

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología

INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD  
DEL AGUA DEL RÍO POLOCHIC Y DE LA  
INTEGRIDAD BIOLÓGICA DEL LAGO DE  
IZABAL



KARIN LARISSA HERRERA AGUILAR

Guatemala

1999



INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD  
DEL AGUA DEL RÍO POLOCHIC Y DE LA  
INTEGRIDAD BIOLÓGICA DEL LAGO DE  
IZABAL

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología

INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD  
DEL AGUA DEL RÍO POLOCHIC Y DE LA  
INTEGRIDAD BIOLÓGICA DEL LAGO DE  
IZABAL

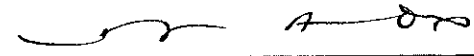
KARIN LARISSA HERRERA AGUILAR

Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de  
Maestría en Estudios Ambientales

Guatemala


1999

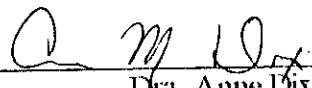
Vo.Bo.:


(f)   
Dra. Margaret Dix  
Asesora

(f)   
Dra. Anne Dix  
Asesora

Tribunal:

(f)   
Dra. Margaret Dix

(f)   
Dra. Anne Dix

(f)   
Dr. Edwin Castellanos

Fecha de aprobación: 10 de septiembre de 1999.

**DEDICATORIA**

**A Dios,  
por estar siempre a mi lado**

**A mi madre,  
a quien amo y admiro**

**A mi familia y amigos**

**Al pueblo de Guatemala**

**A todas las personas que se preparan integralmente  
para ayudar a resolver los problemas de mi país**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Valle de Guatemala por el apoyo económico para este trabajo de tesis, y a todos los que contribuyeron con mi formación académica. Especialmente al Departamento de Biología.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT- porque consideró útil y necesario financiar este estudio.

A la Fundación Defensores de la Naturaleza y su personal por el apoyo institucional, logístico y económico brindado. Quiero agradecer especialmente al Lic. Jorge Cardona y al Sr. Haroldo Choc.

Al grupo multidisciplinario que participó en el proyecto por todo su apoyo y colaboración: Dra. Anne Dix (Investigadora Principal), Dra. Margaret Dix (Asesora e Investigadora Asociada), Licda. Anna Cristina Bailey, Karina Piérola, Licda. Mayra Maldonado, Lic. Francisco Pérez, Ing. Rafael Girón, Ing. Igor De la Roca y Guillermo Rivera.

Finalmente, quiero agradecer por su trabajo serio y responsable a mis asesoras:

Dra. Margaret Dix y Dra. Anne Dix, quienes me iniciaron e instruyeron en la limnología y representan para mí un ejemplo por su entrega y dedicación.

<b>CONTENIDO</b>		<b>Páginas</b>
RESUMEN		xiii
I. INTRODUCCION		1
II: JUSTIFICACION		5
III: HIPOTESIS Y OBJETIVOS		6
IV. ANTECEDENTES		7
V. METODOLOGIA		21
A. Descripción del area de estudio		21
B. Muestreo		23
C. Tratamiento de las muestras		24
D. Estudio de factores físicos y químicos		24
E. Factores microbiológicos		25
F. Conteo de fitoplankton		28
VI. RESULTADOS		29
A. Fitoplankton		29
B. Coliformes totales		67
C. Coliformes fecales		69
D. Algunos datos fisicoquímicos		71
VII. DISCUSION DE RESULTADOS		81
A. Fitoplankton		81
B. Coliformes totales y fecales		88
C. Recomendaciones		92
VIII. CONCLUSIONES		94
IX BIBLIOGRAFIA		96
ANEXOS		

## LISTA DE CUADROS:

<b>Cuadro:</b>	<b>Páginas</b>
1. Peces reportados en el lago de Izabal	9
2. Algunos datos fisicoquímicos reportados para el lago de Izabal	11
3. Valores medios de las cuantificaciones de coliformes totales y fecales en la cuenca del río Polochic y lago de Izabal	15
4. Comparación de los estudios de plankton efectuados por Brinson y Basterrechea	16
5. Comparación de las principales especies de fitoplankton obtenidos en el estudio efectuado por Basterrechea	17
6. Localización de algunos puntos de muestreo	23
7. Promedio de individuos de fitoplankton registrados en las muestras tomadas en la superficie	31
8. Promedio de individuos de fitoplankton registrados en las muestras tomadas en la superficie	33
9. Categorías de fitoplankton identificadas en el lago de Izabal.	32
10. Densidad de los géneros de fitoplankton (organismos/l) en el Centro del Lago.	42
11. Densidad de los géneros de fitoplankton (organismos/l) en Punta Chapín	45
12. Densidad de los géneros de fitoplankton (organismos/l) en El Estor.	48
13. Densidad de los géneros de fitoplankton (organismos/l) en Bocas de Cobán.	51
14. Densidad de los géneros de fitoplankton (organismos/l) en Bocas de Bujajal.	54
15. Densidad de los géneros de fitoplankton (organismos/l) en Río Oscuro	57
16. Densidad del fitoplankton (organismos/l) en el lago de Izabal.	60
17. Promedio anual de la densidad de individuos y porcentaje de representación del fitoplankton en las muestras tomadas en la superficie.	61

	<b>Páginas</b>
18. Promedio anual de la densidad de individuos y porcentaje de representación del fitoplankton en las muestras tomadas en el fondo.	62
19. Indices de riqueza según Margalef de fitoplankton en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal.	63
20. Indices de riqueza según Menhinick de fitoplankton en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal.	64
21. Datos de la relación N/P en las muestras del lago de Izabal.	80
22. Comparación de los estudios de plankton efectuados por Brinson y Basterrechea.	85

#### LISTA DE GRAFICAS:

<b>Gráfica:</b>	<b>Páginas</b>
1. Cantidad total de fitoplankton en cada uno de los puntos de muestreo en la región occidental del lago de Izabal.	30
2. Comparación de las clases de fitoplankton en las muestras obtenidas en la supercie	34
3. Comparación de las clases de fitoplankton dominante en las muestras obtenidas en el fondo	35
4. Comparación de las diferentes clases de fitoplankton en el Centro del Lago	36
5. Comparación de clases de fitoplankton en Punta Chapín.	37
6. Comparación de las clases de fitoplankton en El Estor.	38
7. Comparación de las clases de fitoplankton en Bocas de Cobán.	39
8. Comparación de las clases de fitoplankton en Bocas de Bujajal.	40
9. Comparación de las clases de fitoplankton en Río Oscuro.	41
10. Principales géneros de fitoplankton abundantes en las muestras tomadas en la superficie en el Centro del Lago.	44
11. Representación porcentual de los géneros de fitoplankton más abundantes en las muestras tomadas en la superficie en Punta Chapín.	47
12. Representación porcentual de los géneros de fitoplankton más abundantes en las muestras tomadas en la superficie en El Estor	50

13. Representación porcentual de los géneros de fitoplankton abundantes en las muestras tomadas en la superficie en Bocas de Cobán	53
14. Representación porcentual de los géneros de fitoplankton abundantes en las muestras tomadas en la superficie en Bocas de Bujajal	56
15. Representación porcentual de los géneros de fitoplankton abundantes en las muestras tomadas en la superficie en Río Oscuro	59
16. Índices de riqueza de fitoplankton según Margalef en las muestras tomadas a un metro de la superficie en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal.	65
17. Índices de riqueza de fitoplankton según Margalef en las muestras tomadas en el fondo en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal	66
18. Coliformes totales en el lago de Izabal	67
19. Coliformes totales en ocho ríos ubicados en la cuenca del río Polochic	68
20. Cuantificación de coliformes fecales en el lago de Izabal	69
21. Cuantificación de coliformes fecales en ocho ríos ubicados en la cuenca del río Polochic	70
22. Datos de visibilidad en los puntos de muestreo ubicados en el lago de Izabal	71
23. Datos de oxígeno disuelto en los puntos de muestreo ubicados en el lago	72
24. Datos de oxígeno disuelto a un metro del fondo en los puntos de muestreo ubicados en el lago	73
25. Datos de caudales promedio de los ríos muestreados en la cuenca del río Polochic	74
26. Fósforo total en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal	75
27. Concentraciones de nitritos en las muestras tomadas en el lago de Izabal	76
28. Concentración de nitrógeno a partir de amonio en las muestras obtenidas en el lago de Izabal	77
29. Concentración de nitrógeno obtenido a partir de nitratos en las muestras del lago de Izabal	78
30. Concentraciones de nitrógeno total en las muestras obtenidas en el lago de Izabal	79



## RESUMEN

Se analizaron muestras de agua tomadas en 8 puntos de la cuenca del río Polochic y de 6 puntos en la región occidental del lago de Izabal, (en cuatro muestreos durante el año), con el fin de determinar su calidad y las fuentes de contaminación. Se consideró importante llevar a cabo estos análisis, ya que tanto la cuenca del río Polochic como el lago son importantes desde el punto de vista agrícola, económico, hídrico, social y turístico para las comunidades ubicadas en la región. Se identificaron y cuantificaron 43 géneros de fitoplankton y a los coliformes totales y fecales como indicadores biológicos de eutroficación y calidad sanitaria respectivamente. Con el inicio de la época lluviosa se observó un incremento en la densidad y diversidad de fitoplankton. La Tormenta Tropical Mitch, tuvo un impacto en la densidad disminuyéndola para la mayoría de los géneros de fitoplankton; sin embargo se registró un incremento significativo, del género *Microcystis*, principalmente en río Oscuro en más de un 118%. La Tormenta Tropical Mitch también tuvo impacto con relación a los nutrientes; pues se registró un incremento tanto en las concentraciones de nitrógeno (N en promedio aumentó 1700% en el lago y 2600% en los ríos), como en las de fósforo (P en promedio aumentó 5000% en el lago y 15000 % en los ríos).

Con el inicio de la época lluviosa también se aumentó la contaminación por coliformes totales, un promedio de 905 % en el lago y 551% en los ríos. El mismo patrón se observó con los coliformes fecales (*Escherichia coli*) que presentaron un incremento promedio de 622% en el lago y 592% en los ríos . El efecto de la Tormenta Tropical Mitch sobre la calidad sanitaria del agua en lago y ríos muestreados fue considerable. La contaminación de origen fecal aumentó en promedio 1634% en el lago y 4793% en los ríos, lo cual fue producto del lavado de la cuenca. Al considerar que algunas comunidades en la cuenca del río Polochic, todavía no cuentan con agua potable, por lo que utilizan el agua de los ríos y el lago; la alta contaminación por los microorganismos indicadores mencionados podría ser un factor que incida directamente en la salud de los pobladores, principalmente niños y ancianos.

El humedal ubicado en Bocas del Polochic, indudablemente influyó durante la época lluviosa al remover cierta cantidad de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que ingresaban al lago

de Izabal, contribuyendo así a mejorar la calidad del agua del mismo. Se considera que también contribuyó a mejorar la calidad microbiológica (disminución de la concentración de coliformes totales y fecales) del agua que ingresaron al lago desde el río Polochic.

