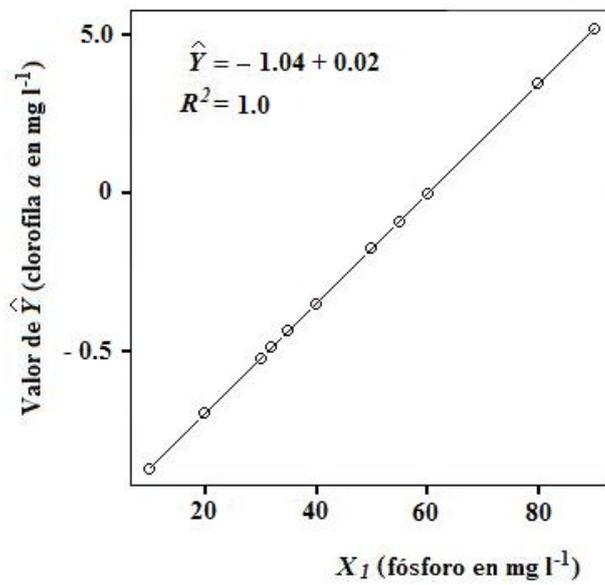


Figura 23. Gráfica del modelo de regresión lineal de los valores no estandarizados que se predicen para la variable dependiente ( $\hat{Y}$ ) y el fósforo.

# DISCUSIÓN

## **Composición y riqueza de especies fitoplanctónicas en el humedal**

En la Reserva Ecológica El Edén, el humedal de estudio está definido por dos periodos principalmente, un periodo de secas (febrero a junio), y un periodo de inundación durante la temporada de lluvias (junio a enero); la temporada con mayor precipitación es desde finales de junio hasta noviembre, pero el humedal permanece totalmente anegado hasta diciembre. A partir de este mes las lluvias comienzan a ser esporádicas y bajan gradualmente los niveles de agua, que llegan a su fin a principios de enero; estos cambios en el nivel de agua determinan el tipo de vegetación (plantas vasculares y algas) y procesos biológicos adaptados a este ambiente. En el caso de la biomasa fitoplanctónica se ha observado que es alta durante el comienzo del periodo de lluvias y decrece a través del ciclo hidrológico (Novelo & Tavera 2003).

Goldsborough y Robinson (1996) a partir de estudios de humedales de Norte América, Europa y Australia, propusieron un modelo que explica la interacción entre los factores físicos y químicos que determinan los tipos de crecimientos algales, así como también su variación espacial y temporal en los humedales. Este modelo propone cuatro estados estables: lago, abierto, protegido y seco; sin embargo no todos los humedales pasan por dichas etapas por lo que los crecimientos de algales dominantes están determinados por factores ambientales (estabilidad en la columna de agua) y biológicos (depredación). De acuerdo con Novelo y Tavera (2003) este modelo resulta ser inadecuado para explicar el ciclo hidrológico en El Edén y ha sido modificado para las comunidades algales del humedal.

La comunidad fitoplanctónica en El Edén está compuesta principalmente por los grupos taxonómicos Heterokontophyta (Bacillariophyceae y Xanthophyceae), Dinophyta, Cyanoprokaryota y Chlorophyta (Desmidiaceae, Charophyceae) (Figuras 2,3). El grupo mejor representado en el humedal de estudio son las Charophyceae (desmidias) que contribuyen al 42% del total de las especies en Parcela 4, y para Sabana Sur al 39 %. La distribución geográfica de muchas desmidias es amplia pues se encuentran desde los trópicos hasta el ártico. La mayoría de las desmidias que observamos han sido registradas para regiones templadas (Figura 4), lo que sugiere que

su presencia en este humedal tropical se debe a un amplio acoplamiento a gradientes de temperatura.

El índice de riqueza de especies de Jackknife hace referencia al número de especies en un área determinada, para el sitio Sabana Sur este índice ha mostrado que la riqueza de especies es mayor en Sabana Sur ( $\hat{S}= 65.85$ ) que en Parcela 4 ( $\hat{S}= 53.92$ ). El coeficiente de similitud de Sorensen mostró una gran similitud (0.68) entre Sabana Sur y Parcela 4, el cual indicó que ambos sitios de estudio presentan una gran similitud en su composición de especies. Estos datos sugieren que aun cuando hay diferencias en la riqueza, la composición de especies es similar. Pensamos que la composición de especies con las desmidias como el grupo más diverso, se relaciona por una parte con las variaciones diurnas de la temperatura del agua que se presentan en el humedal, y por otra parte con la condición oligotrófica del sistema.