## I. INTRODUCCION

Este estudio abarca ocho diferentes puntos ubicados en la cuenca del río Polochic (Polochic en Panzós, Polochic en Telemán, Cahabón, Boca Nueva, Jolomjix, Zarco, Pueblo Viejo y Tinajas) y seis puntos en la región occidental del lago de Izabal (Centro del Lago, Punta Chapín, El Estor, Bocas de Cobán, Bocas de Bujajal y río Oscuro). Los sitios fueron seleccionados; ya que se ha notado que ciertas actividades antropogénicas han afectado la calidad del agua en el área, lo cual podría tener un fuerte impacto en la integridad biológica del lago (Anexo 1. Mapa de los Puntos de Muestreo).

Algunas necesidades básicas que afrontan los pobladores de la cuenca del río Polochic y lago de Izabal son: nuevas fuentes de trabajo, aumentar los servicios de salud, educación y la construcción de vías de acceso; además de un plan de manejo que contribuya a mitigar los problemas de erosión y contaminación del agua y suelo, así como también que permita controlar la sobreexplotación de los recursos naturales y las prácticas agrícolas inadecuadas. Estas necesidades y sus consecuencias inciden en la calidad del agua, tanto en la cuenca del río Polochic, como en el lago de Izabal.

Entre las actividades humanas que afectan la calidad del agua se pueden mencionar: la tala de bosques, lo que puede producir la erosión del suelo provocando asolvamiento de la cuenca; el uso de fertilizantes químicos, los que al caer al agua provocan un enriquecimiento de nutrientes por lo que prosperan algunas poblaciones de organismos y existe un desbalance ecológico; la descarga directa en los ríos sin un tratamiento previo de las aguas domiciliarias.

Para detectar, cuáles son los factores que están afectando la integridad biológica del lago, es necesario que se realicen monitoreos periódicamente para comprender como fluctúan las condiciones que presenta el lago durante el año. Se debe tomar en cuenta que la calidad del agua del lago está relacionada directamente con la calidad del agua de sus afluentes principales. El principal afluente del lago es el río Polochic, un 70% de sus aguas. Por lo tanto, las actividades antropogénicas que se realizan en la cuenca del río Polochic, también afectarán la calidad del agua del lago.

Los ecosistemas de agua dulce se pueden dividir en dos tipos principales que dependen de su volumen y su flujo; el bioma lótico y el bioma léntico. Muchas cadenas alimenticias se basan en detritus, que utilizan materia que se ha erosionado río arriba. En el bioma léntico (lagos y estanques) la producción primaria en las áreas lejos de la costa es dominada por fitoplankton, y el principal hervívoro es el zooplankton (McNaughton y Wolf 1979). En este estudio el ambiente lótico, constituido por los ríos; y el léntico por el lago de Izabal.

En el presente trabajo se utilizaron posibles indicadores biológicos de la calidad del agua en 8 diferentes puntos de la cuenca del Polochic y en el lago; para así lograr relacionar estos indicadores con fluctuaciones en la disponibilidad de nutrientes (fósforo y nitrógeno) disueltos en el agua. Los indicadores biológicos son especies de organismos utilizados para monitorear cambios en el ambiente, ya que se conoce su comportamiento según el grado de disturbios a que se vea expuesto su hábitat, su tolerancia ecológica y requerimientos de las especies, además de que son fácilmente distinguibles o cuantificables. Es importante estudiar los efectos ambientales del aumento en los niveles de contaminantes en la diversidad de especies, para determinar el impacto de los mismos (Whitton 1975).

Desde el siglo pasado, el plankton se ha estudiado como indicador biológico, dado que es la unidad básica de producción de materia orgánica en un sistema léntico. En los lagos y otros cuerpos de agua el plankton vive suspendido en el seno del agua. Los organismos planktónicos se caracterizan por su tamaño pequeño, así como por su limitada locomoción. Esta condición los incapacita para contrarrestar la fuerza de las corrientes, por lo cual, se desplaza con ellas. El desarrollo de la comunidad de plankton dependerá de factores como: luz, calor, gases disueltos (oxígeno y dióxido de carbono) y nutrientes (los de mayor importancia son el nitrógeno y el fósforo, en especial este último es un factor limitante de su producción) (González, 1988).

El plankton está compuesto por fitoplankton y zooplankton. El fitoplankton es planta microscópica, muy importante como productor primario y alimento para los herbívoros. Las especies de fitoplankton son un indicador de la edad o la eutroficación que ocurre en un lago, por ejemplo cuando un lago es oligotrófico (poco productivo) el fitoplankton

predominante es es Desmido (*Closterium*, *Cosmarium*, etc.); cuando el fitoplankton predominante consta de diatomeas (*Navícula*, *Tabellaria*, etc.) es un lago menos oligotrófico; y si la predominancia son algas azul-verdosas (*Oscillatoria*, *Anabaena*, etc.) o diatomeas típicas (*Melosira*, *Fragilaria* y *Synedra*) puede indicar que es un lago eutrófico (sobreenriquecido sobre todo con nitratos y fosfatos como consecuencia de la erosión natural y los escurrimientos desde la cuenca circundante) (Andrews et al. 1972). El proceso de eutroficación en algunos casos puede tener un efecto en el aumento del fitoplankton. Sin embargo, algunas de las especies que proliferan pueden inhibir el crecimiento, por ejemplo, de algunas algas que pueden servir como alimento al zooplankton (González, 1988).

La densidad del plankton es mayor cerca de la superficie (Edmondson y Winberg 1971). Es importante mencionar que el éxito de cualquiera investigación que se emprenda sobre el plankton depende del diseño adecuado del muestreo, el cual a su vez depende del tipo de información que se desea obtener. No hay un método universal que permita la captura de todas las formas de plankton (González, 1988).

Adicionalmente al evaluar la calidad del agua en los puntos de muestreo seleccionados, se toma en cuenta el parámetro de los coliformes totales y fecales, los cuales, son bacterias gram-negativo indicadoras de las condiciones sanitarias del agua, es decir, su contaminación con heces fecales y por consiguiente de la posible presencia de microorganismos patógenos como por ejemplo *Salmonella typhi*. El principal coliforme fecal aislado de cuerpos de agua contaminados es *Escherichia coli* (Hurst et. al., 1997). El ingreso de este tipo de contaminación a una fuente natural de agua puede ser a través de aguas residuales de origen domiciliario e industrias situadas dentro de las cuencas y que no cuentan con un sistema de tratamiento de las aguas residuales que generan (OMS, 1988).

Además de los biológicos, es importante medir algunos factores químicos y físicos. Entre los factores fisicoquímicos está el oxígeno disuelto, turbidez, conductividad, transparencia, temperatura, pH, profundidad y sólidos en suspensión. La mayoría de estos factores utilizados forman parte de otro trabajo de graduación (Pérez, 1999). Al repetir periódicamente este procedimiento se puede tener un monitoreo que demostraría los cambios

sufridos por el lago y así poder realizar y analizar posibles cursos de acción que permitan favorecer su conservación.

La contaminación por disposición inadecuada de desechos, aguas residuales y uso indiscriminado de agroquímicos, así como también la erosión debido a prácticas de agricultura no sostenible, son factores importantes de deterioro de la calidad del agua en la cuenca del río Polochic y en el lago de Izabal. Este estudio proporciona información básica de la calidad del agua del lago de Izabal y cuál es el efecto de la contaminación en el río Polochic sobre el lago. Además, proporciona información sobre la densidad de los géneros de fitoplankton identificados y los niveles de contaminación de origen fecal en los cuerpos de agua considerados. Los indicadores biológicos pueden utilizarse en un monitoreo a largo plazo. También se mencionan algunas actividades necesarias y medidas para conservar, proteger, corregir problemas de contaminación y de ser posible mejorar el lago de Izabal, para que cumpla con las necesidades básicas de sus pobladores.

## **II. JUSTIFICACION**

En Guatemala es escasa la información disponible sobre la calidad del agua desde el punto de vista biológico y físicoquímico en los lagos y ríos del país; y por lo tanto en algunos casos se desconoce el impacto de la misma sobre la integridad biológica en dichos cuerpos de agua.

Esto se ha considerado importante en este estudio que proporciona datos biológicos y físicoquímicos de ocho diferentes ríos ubicados en la cuenca del río Polochic y de seis puntos de la región occidental del lago de Izabal. Lo anterior debido a que en dicha región se llevan a cabo ciertas actividades antropogénicas que están afectando la calidad del agua en la cuenca del río Polochic; lo cual, podría provocar un fuerte impacto en la integridad biológica del lago de Izabal.

Este estudio abarcó tanto el período seco como lluvioso; lo que permitió tener una idea general de las condiciones actuales de la calidad del agua en los cuerpos de agua considerados en dicha región. Se espera que los resultados obtenidos proporcionen información que conduzca a la propuesta de acciones que contribuyan a la conservación, protección y mejora del lago de Izabal.

### **III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS**

#### **A. Hipótesis**

1. Existe una relación directamente proporcional entre la cantidad de nutrientes ingresados por el río Polochic, con las poblaciones de fitoplankton encontradas en el lago de Izabal.
2. En la época lluviosa existe un aumento en las poblaciones fitoplankton y en el conteo de coliformes totales y fecales.

#### **B. Objetivo general**

Analizar el grado de contaminación que causan las excretas y nutrientes arrastrados por el río Polochic y algunos de sus tributarios sobre el sector occidental del lago de Izabal; al utilizar para ésto varios indicadores biológicos tales como, poblaciones de fitoplankton, coliformes totales y fecales.

#### **C. Objetivos específicos:**

1. Cuantificar las variaciones en las poblaciones de fitoplankton en el lago de Izabal, tanto en la época seca como en la lluviosa en los puntos de muestreo seleccionados en el área de estudio
- 2 Estimar el grado de contaminación por coliformes totales y fecales en puntos de muestreo ubicados en: Polochic en Panzós; Polochic en Telemán; y seis tributarios: Cahabón; Boca Nueva; Tinajas; Pueblo Viejo; Jolomjix; Zarco, y en los seis puntos ubicados en el lago de Izabal,: Bocas del Coban; Bocas del Bujajal; río Oscuro; Centro del Lago; Punta de Chapín y Frente al Pueblo.
3. Determinar los diferentes niveles y variaciones durante el año del fitoplankton, coliformes totales y fecales en los puntos de muestreo ubicados en el lago de Izabal.
4. Relacionar las cantidades de fitoplankton y coliformes fecales durante las épocas seca y lluviosa del año con los niveles de nutrientes.
5. Identificar las fuentes principales de contaminación que afectan la calidad del agua en los ríos muestreados y por consiguiente en el lago de Izabal.

## **IV. ANTECEDENTES**

### **A. Hidrología**

La descarga de agua de la cuenca del río Polochic hacia el lago, fue estimada para el año hidrológico 1971-1972 en 13,290 millones de metros cúbicos/año (Shell, 1991). El río Polochic con su mayor afluente el Cahabón contribuye al menos con 70% del agua que entra al lago. El régimen de la estación de lluvias (mayo a diciembre) tiene un gran efecto en las características hidrológicas del lago. El tiempo estimado de residencia del agua es de 6.6 meses (Brinson, 1973 citado por Machorro 1996).

El lago de Izabal está ubicado a 0.88 metros sobre el nivel del mar. La profundidad media es de 11.6 m, la máxima de 16.8 m y su longitud y ancho máximos son de 70 y 20 Km, respectivamente. El volumen del lago es de 8,300 millones de metros cúbicos, y debido a su relativa poca profundidad, su volumen es pequeño en proporción al área drenada por su cuenca.

Los afluentes de lago de Izabal son: al oeste, el río Polochic; en el norte los ríos Sauce, Túnico, Sumaché y el Pedernales, aunque este último se encuentra seco, al sur los ríos Oscuro, Zarco, La Minas, El Chapín, Las Cañas, Los Limones, Las Espinas, El Amatillo y el San Marcos, al este, el desagüe del lago, que es el río Dulce, el cual aguas abajo se ensancha y forma el Golfete (Basterrechea, 1991).

### **B. Suelos**

Los suelos son aluviales profundos y tienen un alto porcentaje de partículas primarias (arcilla, limo, arena). Las texturas son franco arcilloso y franco arcilloso limoso, debido al arrastre de estas partículas de las partes altas de las asociaciones Santa Cruz y Las Minas. Estos suelos tienen un contenido de materia orgánica de alrededor del 6% y un pH de alrededor de 6.5 (Villeda, 1992)..

En términos generales, el uso potencial del suelo a nivel de cuenca es: en la parte alta la cobertura vegetal permanente, en la parte media la cobertura vegetal semipermanente y pastos, y la parte baja para pastos y cultivos limpios con prácticas de conservación de suelos y

prácticas agrícolas adecuadas. Además, en la parte baja es necesario establecer áreas de drenaje agrícola (Basterrechea, 1991).

### C. Flora y fauna en el area de estudio

Las plantas acuáticas en el área desempeñan un papel importante en la biología de los seres acuáticos y tienen cierta importancia económica. Los animales acuáticos, algunos terrestres y semiterrestres se alimentan de plantas acuáticas; además éstas ofrecen protección y lugar para anidar a muchas aves; varias especies de peces desovan y muchos insectos viven en ellas. En los árboles ribereños se reproducen numerosas especies de orquídeas y bromelias, además reposan garzas, viven monos y sobre troncos descansan tortugas. El viento hace que algunas de las plantas acuáticas se desprendan y se encuentren flotando en el lago. El florecimiento de algas es permanente.

Entre las especies animales amenazadas se encuentran la nutria (*Lutra longicaulis*), el tapir de Baird (*Tapirus bairdii*) y el manatí (*Trichechus manaus*) (Wright, 1990, citado por Shell, 1991).

Los monos araña (*Ateles geoffroyi*) y los monos aulladores o zaraguates (*Alouatta pigra*) habitan en la zona de humedales en la desembocadura del Polochic y áreas vecinas al norte del lago.

Entre las aves residentes del área están: *Podilymbus podiceps*, *Pelecanus occidentalis*, *Anhinga anhinga*, *Trigrisoma mexicanum*, *Nyctanassa violacea*, *Cochlearius cochlearius*, *Butorides virescens*, *Egretta thula*, *Egretta alba*, *Mycteria americana*, *Jabiru mycteria*, *Ajaia ajaia*, *Cairina oschata*, *Aramus gurauna*, *Aramides cajanea*, *Laterallus ruber*, *Porphyrola martinica*, *Fulica americana*, *Heliornis fulica*, *Eurypyga helias*, *Jacana spinosa* e *Himantopus himantopus* (Wright, 1990, citado por Shell, 1991c). Entre las aves migratorias registradas están: *Charadrius vociferus*, *Tringa solitaria* y *Actitis macularia*. En un estudio efectuado en la Sierra de las Minas se reportaron 345 especies de aves vistas en Selempín (Ponciano, 1998).

Entre los peces cuya presencia en el lago es escasa están: zapatera, sierra, chunte tiburón, robalo y curvina. Las especies que ya no existen son el pez espada y el jurel (DITEPESCA, 1991, citado por Shell, 1991).

Cuadro 1. Peces reportados en el lago de Izabal.

Nombre científico	Nombre común	Hábitat
<i>Arius assimilis</i> (Gunther)	Bagre de mar	Mar
<i>Arius melanopus</i> (Gunther)	Bagre de mar	Agua dulce
<i>Bagre marinus</i> (Mitchill)	Vaca	Mar
<i>Ictalurus meridionalis</i>	Bagre de canal	Agua dulce
<i>Brycon</i> sp.	Characín	Agua dulce
<i>Tegragonopturus panamensis</i>	Sardina blanca	Agua dulce
<i>Anchoviella macrolepidota</i>	Sardina bocona	Mar
<i>Hyporhamphus reberti</i>	Pajarito	Mar
<i>Cummux chyros</i> (Mitchill)	Jurel	Mar
<i>Oligoplites saurus</i>	Zapatero	Mar
<i>Centropomus ensiferus</i>	Robalo	Mar
<i>Eugerres plumieri</i>	Mojarra	Mar
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	Ciclido	Agua dulce
<i>Cichlasoma aureum</i>	Ciclido	Agua dulce
<i>Bairdiella ronchui</i>	Ronco	Mar
<i>Philypnus dormitor</i>	Guavina	Agua dulce
<i>Achirus lineatus</i>	Sole	Mar

Fuente: Shell, 1991

#### D. Algunos parámetros fisicoquímicos para evaluar la calidad del agua. Datos sobre la calidad del agua en la cuenca del río Polochic y lago de Izabal.

Para determinar la calidad del agua en el lago de Izabal, se relacionaron los parámetros biológicos con los parámetros fisicoquímicos siguientes: Conductividad, transparencia, turbidez, nitratos, nitritos, fosfatos y pH.

1. Conductividad: Se utiliza para saber qué cantidad de iones se encuentran disueltos en la muestra. Una alta conductividad más un alto número de sólidos disueltos en el agua indican que las fuentes de dónde proviene el agua son muy fértiles, al contrario, una baja conductividad y bajo nivel de suspensión indica poca fertilidad.
2. Transparencia: Indica hasta donde penetra la luz e indirectamente es afectada por la turbidez.
3. Turbidez: Sus efectos pueden ser sobre la columna de agua y otros sobre el fondo del cuerpo de agua. Principalmente reduce la penetración de la luz. Esto reduce la tasa de producción y disminuye la comida para los peces (EPA, 1986).
4. pH: Es una medida de la actividad del ion hidrógeno. En las aguas naturales es una medida del equilibrio ácido-base, dado por los diferentes compuestos disueltos, sales y gases. El principal sistema para regular el pH en los sistemas naturales es el compuesto por carbonatos, bicarbonatos y ácido carbónico (EPA, 1986).
5. El nitrógeno y fósforo se mencionan más adelante en la sección de nutrientes.

En 1972, Brinson realizó un estudio limnológico sobre el lago. Los principales datos publicados fueron: temperatura del lago variaba entre 25.5-30.4 °C. Debido a que es un lago raso, el viento lo mezcla constantemente (polimíctico) y no registró anoxia (Brinson, 1973 citado por Machorro, 1996). Durante la estación de lluvias, el agua más fría proveniente del río Polochic (de 3-5 °C menor que la del lago), puede viajar hasta 30 Km por el fondo del lago. Al final de la estación seca, cuando la descarga del lago hacia el mar se reduce considerablemente, la dirección del agua se invierte.

El río Polochic tiene características similares a las del lago (Ca>Si>Mg>Na>K). Los sulfatos y el calcio son los iones dominantes en el lago; estos valores están entre el rango de concentraciones reportadas para otros lagos del país (Basterrechea, 1991).

Cuadro 2. Algunos datos fisicoquímicos reportados para el lago de Izabal.

Punto de muestreo	Oxígeno disuelto mg/l	Transparencia m	Conductividad umhos/cm
Río Oscuro	Máx. 5.65 Min. 1.55	1.29*	204*
Centro del Lago	7.14*	2.75*	204*
Bocas del Cobán	7.14*	Transparente	204*

Fuente: Basterrechea et. al., 1993. \* Estos datos representan las medias de los resultados obtenidos.

## E. Nutrientes

El nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento de algas y la limitación de las cantidades de estos elementos es un factor importante que controla su tasa de crecimiento. Se han llevado a cabo en años anteriores, algunas investigaciones con relación a los nutrientes en la cuenca del río Polochic y lago de Izabal, entre las cuales están:

- La realizada por un grupo de estudiantes de la Universidad del Valle que tomó muestras en algunos puntos de la cuenca del río Polochic y en el lago de Izabal (Grimaldi, 1997). Las muestras fueron analizadas por los estudiantes del curso de Ecología Avanzada de la Maestría en Estudios Ambientales, los resultados mostraron un alto contenido de nutrientes en algunos de los puntos muestreados;
- El estudio técnico llevado a cabo por Basterrechea en las cuencas del río Polochic y lago de Izabal y terminado en 1992.

### 1. Amonio

Compuestos de amoníaco y amonio son aplicados al suelo como fertilizantes (urea). Si el amoníaco es liberado en exceso a los requerimientos de las plantas, las bacterias *Nitrosomonas* lo convierten en condiciones aeróbicas a nitritos. Los cuerpos de agua que contienen sobre todo amoníaco y nitrógeno orgánico, son considerados ecosistemas

contaminados. Los ríos Polochic y Cahabón presentaron para amonio medias altas entre 0.112 y 0.090 mg/l. En el lago, el punto de muestreo ubicado en Bocas de Cobán reportó la media más alta en el lago debido al aporte del río Polochic-Santa Elena (0.104 mg/l), y los Sectores Centro y Suroeste del lago reportaron las medias más bajas (0.055 mg/l) (Basterrechea, et. al, 1993).

## 2. Nitrito

La evaluación de nitrito tiene su importancia para determinar el estado de autodepuración de un cuerpo de agua y la periodicidad de las descargas de éste. Su aparición depende principalmente de una vía oxidativa mediada por bacterias del género *Nitrosomonas*, que convierten el amonio en nitrito al consumir el oxígeno disuelto en el agua. La aparición de nitrito en el cuerpo de agua es posterior a los picos de máxima aparición de amonio en descargas contaminantes fluctuantes y permite estimar la evolución de la contaminación.

Los ríos Oscuro y Polochic en Panzós conformaron el grupo de la media más alta para nitritos con 0.007 mg/l. En el río Cahabón y en el Centro del Lago se obtuvo una media de 0.004 mg/l (Basterrechea, et. al., 1993).

## 3. Nitrato

La introducción intervenida de nitrato en el agua proviene tanto de la descomposición natural de la materia nitrogenada de las aguas de desecho como de los fertilizantes agrícolas. Naturalmente, puede provenir como un último estado de la putrefacción de la materia orgánica a través de bacterias de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*.