### **Variables ambientales y su relación con la biomasa, riqueza y composición de especies**

La temperatura promedio en Sabana Sur (profundidad de la columna de 1 m) y Parcela 4 (profundidad de la columna de 45 cm), disminuyó durante el periodo de estudio y solo se observaron diferencias pequeñas entre los sitios. Sin embargo, al analizar la variación diurna por sitio observamos disminuciones ocasionales entre cinco grados (máxima) y seis grados (mínima) en Sabana Sur. Para el caso de Parcela 4, hubo ocasiones en que la temperatura máxima aumentó ocho grados y la mínima disminuyó siete grados. Van Meter-Kasanof (1973), estudió los Everglades en Florida y observó un cambio diario en la temperatura del agua de seis grados, dentro de un área de 35 cm<sup>2</sup>, que estuvo cubierta por crecimientos de perifiton, y compuesto por asociaciones de algas adaptadas a amplias fluctuaciones diarias en la temperatura. Las especies dominantes del fitoplancton que encontramos en El Edén podrían estar seleccionadas por la influencia de oscilaciones diarias en la temperatura. Es muy posible que en los sitios estudiados en El Edén, las variaciones diurnas de temperatura se relacionen con la profundidad de la columna. El modelo de regresión multivariada propuesto para este humedal se fundamenta en una clara correlación (Figuras 21, 22, 23 y Tablas 7, 8, 9, 10 y 11) entre la biomasa expresada como clorofila *a*, la temperatura y el fósforo. Como

en el caso de los Everglades (Van Meter-Kasanof op cit) las desmidias podrían corresponder a una asociación adaptada a fluctuaciones amplias de temperatura, lo cual puede interpretarse de la vasta distribución geográfica (latitudinal) que registra la mayoría de las especies, pues se distribuyen desde zonas polares hasta tropicales (Figura 7).

Con respecto a las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos (FRS, nitrato y amonio) en Parcela 4 y Sabana Sur, estos tienden a disminuir durante el periodo de estudio. El fitoplancton en cuerpos de agua dulce requiere de ciertos elementos para su crecimiento: fósforo y nitrógeno principalmente, estos elementos generalmente son los que limitan su crecimiento; el papel de las fluctuaciones en la profundidad en los humedales y cómo se distribuyen los nutrientes aun no está resuelto, pero cuando los sedimentos están expuestos a periodos de sequía; promueven la descomposición de materia orgánica y la liberación de nutrientes al reanudarse la inundación (Kadlec 1979; Schoenberg & Oliver 1988). El movimiento del agua puede tener efectos positivos en el flujo de nutrientes a la columna de agua. En El Edén la tendencia de los nutrientes a disminuir en la columna de agua posiblemente este relacionada con el consumo, por otros productores primarios. Se ha demostrado que la disponibilidad de los nutrientes en la columna de agua no sólo afecta la composición y riqueza del fitoplancton sino que también la de los crecimientos perifíticos (Lodge et al., 1988; Havens et al., 1996; Blumenshine et al., 1997). La distribución espacial de estas dos comunidades afecta fuertemente sus relaciones competitivas porque los organismos bénticos tienen la primera oportunidad de obtener nutrientes relacionados con el sedimento (Bjork-Ramberg 1985; Hansson 1990; Wetzel 1996), por ello regulan el flujo entre los sedimentos y la columna de agua, así que el fitoplancton en El Edén podría depender de esta regulación.

Redfield (1934) propuso una proporción óptima (fisiológica) para el crecimiento del fitoplancton en cuerpos de agua dulce, esta proporción indica una relación de nitrato y fósforo de 16:1. La limitación por fósforo es mayor en Sabana Sur pues 50% de las ocasiones esta limitada por este nutriente; para Parcela 4 es lo contrario el fósforo como recurso es más alto, así que esta limitada sólo en un 31% de las ocasiones. Estudios previos han reportado que el perifiton retiene rápidamente grandes cantidades de fósforo; la reducción de las concentraciones de fósforo soluble da como resultado

una reducción en la biomasa del fitoplancton (Confer 1972). Hansson (1990) ha demostrado que el crecimiento de algas perifíticas en el sedimento reduce la concentración de fósforo en un 44% en la columna de agua. Es posible que la reducción de la biomasa a través del tiempo en los sitios estudiados refleje también una competencia con la comunidad perifítica, que en El Edén recubre el sustrato de todo el humedal (Novelo & Tavera 1999, 2003).