Los ríos Polochic en Santa Elena y Sumaché reportaron la media más alta para nitratos con 0.585 mg/ y el río Oscuro reportó una media de 0.353 mg/l. Los puntos de muestreo en el lago, Bocas del Cobán reportaron una media de 0.490 mg/l de N-NO<sub>3</sub> y el Centro del Lago reportó 0.330 mg/l de N-NO<sub>3</sub> (Basterrechea, et. al. 1993).

#### 4. Nitrógeno total

Las medias en todos los puntos de muestreo, tanto en los ríos como en el lago, conformaron un sólo grupo con un valor de 1.065 mg/l (Basterrechea, et. al., 1993).

#### 5. Fosfato

Las diversas formas de fosfatos se introducen en los ríos por una gran variedad de fuentes. Las causas más frecuentes las constituyen las descargas fecales, los detergentes con aditivos fosfatos y los fertilizantes agrícolas. Cuando se producen descargas de fósforo que superan la capacidad amortiguadora, la cantidad de fosfato disuelta disponible constituye generalmente el nutriente que inicia el proceso de eutroficación.

El río Polochic en Santa Elena, Ensenada Los Lagartos y Bocas del Cobán conformaron el grupo de la media más alta para fosfatos con 0.037 mg/l. Los ríos Polochic en Panzos y Oscuro conformaron el segundo grupo con una media de 0.017 mg/l. El punto de muestreo que reportó la media más baja fue el Centro del lago con 0.006 mg/l.

La Organización Mundial de la Salud ha establecido un límite máximo permisible en agua potable de 1.300 mg/l (OMS, 1988).

#### 6. Fósforo total

El fósforo total es un indicativo de la reserva de combustible eutrófico. Su medición conjuntamente con los fosfatos permite predecir un aumento de la eutroficación o el inicio de un proceso de depuración.

El río Polochic en Santa Elena conformó el grupo de la media más alta con 0.087 mg/l. En Bocas del Cobán se obtuvo una media de 0.057 mg/l de P-PO<sub>4</sub>. La OMS ha establecido un límite máximo permisible en agua potable de 1.500 mg/l (OMS, 1988).

Para que un cuerpo de agua sea clasificado como eutrófico debe tener una concentración de fósforo total dentro del siguiente rango: 20-100 mg/l (Håkanson y Jansson, 1983 citado por Machorro, 1996).

## **F. Análisis microbiológico de muestras de agua**

### **1. Determinación de coliformes**

El grupo coliforme está formado por bacilos gram negativo, aeróbicos y anaeróbicos facultativos, no esporoformadores, que fermentan la lactosa con producción de gas en un período de 24-48 horas, a 35 °C. Producen a partir de la lactosa compuestos intermedios que reaccionan con ciertos colorantes, resultando en la apariencia característica de colonias coloreadas sobre agares específicos.

El grupo coliforme es utilizado como un indicador de contaminación de origen fecal. Este grupo se divide en totales (grupo coliforme) y fecales (grupo coliforme fecal). Los coliformes fecales se refieren a *E. coli* y a variantes relacionadas que fermentan la lactosa a 44.5-45.5 °C en 24-48 horas. Este grupo ha ganado gran aceptación como el mejor indicador de contaminación fecal, ya que el hábitat natural de *E. coli* es la parte baja del intestino de los vertebrados y animales de sangre caliente (Hurst et.al., 1997).

### **2. Coliformes totales**

Los coliformes representan un indicador biológico de la posible presencia de otros microorganismos patógenos o deteriorantes debido a: malas prácticas higiénicas, sanitarias, o de contaminación de origen ambiental, por las descargas de materiales orgánicos por escorrentía y de material fecal de origen humano y animal, sin un tratamiento previo. Su presencia en número elevado solamente refleja la intervención humana y animal en el proceso de contaminación.

Las regiones con mayor carga de coliformes se observaron en los ríos Polochic en Panzós y Santa Elena y Cahabón de la región suroccidental. Se consideró que los aportes de coliformes provenientes de los centros poblados y regiones ganaderas evidentemente constituyen el mayor aporte de estas bacterias en el lago, aunque todos los tributarios manifiestan contaminación por heces de mamíferos en mayor o menor grado.

Regiones como las cercanías a El Estor y Fronteras, tienen condiciones deficientes para el tratamiento de excretas, por lo que presentan cantidades de coliformes que evidencian

una situación de agua residual y hacen a las aguas poco potables. Al comparar los resultados obtenidos con la norma COGUANOR para agua potable indica que tanto coliformes totales como fecales deben ser NMP <2/100 ml (Basterrechea et. al., 1993).

### 3. Coliformes fecales

Son microorganismos indicadores de contaminación de origen fecal, tanto humano como animal y de la posible presencia de otros microorganismos patógenos y deteriorantes.

Cuadro 3. Valores medios las cuantificaciones de coliformes totales y fecales en la cuenca del río Polochic y lago de Izabal.

Punto de muestreo	Coliformes totales	Coliformes fecales
	NMP/100 ml	NMP/100 ml
Río Polochic en Panzós	4880	677
Río Cahabón	4880	1282
Centro del Lago	NR*	30
Río Oscuro	212	NR*

\* NR: No reportado. Fuente: Basterrechea et. al., 1993.

Según la conclusión de este estudio, el aporte de coliformes era de leve impacto en el lago debido a que las poblaciones de bacterias encuentran mejores condiciones de sobrevivencia en los humedales de aguas no turbulentas que las que encuentran generalmente en el lago, ya que en las regiones de pantano hay pH más bajos que los observados en el lago, en donde principalmente se favorecería a bacterias como *Vibrio* y *Plesiomonas* (Basterrechea et.al., 1993).

### G. Fitoplankton

La presencia de ciertas especies de algas o asociaciones algales en un ambiente específico, las constituye en indicadores biológicos de las condiciones ambientales existentes y en cierto momento su distribución y/o crecimiento desordenado puede reflejar cambio o situaciones positivas o negativas que se están dando en el ecosistema.

El lago de Izabal cuenta con luz y temperatura relativamente constantes a lo largo del año debido a su poca profundidad, por lo que las variaciones en la diversidad, riqueza y densidad de géneros de fitoplankton son influenciadas por la cantidad de nutrientes disponibles, sedimentos, las lluvias o sequías y los vientos en esa región.

Cuadro 4. Comparación de los estudios de plankton efectuados por Brinson y Basterrechea

<b>Plankton</b>	<b>Brinson año 1973</b>	<b>Basterrechea 1992</b>
Cianofitas	3 especies	8 géneros
Clorofitas	7 especies	17 géneros
Diatomeas	2 especies	8 géneros
Dinofíceas	no reportó	2 géneros
Cryptofíceas	no reportó	2 géneros

Fuente: Basterrechea et.al., 1993.

Cuadro 5. Comparación de las principales especies de fitoplankton obtenidas en el estudio efectuado por Basterrechea .

Especies de fitoplankton	Período seco	Período lluvioso
<i>Anabaena</i> sp.		X
<i>Lyngbya</i> spp.	X	X
<i>Merismopedia</i> sp.	X	X
<i>Chroococcus</i> sp.	X	X
<i>Closterium</i> spp.	X	X
<i>Chlorella vulgaris</i>	X	X
<i>Pediastrum clathratum</i>	X	X
<i>P. gracillimum</i>	X	X
<i>Staurastrum</i> spp.	X	X
<i>Gyrosigma</i> sp.	X	
<i>Melosira</i> spp.	X	X
<i>Nostoc</i> sp.		X
<i>Nitzschia acicularis</i>		X
<i>Fragilaria</i> sp.	X	
<i>Synedra</i> spp.	X	X

Fuente: Basterrechea et.al., 1993.

En el lago de Izabal durante el período seco se observó el surgimiento de especies nuevas en sustitución de las que eran dominantes.

La poca disponibilidad de nitrógeno y fósforo en el agua, la alta turbidez por la mezcla continua del agua del lago en la mañana y en las tardes, el fuerte oleaje por las tardes, afectan la penetración de la luz para la fotosíntesis, etc. Todo lo anterior hace que las condiciones ambientales en el lago cambien y se tornen difíciles para muchas especies de algas. Como consecuencia de esto se da el fenómeno de sucesión; es decir, desaparecen ciertas especies y surgen nuevas que luego se vuelven dominantes.

Abril, final del período de estación seca, representó el período más crítico en las condiciones ambientales para el fitoplankton. Con el descenso del fósforo y del nitrógeno a niveles muy bajos en la mayoría de los puntos de muestreo, disminuyó la presencia de muchas especies en el lago, y la presencia de muchas especies de algas fue esporádica en varios puntos de muestreo.

Durante los meses de enero a marzo, algunos puntos de muestreo localizados en el sector oeste del lago, tales como Bocas de Cobán, fueron las que presentaron mayor diversidad de especies. Esto se explica por la proximidad del río, el cual, a través de los aguaceros temporales en determinados momentos, incrementa el aporte de nutrientes debido a las escorrentías.

Los florecimientos de algas observados en algunos sectores del lago, se relacionan con corrientes de agua dentro del lago que vienen de los ríos y que producen un efecto rápido por la carga de nitrógeno y fósforo que contienen (Basterrechea, et.al., 1993).

Al inicio de la época lluviosa se notó la proliferación de las especies algales dominantes. Esto tiene relación directa con el incremento de la concentración de los nutrientes arrastrados por los ríos. La proliferación de las especies existentes en el lago representaron un incremento de la biomasa algal, tales como: *Melosira granulata*, *Microcystis aeruginosa*, *Closterium sp.*, *Pediastrum spp.* La mayor disponibilidad de nutrientes al inicio de la época lluviosa no produjo un incremento significativo en la diversidad de las especies fitoplanktónicas. En las condiciones difíciles existentes en el lago, las especies mejor adaptadas a estas condiciones fueron las que proliferaron con el incremento de nutrientes, acentuándose más la competencia. Las algas verdes incrementaron su número, desplazando a las Cianofitas, tales como *Pediastrum*, *Closterium* y *Melosira*.

Con el avance de la estación lluviosa, las condiciones del lago fueron cambiando, volviéndose difíciles para algunas especies y favorables para otras. Las fuertes precipitaciones del mes de junio provocaron gran turbidez en las aguas de los ríos y en el lago, por todo el material arrastrado; por otro lado, la gran descarga de agua recibida de los afluentes produce un fenómeno de dilución y corrientes fuertes hacia el sector este del lago.

La elevada turbidez de las aguas y el fenómeno de dilución explican la poca ocurrencia de las especies de fitoplankton observadas en el mes de julio en los puntos de muestreo. La perturbación que sufre el lago en esta fase del invierno afectó no sólo la abundancia de las especies sino también la diversidad de las mismas (Basterrechea et.al., 1993).

## **H. Salud**

La mayoría de las comunidades no cuenta con los servicios básicos: agua potable, letrinización, drenajes disposición de desechos, etc. Generalmente utilizan el agua de los ríos cercanos y el lago para satisfacer sus necesidades básicas. Sin embargo, la falta de drenajes, conduce a que se viertan las aguas residuales de origen domiciliar directamente en los cuerpos de agua lo cual los contamina con materiales principalmente de origen fecal. Esto puede traer como consecuencia enfermedades gastrointestinales.

En 1995, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y OPS reportan que la esperanza de vida al nacer en el departamento de Izabal es de 68.8 años y en Alta Verapaz de 67.4 años, cifras equiparables a las de los países industrializados hace décadas.

En el Informe de Desarrollo Humano de Guatemala, al evaluar las condiciones sanitarias se reporta que la disponibilidad de agua constituye una serie limitante en Guatemala. Según el Censo de Población en 1994 sólo 68% de los hogares contaba con agua entubada, mientras que 30% debía recurrir a sistemas de acarreo; el déficit se hacía más notorio en el área rural (46%). En dicho censo no se pudieron obtener datos para Alta Verapaz con relación al acceso de agua por tubería, aunque sí se reportó el porcentaje de hogares con Drenaje (9.6%). Para Izabal se reportó que en el área rural un 56.9% de hogares tenían acceso al agua por tubería y 29.2% drenajes (Sistema de Naciones Unidas, 1998).

Entre las principales causas de mortalidad general en el país se encuentran: bronconeumonías y diarreas agudas, las cuales son las principales causas de morbilidad en las cabeceras municipales de El Estor y Panzós. Adicionalmente, tanto en Alta Verapaz como en Izabal hay una alta incidencia de casos de Malaria. También se reporta el Dengue como una

de las principales enfermedades que afectan a la población de ambos municipios (Basterrechea, 1991).

## V. METODOLOGIA

### A. Descripción del area de estudio (parte baja de la cuenca del río Polochic y región occidental del lago de Izabal)

La cuenca del río Polochic está ubicada en el Noroeste de la República, comprende parte de los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal. Cubre un área de 2,822 Km<sup>2</sup>. Esta cuenca es bastante variable en cuanto al material geológico, siendo su composición porcentual: 24% del área de la era paleozoica, rocas metamórficas sin dividir y se identifica como Pzm (rocas metamórficas sin dividir, filinas, esquistes y gneisses). (Diccionario Geográfico de Guatemala, 1982). El 19% del área consiste de material del período carbonífero-pérmico (lutitas areniscas, conglomerados y filitas) y el 17% del área son aluviones cuaternarios.

En el río Cahabón se ubicó uno de los puntos de muestreo. Este río tiene una longitud aproximada de 195 km. Entre los tributarios que recibe, merece mencionarse que por las condiciones de Karst del terreno, algunos tienen parte de su curso subterráneo. Al pasar por la aldea Cahaboncito, municipio de Panzós, Alta Verapaz, localmente este río es designado como río Cahaboncito.

El lago de Izabal se localiza en la parte Nor-Este del país, en el departamento de Izabal; es el lago de mayor extensión en el país, con un área de 717 km<sup>2</sup> y una elevación de 0.88 msnm. La Sierra de las Minas lo circunda por el sur y las Montañas de Santa Cruz por el norte, en la parte oeste y hacia el sur se localiza la bahía de Chapín, y al norte, está la De Sequenel, la cual abriga el puerto de El Estor (Anexo 1. Mapa de los Puntos de Muestreo).

Existen buenas rutas de acceso hacia El Estor por carretera de terracería desde el oeste, un embarcadero y una pista de aterrizaje. Con relación a la actividad económica e infraestructura en el área, DIGEBOS estableció en 1980, que alrededor del 20% del área total de la cuenca estaba siendo cultivada, 15% en pastos, 40% en bosques y 25% restante es el lago (Basterrechea, 1991). La economía de las personas que residen dentro de las subcuencas de los ríos Polochic y Cahabón se basa principalmente en Agricultura, Ganadería y Turismo (Gall, 1978).

En la gira de reconocimiento se observó que la mayoría de las comunidades no cuenta con los servicios básicos, tales como: agua potable, letrización, drenajes, plantas de tratamiento de agua, etc. Por lo tanto, las aguas residuales de origen domiciliar se vierten directamente en los ríos de la cuenca o en el lago de Izabal. Esta práctica contribuye a la contaminación de los cuerpos de agua en la cuenca.

### **1. Clima en el área de estudio**

El clima es de cálido a semi-cálido con un promedio anual de  $25.2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las variaciones de humedad van desde muy húmedo a semi-seco. En el área se encuentran dos estaciones meteorológicas tipo B, que forman la red meteorológica del lago, siendo: La de Mariscos PHC que reportó datos de evaporación a la sombra, humedad relativa, temperatura media mensual y precipitación; reportando estos parámetros a partir de 1970 hasta cerrar sus instalaciones en el segundo semestre de 1998. Las Dantas reportó datos de temperatura media mensual y precipitación desde 1970 a 1980, año en el que fue clausurada. La estación del INDE ubicada en Cahaboncito hasta 1998, se encontraba en funcionamiento, pero fue destruida en noviembre de ese año.

La cuenca del río Polochic cuenta con una estación en Panzós, cuya área de influencia es el valle del río Polochic, que reporta evaporación a la sombra y a la intemperie, humedad relativa, temperatura media mensual y precipitación. Sin embargo, el principal problema aparente es que no se efectúa una tabulación de los datos permanentemente.

Los vientos alisos llegan hasta las partes altas de la cuenca casi sin obstáculo; la precipitación es de tipo orográfico y varía entre 2,000-4,000mm/año, con un promedio de 2,992mm/año (Shell, 1991).

El lago de Izabal afecta el clima local. Las mañanas generalmente son despejadas; a medida que pasan las horas, la diferencia de calor solar entre la tierra y el agua, causa que las corrientes convectivas eleven el vapor de agua y se condense, mientras el cielo sobre el lago permanece claro. En la tarde, las nubes empiezan a moverse horizontalmente sobre el lago.

## B. Muestreo

Las muestras, para realizar los estudios biológicos del agua del lago de Izabal, se recolectaron en 4 viajes de 4 días cada uno. Adicionalmente se realizó un viaje de reconocimiento del área. Se tomaron muestras para la identificación de coliformes y *E. coli* en los puntos de muestreo que se georeferenciaron y estuvieron ubicados en: el río Polochic en Telemán; en Panzós; el río Boca Nueva; el río Tinajas, el río Pueblo Viejo, el río Cahabón y el río Jolomjix. En el lago de Izabal se tomaron muestras tanto para coliformes como para fitoplankton y los sitios de muestreo estuvieron ubicados en: las dos desembocaduras del río Polochic, el Centro del Lago, Río Oscuro; Punta Chapín y El Estor (Anexo 1). Para la identificación y conteo de fitoplankton se tomaron muestras tanto a 1 metro de la superficie como del fondo en cada uno de los puntos. En el caso de las muestras para coliformes únicamente se tomaron a 0.50 m de la superficie. Los viajes se realizaron en los meses de abril, junio, septiembre, noviembre de 1998 y enero de 1999.

Cuadro 6. Localización de algunos puntos de muestreo.

Punto de muestreo	Coordenadas UTM zona 16
Polochic-Panzós	16 217 713 E
	17 038 39 N
Río Pueblo Viejo	16 212 186 E
	16 946 67 N
Río Tinajas	16 214 887 E
	16 941 77 N
Río Zarco	16 223 967 E
	16 946 69 N
Río Cahabón	16 226 482 E
	17 018 87 N
Río Jolomjix	16 206 42 E
	16 965 75 N
Centro del Lago	16 259 074 E
	17 125 08 N
Punta Chapín	16 256 690 E
	17 041 74
Bocas Cobán	16 247 810 E
	17 134 90 N
Bocas Bujajal	16 246 477 E
	17 333 40 N
Río Oscuro	16 249 840 E
	17 016 90 N

### **C. Tratamiento de las muestras**

Se utilizaron recipientes nuevos de plástico para las muestras. Para preservarlas hasta su análisis, se utilizó el siguiente procedimiento:

1. Para coliformes y parámetros físicos y químicos: se transportaron en refrigeración.
2. Para fitoplankton: los recipientes para las muestras se cubrieron con papel aluminio para mantenerlas en oscuridad; y se adicionó a cada muestra lugol al 10% (1 ml de lugol por cada 100 ml de muestra).

### **D. Estudio de factores físicos y químicos**

La mayoría de los parámetros físicos y químicos se analizaron en el lugar con el equipo Hach utilizando los métodos de: Diazotización (nitritos); Sólidos en Suspensión; Reducción de Cadmio (nitratos); Nessler (amonio); Acido Ascórbico (fósforo); Turbidez y Color. Adicionalmente en el laboratorio de la Universidad del Valle de Guatemala se analizaron: el nitrógeno total por el método de Persulfato y el fósforo total por el método del Acido Ascórbico (Pérez, 1999). En cada sitio de muestreo se midió la profundidad, transparencia, temperatura del agua, conductividad, y oxígeno disuelto.

Para la medición de la temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, se contó con un equipo electrónico previamente calibrado, el cual, tiene un electrodo unido a un cable que está marcado a cada metro para medir la profundidad. Este se hace descender en el cuerpo de agua para tomar las mediciones a partir de la superficie y luego a cada metro de profundidad hasta llegar al fondo del lago. Con los datos obtenidos se hizo un perfil de temperatura, oxígeno disuelto y conductividad de cada uno de los puntos de muestreo.

Para medir la transparencia se utilizó un Disco Secchi, el cual consiste en un disco plástico de color blanco, el cual está unido a un peso y a una cuerda que tiene marcada la longitud. Este se hace bajar en el cuerpo de agua y se mide la distancia desde la superficie hasta donde el disco desaparece y a continuación se mide la distancia cuando reaparece, luego se obtiene el promedio. Esto nos da una medida de la profundidad a la que la luz penetra en el cuerpo de agua (zona fótica), que es donde ocurre la mayoría de los procesos

biológicos que utilizan la luz solar como fuente de energía (productividad). Es muy importante para poder calcular la profundidad hasta la cual penetra la luz.

## **E. Factores microbiológicos**

### **1. Conteo de coliformes**

#### **1.1. Recolección de muestras de una corriente**

Se abre el frasco esterilizado y se llena, para lo cual, se sostiene por la parte inferior y se sumerge hasta una profundidad de aproximadamente 20 cm con la boca ligeramente hacia arriba; si existe corriente, la boca del frasco debe orientarse hacia la corriente.

Posteriormente, se debe colocar el tapón o la tapa al frasco y transportar en refrigeración, hasta su análisis antes de 18-24 horas después del muestreo (OMS, 1988).