La biomasa fitoplantónica de este humedal, expresada como clorofila *a*, parece estar influenciada por el nutrimento limitante. Esto sin embargo es más notable en Sabana Sur, donde la clorofila mostró una marcada tendencia a disminuir durante el periodo de estudio (Figura 20). La limitación además se refleja en las variaciones de la biomasa, no sólo en los totales pues en Parcela 4 la limitación por fósforo es intermitente mientras que en Sabana Sur se mantiene constante hasta el final del periodo de estudio, lo que se refleja claramente en las gráficas de limitación (Figuras 18 y 19) y de fluctuaciones de biomasa (Figura 20).

Otro factor que es esencial para las algas es la radiación subacuática, sin embargo en El Edén no encontramos una influencia decisiva en el fitoplancton a pesar de las diferencias de profundidad en las columnas de agua de los sitios estudiados.

En Parcela 4 los valores promedio, mínimos y máximos de radiación subacuática durante la época de lluvias (inició del periodo de estudio) son menores, comienzan a elevarse cuando las lluvias se presentan ocasionalmente y llegan a tener sus valores mas altos cuando los niveles de agua descienden. Para Sabana Sur los valores promedio y máximos de radiación subacuática se comportan de manera semejante que en Parcela 4 (Tabla 4 y Figuras 12, 13, 14 y 15), pero las diferencias entre máximos y mínimos de la radiación subacuática entre los sitios, están asociadas a una de las variables más importantes que define a los humedales y por lo tanto a las algas, que es la profundidad de la columna de agua (Kadlec, 1979). Este factor complica la comprensión de fenómenos biológicos en los humedales pues la mayor parte de ellos, experimentan fluctuaciones regulares o periódicas en sus niveles de agua.

Numerosos estudios de humedales localizados a orillas de lagos y en lagos poco profundos, han evidenciado que la resuspensión de sedimento por viento incrementa la

turbiedad en la columna de agua (e.g., Klarer & Millie 1992); al incrementarse la turbiedad baja la radiación subacuática en la superficie y causa una reducción en la fotosíntesis (Hellström 1991), por lo tanto en la biomasa fitoplanctónica. Sin embargo los datos de radiación subacuática que obtuvimos indican lo contrario, ya que los datos mas altos de biomasa están registrados cuando la radiación subacuática es menor, esto quiere decir que el crecimiento de la comunidad fitoplanctónica en El Edén no esta limitado por este factor ambiental. El análisis de regresión demostró que para El Edén el fitoplancton esta controlado principalmente por las fluctuaciones en la temperatura y en las concentraciones de fósforo.

## CONCLUSIONES

- La comunidad fitoplanctónica en El Edén esta constituida por los grupos taxonómicos Heterokontophyta (Bacillariophyceae y Xanthophyceae), Dinophyta, Cyanoprokaryota y Chlorophyta (Charophyceae). El grupo dominante en el humedal de estudio son las Charophyce (desmidias).
- La dominancia de las desmidias en el fitoplancton de la sabana inundada en El Edén, se explica por las variaciones de temperatura: son especies que se registran en zonas con temperaturas muy diferentes, desde tropicales hasta polares. Se explica también por la limitación de nutrientes: son especies que se registran comúnmente en sitios oligotrofos.
- El índice de riqueza de especies de Jackknife y el coeficiente de similitud de Sorensen indicaron que no hay diferencias significativas en la riqueza y composición de especies entre Parcela 4 y Sabana Sur por lo que son similares.
- Las variaciones en la riqueza de especies están relacionadas con la limitación por nutrientes, mientras que la composición de especies dominantes (desmidias) está relacionada con las variaciones diurnas en la temperatura del agua que presenta el humedal.
- Las especies dominantes del fitoplancton en El Edén están seleccionadas por la influencia de oscilaciones diarias en la temperatura; las fluctuaciones diurnas de temperatura se relacionan con la profundidad del agua.
- La biomasa fitoplanctónica en El Edén esta influenciada por el nutriente limitante así como también de las fluctuaciones diarias en la temperatura.
- El modelo de regresión multivariada evidencio que la variación de la biomasa fitoplanctónica depende linealmente de la temperatura y fósforo, expresada por la ecuación clorofila  $a = \beta_0 + \beta_1 \text{ fósforo} + \beta_2 \text{ temperatura}$ .
- En El Edén el crecimiento de la comunidad fitoplanctónica no mostró estar influenciado por la radiación subacuática.

## PERSPECTIVAS

Este trabajo es muy importante ya que nos permitió conocer de manera general como se comporta la comunidad fitoplanctónica de la sabana inundada en la Reserva Ecológica El Edén. Durante la investigación y escritura de este trabajo nacieron algunas ideas y sugerencias para mejorar las investigaciones futuras sobre las comunidades fitoplanctónicas en los humedales tropicales de agua dulce.

Con base a la metodología establecida en este trabajo, sugerimos que hay que considerar un mayor número de sitios de recolecta y realizar cultivos *in situ* donde se simulen las proporciones de nutrimentos para el crecimiento óptimo del fitoplancton. Así mismo se recomienda un seguimiento continuo de la comunidad fitoplanctónica dentro de los cultivos *in situ* para tener un parámetro de comparación con la comunidad fitoplanctónica en condiciones naturales en el humedal. Consideramos que es importante realizar un conteo de especies por día de recolecta para poder aplicar algún índice de diversidad y definir con mayor exactitud la estructura biológica de la comunidad.

A partir de los factores ambientales establecidos en este estudio creemos que existen otros factores (la influencia de los herbívoros, viento, precipitación y vegetación circundante) que podrían ayudar a explicar la variación de la composición de especies fitoplanctónicas en el humedal en nuevos estudios.

## ANEXO

### Técnicas de extracción de pigmentos y determinación de nutrimentos.

Para la extracción de clorofila “a” se utilizaron 200 ml de agua recolectada en ambos sitios de estudio en cada fecha de muestreo. Se realizó con la siguiente técnica (Vollenweider 1974):

- Se filtraron (filtros FG) 200 ml de agua en ambos sitios de estudio, cada filtro se mantuvo seco en completa oscuridad con una refrigeración de 4°C para evitar la degradación de pigmentos.
- Cada muestra se maceró en 5 ml de acetona al 90%
- Se vertió la muestra en un tubo de centrifuga y se añadieron 5 ml de acetona al 90%.
- Los tubos de centrifuga se cubrieron completamente con una cinta de color negro, después se conservó en la oscuridad durante 24 hr a 4°C.
- Las muestras se centrifugaron durante 5 minutos a 3000 rpm.
- Se preparó un blanco de acetona (paso por el mismo proceso) para calibrar el espectrofotómetro Hach Dr-2010.
- El sobrenadante se leyó con el espectrofotómetro a 630, 647, 664 nm.

Para la cuantificación de clorofila *a* se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Clorofila } a = (11.85 \times A_{664}) - (1.54 \times A_{647}) - (0.08 \times A_{630})$$

Los nutrimentos se determinaron dependiendo de su concentración con diferentes métodos por cada fecha de muestreo, utilizando un espectrofotómetro Hach Dr-2010. El amonio se determinó con el método 10031 para concentraciones bajas de 0 – 2.5 mg l<sup>-1</sup> que a continuación describiremos:

- Se utilizaron 25 mL de muestra de agua sin filtrar.
- Se utilizaron 25 mL de agua destilada como muestra blanco.

- En el espectrofotómetro se ingresó al programa para amonio nitrógeno ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ).
- El dial de longitud de onda se ajustó a 425 nm (longitud de onda).
- Se vertió en una probeta graduada 25 mL de muestra.
- En otra probeta se vertió 25 mL de agua deionizada (el blanco)
- En ambas probetas se colocaron tres gotas de estabilizador mineral, después se agitaron varias veces ambas probetas para mezclar la muestra y el blanco.
- En ambas probetas se colocaron tres gotas de alcohol de Polyvinyl, después se agitaron varias veces hasta mezclarse.
- Por medio de una pipeta se extrajo 1.0 mL de Reactivo de Nessler Reagent y se vertió en ambas probetas, se agitaron varias veces para mezclarse.
- Se esperó un minuto de reacción.
- La muestra y el blanco preparados se colocaron en celdas para su lectura.

Para determinar el nitrato se utilizó el método 8192 para concentraciones bajas de 0 – 0.4  $\text{mg l}^{-1}$ .