#### **1. 2. Materiales y equipo**

- Equipo y materiales para preparación de muestras
- Tubos de ensayo con tapadera de rosca de 18 x 100 mm
- Tubos de durham de 10 x 75 mm
- Pipetas de 10 ml y 1 ml estériles
- Agar de Levine Eosina Azul de Metileno
- Medio MR-VP
- Indicador rojo de metilo
- Agar citrato de Simmons
- Reactivo de Kovacs
- Incubadora de 35 +/- 1°C
- Baño de María a 45.5 +/- 0.2 °C
- Reactivos para Voges Proskauer: alfa naftol y KOH al 40%
- Caldo de lauril sulfato triptosa (LTS)
- Caldo bilis verde brillante, con 2% de lactosa (BVB)
- Caldo *E. coli* (EC) (Speck, 1984)

### **1.2.1. Cepa bacteriológica utilizada para controles**

Se utilizó *E. coli* ATCC 25922, para verificar el adecuado funcionamiento de metodología, equipo, medios de cultivo y reactivos.

### **1.3. Procedimiento y cálculos**

Se preparó la muestra de acuerdo a las instrucciones sobre preparación, homogenización y diluciones de las muestras. Se realizaron las diluciones que se consideraron adecuadas y se seleccionaron las diluciones consecutivas a ser sembradas (Speck, 1984).

### **1.4. Prueba presuntiva para coliformes totales (Grupo coliforme)**

1.4.1 Se prepararon y sembraron diluciones consecutivas

1.4.2 Se inocularon 5 tubos por cada dilución, para lo cual se agregó a cada tubo 1 ml. Se utilizó una pipeta estéril para la siembra de cada dilución.

1.4.3 Se incubaron los tubos 24-48 horas a  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ .

1.4.4 Lectura de los tubos: Se anotó el número de tubos positivos a gas dilución sembrada. En los tubos positivos se observó el desplazamiento del líquido en la campana de durham y/o formación de burbujas en el medio (Speck, 1984).

### **1.5. Prueba de confirmación para coliformes totales (Grupo coliforme)**

1.5.1 Por cada tubo de caldo LTS positivo a gas se sembró un tubo de caldo BVB. Se incubaron durante 24-48 horas a  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ .

1.5.2 Se anotó el número de tubos con reacciones positivas a gas, lo que indica que la presencia de coliformes ha quedado confirmada.

1.5.3 Se calculó el NMP: se realizó la lectura en base a la tabla respectiva (Speck, 1984).

## **1.6. Prueba para confirmar coliformes fecales (Grupo coliforme fecal)**

1.6.1 A partir de los tubos (LTS) que dieron reacción positiva en el ensayo presuntivo para coliformes generales, se sembró una asada de cada tubo positivo a un tubo de caldo EC.

1.6.2 Se incubaron los tubos sembrados a  $44.5 \pm 0.2$  °C en baño de María por 24-48 horas.

1.6.3 Se anotaron los tubos donde se ha formado gas. La densidad bacteriana se calculó basándose en las tablas de NMP (Speck, 1984).

## **1.7. Prueba para confirmar *Escherichia coli***

De cada tubo de caldo EC positivo a gas, se tomó una asada y se sembró en estrías a agar de L-EMB e incubó durante 24 hrs a  $35 \pm 1$  °C. Se examinaron las placas, buscando colonias características de *E. coli* (centro oscuro con o sin brillo metálico). Se picaron 2 colonias a tubos con agar PCA o agar nutritivo para realizar pruebas bioquímicas.

Se realizó una tinción de Gram a las colonias sospechosas. Si se observaban bacilos o coco bacilos Gram negativo, se siguió con las pruebas bioquímicas IMVIC (Speck, 1984).

## **1.8. Indol**

Se sembró un caldo de triptona al 1% e incubó a 35 °C/24hrs. Se adicionó reactivo de Kovacs. La aparición de un color rojo en la capa superior es una reacción positiva (FDA, 1984).

## **1.9. Rojo de Metilo (MR) y Voges Proskauer (VP)**

Se sembró un tubo con 2 ml de caldo MR-VP e incubó a 35 °C/24hrs. Luego se transfirió 1 ml del cultivo a un tubo limpio y se adicionaron unas gotas del indicador rojo de metilo. El apareamiento de un color rojo es una prueba positiva.

Para la prueba de VP, se adicionó al tubo 1 ml del cultivo, 0.6 ml de solución de alfa naftol y 0.2 ml de KOH al 40%. Se agitó vigorosamente el tubo y se dejó abierto. Una prueba positiva es el desarrollo de un color rosado a rojo en un tiempo máximo de 15 minutos (FDA, 1984).

### **1.10. Citrato**

Se sembró con bastante inóculo agar citrato de Simmons e incubar a 35 °C/24hrs. Una prueba positiva es la observación de crecimiento acompañado por un cambio de color del medio de verde (FDA, 1984).

### **F. Conteo de fitoplankton**

Las muestras para cuantificar el fitoplankton se colectaron con una botella de Van Dorm únicamente en los puntos de muestreo ubicados en el lago; ya que luego de realizar un monitoreo en muestras obtenidas de los ríos considerados en este estudio, se determinó que la cantidad de plankton era poco significativa. Se muestreó tanto la superficie como el fondo en cada uno de los puntos. Inicialmente, se consideró que podría utilizarse para preservar las muestras, el método de la formalina y el del lugol. Sin embargo, luego de algunas pruebas preliminares se decidió que se utilizaría solamente el lugol. Las muestras de agua, para realizar el conteo de plankton, tendrán un volumen de 500 ml. Se depositaron en recipientes plásticos recubiertos con papel aluminio y con 1 ml de lugol al 10% por cada 100 ml de muestra para preservarla. En el laboratorio, el plankton fue concentrado por filtración utilizando membranas con una porosidad de 0.45  $\mu\text{m}$  y a 5 atm de presión. Posteriormente el material filtrado se suspendió en 25 ml de la muestra de agua filtrada. Luego, se contaron 5 alícuotas de 0.1 ml de cada una de las muestras concentradas por filtración. Se utilizó un microscopio binocular y una cámara Sedgwick-Rafter para la cuantificación e identificación. El fitoplankton se identificó utilizando claves dicotómicas apropiadas y se determinó la densidad del fitoplankton en las muestras obtenidas en cada uno de los puntos (APHA, 1980).

## VI. RESULTADOS

### A. Fitoplankton

Se presentan los datos obtenidos luego del análisis de las muestras para la cuantificación e identificación del fitoplankton y en la última parte de esta sección se presentan los resultados de los análisis microbiológicos para coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*.

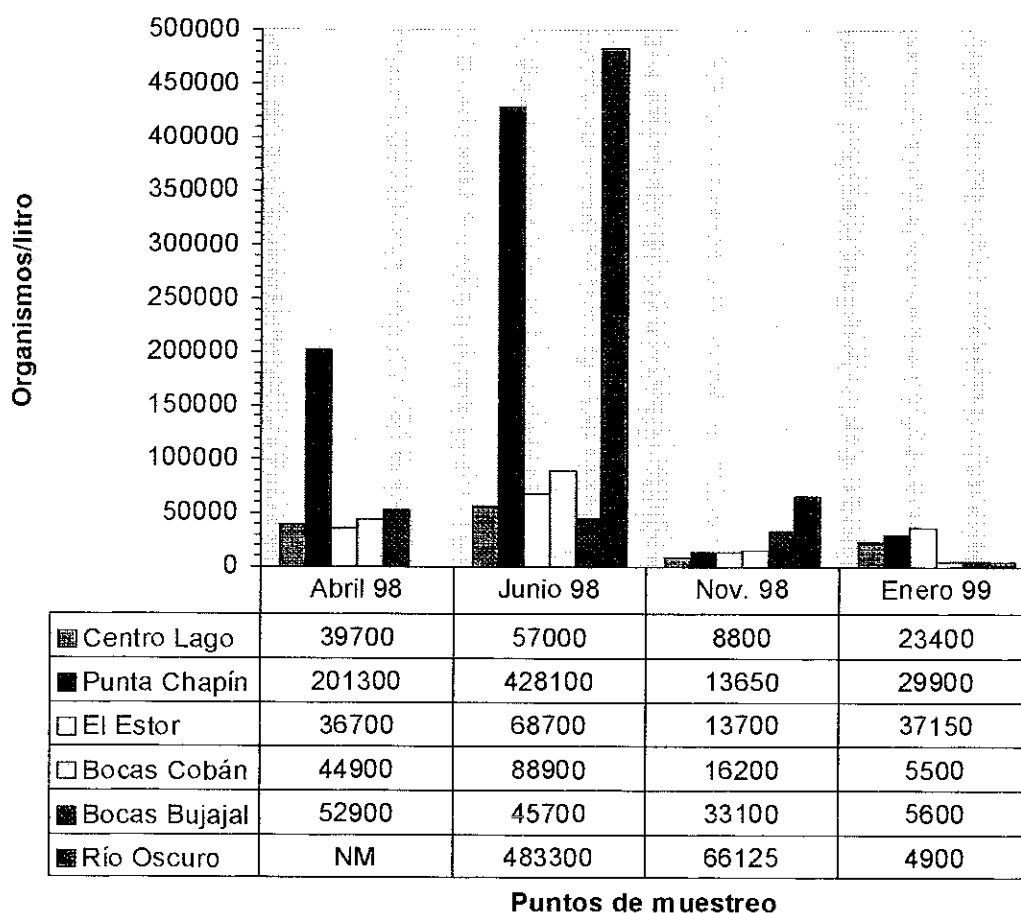
En la Gráfica 1 puede observarse que la mayor densidad de fitoplankton en la mayoría de los puntos de muestreo, se presentó en el mes de junio, inicio de la época lluviosa. Los puntos con mayor densidad de fitoplankton son Río Oscuro, Punta Chapín y Bocas de Cobán. En la misma gráfica en el mes de abril, al finalizar la época seca, se observa que la mayor densidad de fitoplankton se encontró en primer lugar en Punta Chapín, luego en Bocas de Cobán y en tercer lugar en Bocas del Bujajal. Algo importante de señalar es que no se muestreó el punto correspondiente a Río Oscuro.

El tercer muestreo originalmente programado para llevarse a cabo a finales de la época lluviosa, se llevó a cabo tres semanas después de la Tormenta Tropical Mitch. Los tres puntos de muestreo con mayor densidad de fitoplankton fueron: Río Oscuro, Bocas de Bujajal y Bocas de Cobán respectivamente.

El último muestreo se efectuó en el mes de enero (aproximadamente tres meses después de la Tormenta Tropical Mitch) y se reporta la mayor densidad de fitoplankton en las muestras obtenidas en El Estor, Punta Chapín y Centro del Lago.

Luego de este fenómeno atmosférico, algunos factores físicos y químicos influyeron tanto en la densidad total del plankton como en la disminución de la diversidad y riqueza del fitoplankton en la mayoría de los puntos de muestreo. Entre estos factores están: una disminución significativa en la cantidad de oxígeno disuelto, el cual en algunos puntos como Río Oscuro y Punta Chapín llegaba prácticamente a 0 mg/l, en el fondo (Anexo 3. Resultados fisicoquímicos 1).