- Se utilizaron 30 mL de muestra de agua sin filtrar.
- Se utilizaron 25 mL de muestra de agua de cada sitio de estudio como blanco.
- En el espectrofotómetro se ingresó al programa nitrato nitrógeno rango bajo ( $\text{NO}_3^-\text{N}$ ).
- Se ajustó la longitud de onda (507), para la lectura de las muestras.
- Se vertió 30 mL de muestra en una probeta graduada de 50 mL y se colocó un sobre del reactivo Nitra Ver 6 en polvo.
- Se permitió un periodo reacción de 3 minutos, durante el cual se agitó continuamente.
- Después de agitar continuamente se esperó un periodo de 2 minutos de reacción.
- En una celda para lectura se colocó 25 mL de muestra y se agregó un sobre del reactivo Nitri Ver 3 en polvo. Se agitó continuamente hasta disolver el reactivo en muestra.
- Se permitió 10 minutos de reacción.
- En la celda de el espectrofotómetro se colocó 25 mL de la muestra blanco (la celda protege a las muestras del pasa de luz).

- En una celda para lectura se colocaron 25 mL de la muestra-blanco en una celda para lectura y se calibró a cero.
- Se procedió a la lectura de la muestra

El FRS se determinó con el método 8048 para concentraciones bajas de 0 – 2.5 mgL<sup>-1</sup>.

- Para cada sitio de estudio, se utilizaron 10 mL de la muestra de agua filtrada con filtros Whatman (GF de 0.7 µm).
- Para la muestra blanco se utilizaron 10 mL de la misma muestra de agua filtrada.
- En el espectrofotómetro se ingresó al programa FRS.
- Se ajustó la longitud de onda (890 nm) para la lectura de las muestras.
- Se vertieron 10 mL de muestra en una celda para lectura.
- Se agregó a la muestra un sobre de Phos Ver 3 en polvo, después se agitó varias veces hasta mezclarse. La muestra tornó a un color azul debido a la presencia de fosfatos.
- Se permitió un periodo de 2 minutos de reacción.
- En otra celda para lectura, se vertió 10 mL de muestra-blanco y se calibro a cero el aparato.
- Se procedió a la lectura de la muestra.

Para determinar el fósforo total se utilizó el método 8190 para concentraciones bajas de 0.00 – 3.50 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

- Se utilizaron 5 mL de muestra para cada sitio de estudio.
- Se utilizaron 5 mL de muestra blanco para cada sitio de estudio.
- Las muestras, incluyendo el blanco, se verieron en celdas para lectura y se agregaron 2 mL de ácido sulfúrico a 1.00 N.
- Se utilizó un embudo para agregar un sobre de persulfato de potasio en polvo. Se agitó para mezclar la muestra.
- El reactor se programó a una temperatura óptima de 105 °C para digerir las muestras durante 30 minutos.
- Se retiraron las muestras y se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

- En el espectrofotómetro se ingresó al programa fósforo reactivo TNT ( $\text{PO}_4^{3-}$ )
- Se ajustó la longitud de onda (890 nm) para la lectura de las muestras.
- Se agregaron 2mL de hidróxido de sodio a cada una y se agitaron para mezclarse, incluyendo la muestra blanco.
- Se agregó un sobre de reactivo Phos Ver 3 en polvo a cada muestra, incluyendo la muestra blanco.
- Se calibró a cero el aparato con la muestra-blanco.
- Se procedió a la lectura de las muestras.

## LITERATURA CITADA.

Becerra-Absalón, I. & Tavera, R. 2003. Cambios de la comunidad algal (perifiton) relacionados con el ciclo hidrológico en un tinal anegable en Quintana Roo. *Mex.Stud./Estad.Mex.*

Bergquist, A.M. & Carpenter, S.R. 1986. Limnetic herbivory: Effects on phytoplankton populations and primary production. *Ecology*. 67: 1351-1360.

Bjork-Ramberg, S. 1985. Uptake of phosphate and inorganic nitrogen by a sediment-algal system in a subarctic lake. *Freshwater Biology*. 15:175-183.

Blumenshine, S.C., Vadeboncoeur, Y., Lodge, D.M., Cottingham, K.L. & Knight, S.E. 1997. Benthic-pelagic links: responses of benthos to water-column nutrient enrichment. En *Phosphorus Kinetics of planktonic y benthic assemblages in a shallow subtropical lake*, ed. Soon-Jin, H., Karl, E., Havens & Aland, S. *Freshwater Biology (1998)*. 40: 729- 745.

Confer, J.L. 1972. Interrelations among plankton, attached algae, and the phosphorus cycle in artificial open systems. *Ecological Monographs*. 42: 1-23.

Crumpton, W.G. & Wetzel, R.G. 1982. Effects of differential growth and mortality in the seasonal succession of phytoplankton populations in Lawrence lake, Michigan. *Ecology*. 63: 1729-1739.

Durako, M.J., Medlyn, R.A., & Moffler, M.D. 1982. Particulate matter resuspension via metabolically produced gas bubbles from benthic estuarine microalgae communities. *Limnol. Oceanogr.* 27: 752-756.

Ettl, H.J. & Heynig, H. 1978. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 3: Xanthophyceae*. Gustav Fischer Verlag.

- García, E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 3ª edición. México D.F: FOCET Larios S.A.
- Geitler, L. 1932. *Cyanophyceae*. Akademisches Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Goldman, C.R. & Horne, A.J. 1994. *Limnology*. 2ª edición. New York: Mc Graw Hill.
- Goldsborough, G. & Robinson, G.C. 1996. Patter in wetlands. En *Algal Ecology freshwater benthic ecosystems*, ed. Stevenson, R.J. Bothwell, M.L. y Lowe, R.L., 77-117. San Diego: Academic Press.
- Gopal, B. & Junk, W.J. 2000. *Biodiversity in wetlands: assessment, function y conservation*. Leiden: Backhuys Publishers.
- Hansson, L.A. 1990. Quantifying the impact of periphytic algae on nutrient availability for phytoplankton. *Freshwater Biology*. 24: 265-273.
- Hach. 1997. *DR/2010 Spectrophotometer. Procedures manual*. Loveland: Hach Co.
- Haines, D.W. & Rogers, K.H. 1987. Loose y firmly attached epiphyton, their relative contributions to algal y bacterial carbon productivity in a Phragmites marsh. *Aquat. Bot.* 29: 169-176.
- Havens, K.E., East, T.L., Meeker R.H., Davis, W.P. & Steinman, A.D. 1996. Phytoplankton and periphyton responses to an in situ experimental nutrient enrichment in a shallow experimental lake. *Journal of Plankton Research*. 18: 551-566.
- Hecky, R.E. & Kilham, P. 1988. Nutrient limitations of phytoplankton in freshwater y marine environments: A review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnology y oceanography*. 33:796-822.
- Hejný, S. & Segal, S. 1998. General Ecology of Wetlands. En *The production Ecology of Wetlands*, ed. Westlake, D.F., Kvêt, J. & Szczepanski, A. Cambridge: Cambridge University Press.

Hellström, T. 1991. The effect of resuspension on algal production in a shallow lake. *Hydrobiol.* 213: 183-190.

Kadlec, R.H. & Knight, R.L. 1996. *Treatment Wetlands*. Boca Raton: Lewis Publishers.

Klarer, D.M., & Millie, D.F. 1992. Aquatic macrophytes and algae at Old Woman Creek estuary and other Great Lakes coastal wetlands. En *Algal ecology freshwater benthic ecosystems*, ed. Stevenson, R.J. Bothwell, M.L. y Lowe, R.L., 77-117. San Diego: Academic Press.

Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1999. *Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. *Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae*. New York: Gustav Fischer, Stuttgart.

Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2<sup>nd</sup> edición. Menlo Park: Addison Wesley Longland.

Lodge, D.M., Barko, J.W., Strayer, D., Melack, J.M., Howarth, R.W., Menge B. & Titus J.E. 1988. Spatial heterogeneity y habitat interactions in lake communities. En *Complex Interactions in Lake Communities*, ed. Carpenter S.R., 181-208. Oxford: University Press, Oxford.

.

McGlathery, K.J., Krause-Jensen, D., Rysgaard, S. & Christensen, P.B. 1997. Patterns of ammonium uptake within dense mats of the filamentous macroalga. En *Phosphorus kinetics of planktonic and benthic assemblages in a shallow subtropical lake*, ed. Soon, J.H., Karl, E.H. y Alan. D. S., *Freshwater Biology* (1998). 40: 729-745.

Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. 1993. *Wetlands*. 2<sup>a</sup> edición. New York: Van Nostrand Reinhold.