Otro factor fue la disminución significativa de la transparencia en algunos puntos de muestreo, tales como: Bocas de Cobán (0.07m) y Bocas de Bujajal (0.12m). En los cuatro muestreos el Centro del Lago, siempre fue el punto que presentó mayor visibilidad registrándose un rango de 2.20-2.50 m. Los datos obtenidos en las mediciones de transparencia en este punto fueron más constantes que los registrados en los otros puntos de muestreo. En Punta Chapín y El Estor se obtuvieron los registros de transparencia más bajos con el inicio de la época lluviosa, siendo éstos de 0.25 y 0.50 m respectivamente.



•NM: No medido.

Gráfica No. 1 Cantidad de fitoplankton en las muestras superficiales de los puntos de muestreo en la región occidental del lago de Izabal.

El Cuadro 7 presenta el promedio de los géneros de fitoplankton identificados en las muestras de superficie del lago de Izabal. Bocas de Cobán registró la mayor cantidad de géneros (30).

Cuadro 7. Promedio de individuos de fitoplankton en las muestras tomadas en la superficie.

Géneros	Centro del Lago Org/l	Punta Chapín Org/l	El Estor Org/l	Bocas de Cobán Org/l	Bocas Bujajal Org/l	Río Oscuro Org/l
<b>Cianophyta</b>	14150	29950	16675	19200	18125	30142
1. <i>Microcystis</i>						
2. <i>Oscillatoria</i>	50	325	100	50	150	900
3. <i>Anabaena</i>	950	9500	1775	2425	2300	11067
4. <i>Merismopedia</i>	75	1325	300	75	100	3367
5. <i>Agmeuellum</i>	0	0	0	0	0	0
6. <i>Lyngbya</i>	0	0	50	50	25	0
7. <i>Spiculiua</i>	0	0	0	100	25	0
8. <i>Aphanizomeuon</i>	0	5900	0	275	175	0
9. <i>Nostoc</i>	25	0	0	0	0	0
10. <i>Gleocystis</i>	225	2200	4250	1350	600	0
11. <i>Gomphosphaeria</i>	50	100	100	0	0	6367
<b>Chlorophyta</b>	1375	4125	725	375	275	1333
12. <i>Pediastrum</i>						
13. <i>Selenastrum</i>	375	525	238	50	700	1433
14. <i>Staurastrum</i>	650	962	475	375	200	1233
15. <i>Eudorina</i>	0	0	0	25	0	0
16. <i>Cyclotella</i>	200	88	50	0	25	100
17. <i>Actinastrum</i>	0	0	0	0	0	0
18. <i>Coelastrum</i>	475	175	725	100	0	433
19. <i>Closterium</i>	1400	1050	750	275	500	0
20. <i>Scenedesmus</i>	0	500	50	75	100	233
21. <i>Ceratium</i>	25	25	0	0	0	0
22. <i>Chodatella</i>	0	0	25	0	0	33
23. <i>Sorastrum</i>	25	75	25	0	0	0
24. <i>Oocystis</i>	50	25	25	0	0	300
25. <i>Chlorella</i>	0	75	150	0	0	0
26. <i>Tetraëdran</i>	0	0	0	0	0	0
27. <i>Golenkinia</i>	0	0	0	0	0	133
<b>Bacillariophyta</b>	75	100	75	800	600	75
28. <i>Fragilaria</i>						
29. <i>Synedra</i>	5025	67425	7900	4975	3775	104175
30. <i>Meridion</i>	0	0	0	25	25	0
31. <i>Navicula</i>	100	88	225	2425	925	433
32. <i>Pinnularia</i>	75	25	175	900	175	117
33. <i>Asterionella</i>	0	0	0	0	0	33
34. <i>Melosira</i>	6025	43388	3750	2425	2950	4033
35. <i>Gyrosigma</i>	525	150	200	1000	1775	0
36. <i>Nitzschia</i>	50	0	150	1025	600	67
37. <i>Denticula</i>	50	12	50	50	0	33
38. <i>Diatoma</i>	50	0	0	0	0	0
39. <i>Stephanodiscus</i>	75	75	0	25	0	0
40. <i>Surirella</i>	25	50	25	25	25	0
41. <i>Cymbella</i>	50	0	0	250	125	33
43. <i>Stauroneis</i>	0	0	0	100	50	33
<b>Chrysophyta</b>	0	0	25	50	0	0
44. <i>Cronulina</i>						
<b>Euglenophyta</b>	0	0	0	0	0	0
45. <i>Euglena</i>						
46. Total Géneros	28	27	28	29	25	24

El Cuadro 8 presenta los promedios de fitoplankton en las muestras de fondo del lago de Izabal. El Estor fue el punto de muestreo con mayor cantidad de géneros de fitoplankton (30).

Cuadro 8. Promedio de individuos de fitoplankton en las muestras tomadas en el fondo.

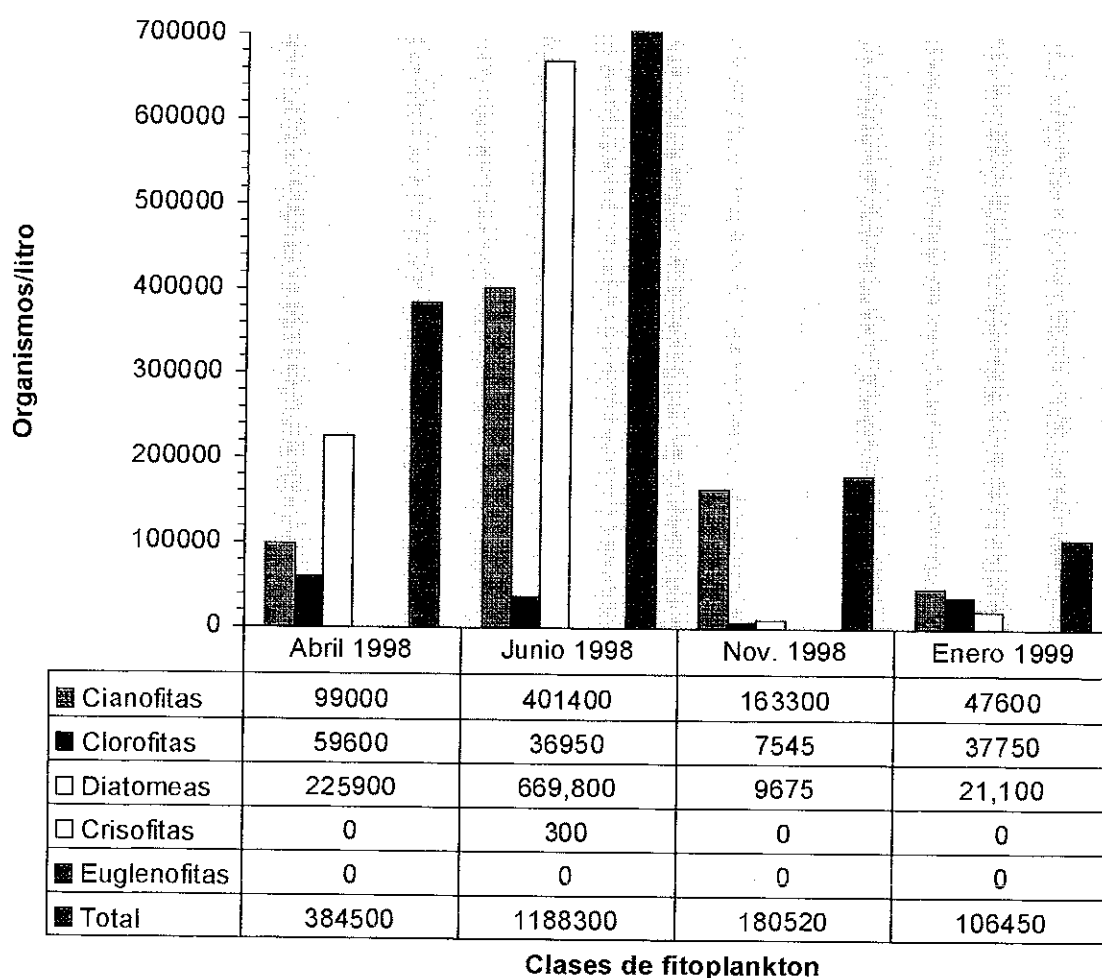
Géneros	Centro del Lago Org/l	Punta Chapin Org/l	El Estor Org/l	Bocas de Cobán Org/l	Bocas Bujajal Org/l	Río Oscuro Org/l
<b>Cianophyta</b>	27100	18750	18606	22067	2983	29500
1. <i>Microcystis</i>						
2. <i>Oscillatoria</i>	0	75	206	67	75	50
3. <i>Anabaena</i>	425	10375	1844	1867	25	12450
4. <i>Merismopedia</i>	0	800	175	0	0	2200
5. <i>Agmenellum</i>	0	0	31	0	0	0
6. <i>Lyngbya</i>	0	0	50	200	0	50
7. <i>Spirulina</i>	0	0	0	0	0	0
8. <i>Aphanizomenon</i>	25	11300	81	67	0	17750
9. <i>Nostoc</i>	0	0	0	33	0	0
10. <i>Gleocystis</i>	175	2300	2869	500	46	2950
11. <i>Gomphosphaeria</i>	0	6875	75	0	50	100
<b>Clorophyta</b>	2425	4375	2563	300	25	450
12. <i>Pediastrum</i>						
13. <i>Selenastrum</i>	650	675	706	67	0	950
14. <i>Staurastrum</i>	1400	800	2744	233	25	350
15. <i>Eudorina</i>	0	0	0	0	0	0
16. <i>Cyclotella</i>	225	425	394	0	75	150
17. <i>Actinastrum</i>	0	0	0	0	0	0
18. <i>Coelastrum</i>	600	200	200	100	0	200
19. <i>Closterium</i>	2125	1050	925	100	0	50
20. <i>Scenedesmus</i>	0	200	56	67	25	100
21. <i>Ceratium</i>	0	0	0	0	0	0
22. <i>Chodatella</i>	0	50	0	0	0	150
23. <i>Sorastrum</i>	0	175	0	0	0	300
24. <i>Oocystis</i>	0	375	25	0	0	0
25. <i>Chlorella</i>	0	25	25	33	0	0
26. <i>Tetraëdron</i>	0	0	0	0	0	0
27. <i>Golenkinia</i>	0	0	0	0	0	0
<b>Bacillariophyta</b>	200	100	425	3233	2379	200
28. <i>Fragilaria</i>						
29. <i>Synedra</i>	5275	57250	9656	3233	467	91600
30. <i>Meridion</i>	0	0	0	0	25	0
31. <i>Navicula</i>	75	375	431	4833	2621	1000
32. <i>Pinnularia</i>	0	100	356	767	250	550
33. <i>Asterionella</i>	0	0	0	0	0	100
34. <i>Melosira</i>	23675	33000	13425	2233	600	5050
35. <i>Gyrosigma</i>	275	200	113	7167	4538	250
36. <i>Nitzschia</i>	0	0	0	3167	3500	0
37. <i>Denticula</i>	0	25	25	67	125	50
38. <i>Diatoma</i>	0	0	25	0	25	0
39. <i>Stephanodiscus</i>	75	2500	25	33	0	0
40. <i>Surirella</i>	0	0	50	567	125	0
41. <i>Cymbella</i>	0	0	75	233	625	9350
43. <i>Stauroneis</i>	0	0	25	100	625	0
<b>Chrysophyta</b>	0	200	0	0	0	0
44. <i>Cromulina</i>						
<b>Euglenophyta</b>	0	50	0	0	0	0
45. <i>Euglena</i>						
46. Total Géneros	16	28	30	26	22	26

Luego de realizar un análisis de las categorías abundantes de fitoplankton en el lago de Izabal, se encontró que las tres categorías principales son: Cianofitas, Clorofitas y Bacillariofitas (Anexo 4. Resultados crudos de fitoplankton).