Mitsch, W. J. & Gosselink, J.G. 1986. *Wetlands*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Moss, B. 1968. The chlorophyll a content of some benthic algal communities. *Arch. Hydrobiol.* 65: 51-62.

Gorham, F. 1991. *Human influences on the health of northern peatlands.* R. Soc. Can. Ser. VI 2: 199-208.

Novelo E. 1998. *Floras ficológicas del Valle de Tehuacan Puebla.* Tesis Doctoral, Facultadde Ciencias UNAM.

Novelo E. y R Tavera 1999. Algas y humedales de Quintana Roo. *Ciencias.* 55/ 56 44-45.

Novelo, E. & Tavera, T. 2003. The role of periphyton in the regulación y supply of nutrients in a wetland at El Eden, Quintana Roo. En *Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface*, eds. Gómez-Pompa A., Fedick, S. y Allen, M., The Haworth Press, Binghamton.

Patrick, R.M. & Reimer, C.W. 1996. *The diatoms of the United States. Exclusive of Alaska and Hawaii.* Philadelphia: Academy of Natural Sciences.

Prescott, G.W., Bicudo, C. & Vinyard, W.C. 1982. *A synopsis of North American Desmids. Parte I. Desmidiaceae: Placodermae. Sección 4.* University of Nebraska Press, Lincoln.

Prescott, G.W., Bicudo, C. & Vinyard, W.C. 1899. *A synopsis of North American Desmids. Parte II. Desmidiaceae: Placodermae. Sección 3.* University of Nebraska Press, Lincoln.

Popovsky, J. & Pfiester, L.A. 1990. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 6: Dinophyceae (Dinoplageellida).* Gustav Fischer Verlag, Jena.

Redfield, A.C. 1934. *On the proportions of organic derivates in sea water y their relation to the composition of plankton.* Liverpool: University Press.

- Reynolds, C.S. 1984. Phytoplankton periodicity: The interactions of form, function y environmental variability. *Freshwater Biology*. 14: 111-142.
- Schindler, D.W. 1978. Factor regulating phytoplankton production y standing crop in the world's freshwaters. *Limnology y Oceanography*. 23: 478-486.
- Schoenberg, S.A. & Oliver, J.D. 1988. Temporal dynamics and spatial variation of algae in relation to hydrology and sediment characteristics in the Okefenokee Swamp, Georgia. *Hydrobiol*. 162: 123-133.
- Sieburth, L.M., Smetacek, V. & Lenz, J. 1978. Freshwater habitats of algae. En *Freshwater algae of north America*, ed. John, D.W. y Robert, G.S., 11-57. San Diego: Academic Press.
- Smith, R.L & Smith T.M. 2000. Ecología. En *Humedales de agua dulce*, 4<sup>a</sup> ed. Capella, I. & García, A.I. 526-536. México: Addison Wesley.
- Sommer, U. 1984. Freshwater habitats of algae. En *Freshwater algae of north America*, ed. John, D.W. y Robert, G.S., 11-57. San Diego: Academic Press.
- Tiner, R.W. 1999. *Wetland Indicators: A guide to wetland identification, delineation, classification, y mapping*. Boca Raton; Lewis Publishers.
- Titman, D. 1976. Ecological competition between algae: experimental confirmation of resource-based competition theory. *Science*. 192: 463-500.
- Turpin, D. H. & Harrison, P.J. 1979. Freshwater habitats of algae. En *Freshwater algae of north America*, ed. John, D.W. y Robert, G.S., 11-57. San Diego: Academic Press.
- Van Meter-Kasanof, N. 1973. Ecology of The microalgae of the Florida Everglades. En *Algal ecology freshwater benthic ecosystems*, ed. Stevenson, R.J. Bothwell, M.L. y Lowe, R.L., 77-117. San Diego: Academic Press.

Vymazal, J. 1995. *Algae and element cycling in wetlands*. Boca Raton: Lewis Publishers.

Wetzel, R.G. 1983. *Limnology*. 2<sup>nd</sup> edición. Philadelphia: Saunders Company.

Wetzel, R.C. 1996. Benthic algae y nutrients cycling in lentic freshwater ecosystems. En *Phosphorus kinetics of planktonic and benthic assemblages in a shallow subtropical lake*, ed. Soon, J.H., Karl, E.H. y Alan. D. S., *Freshwater Biology* (1998). 40: 729-745.