Cuadro 9. Categorías de fitoplankton identificadas en el lago de Izabal.

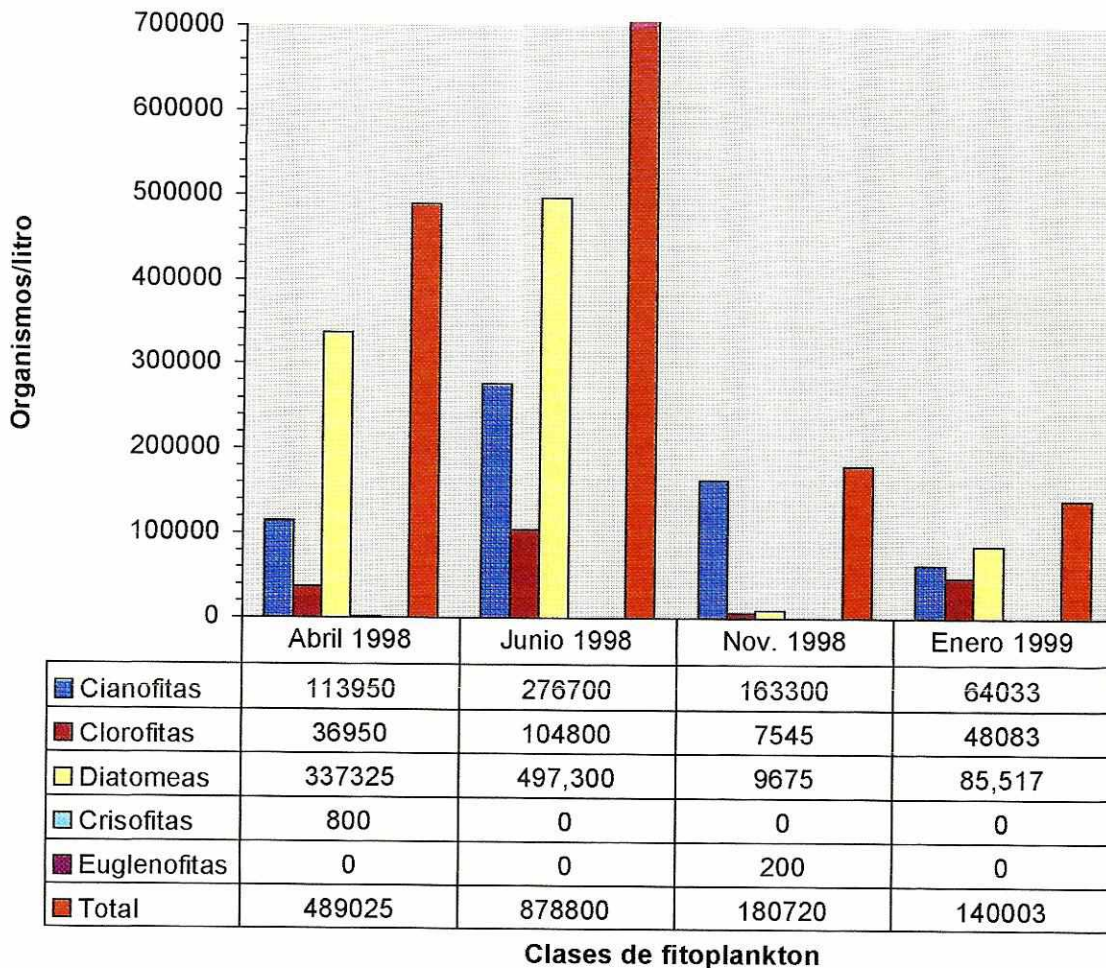
<b>Cianophyta</b> <b>Algas Verde Azules</b>	<b>Clorophyta</b> <b>Algas Verdes</b>	<b>Bacillariophyta</b> <b>Diatomeas</b>
<i>Microcystis</i>	<i>Pediastrum</i>	<i>Fragilaria</i>
<i>Oscillatoria</i>	<i>Selenastrum</i>	<i>Synedra</i>
<i>Anabaena</i>	<i>Staurastrum</i>	<i>Navicula</i>
<i>Merismopedia</i>	<i>Eudorina</i>	<i>Pinnularia</i>
<i>Agmenellum</i>	<i>Cyclotella</i>	<i>Asterionella</i>
<i>Lyngbya</i>	<i>Actinastrum</i>	<i>Melosira</i>
<i>Spirulina</i>	<i>Coelastrum</i>	<i>Gyrosigma</i>
<i>Aphanizomenon</i>	<i>Closterium</i>	<i>Nitzschia</i>
<i>Nostoc</i>	<i>Golenkinia</i>	<i>Denticula</i>
<i>Gomphosphaeria</i>	<i>Scenedesmus</i>	<i>Diatoma</i>
<i>Gleocystis</i>	<i>Ceratium</i>	<i>Stephanodiscus</i>
<b>Crisophyta</b>	<i>Chodatella</i>	<i>Surirella</i>
<i>Cromulina</i>	<i>Sorastrum</i>	<i>Cymbella</i>
	<i>Oocystis</i>	<i>Stauroneis</i>
<b>Euglenophyta</b>	<i>Chlorella</i>	
<i>Euglena</i>	<i>Tetraedron</i>	

La gráfica 2 muestra las variaciones que luego de los cuatro muestreos se observaron en las categorías abundantes de fitoplankton en la región occidental del lago de Izabal. Las dos principales fueron: en primer lugar las Diatomeas y en segundo lugar las Cianofitas, principalmente en abril (época seca) y junio (inicio de época lluviosa). Se observa una disminución significativa en todas las categorías durante el mes de noviembre (muestreo efectuado después de la Tormenta Tropical Mitch) (Anexo 4. Resultados crudos de fitoplankton).

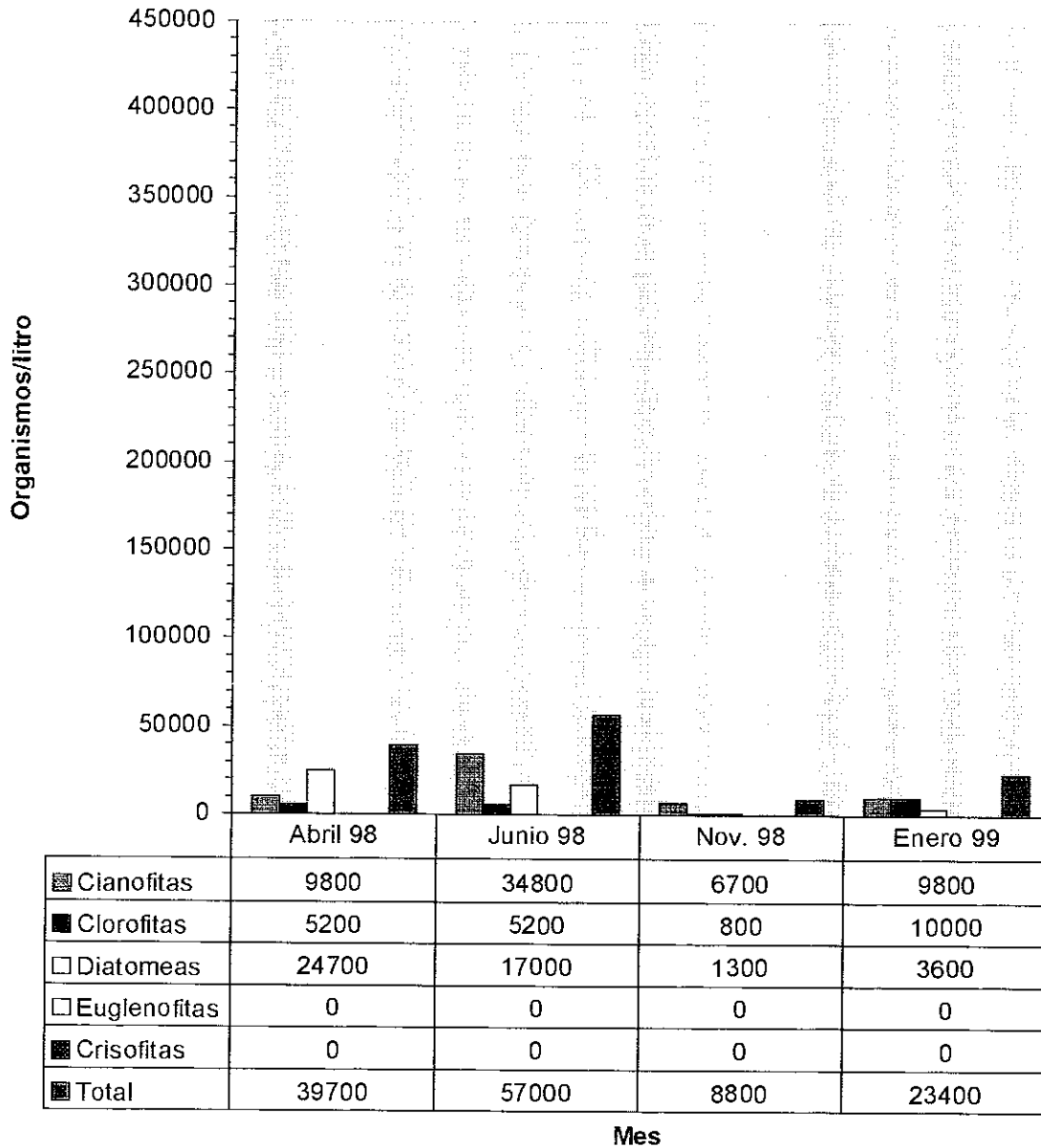


Gráfica 2. Comparación de las clases de fitoplankton dominante en las muestras superficiales del lago de Izabal.

La gráfica 3 muestra las variaciones que se observaron en las categorías abundantes de fitoplankton en las muestras obtenidas en el fondo en la región occidental del lago de Izabal. Las dos principales fueron: en primer lugar las Diatomeas y en segundo lugar las Cianofitas, principalmente en abril (época seca) y junio (inicio de época lluviosa). Se observa una disminución significativa en todas las categorías durante el mes de noviembre (muestreo efectuado después de la Tormenta Tropical Mitch).



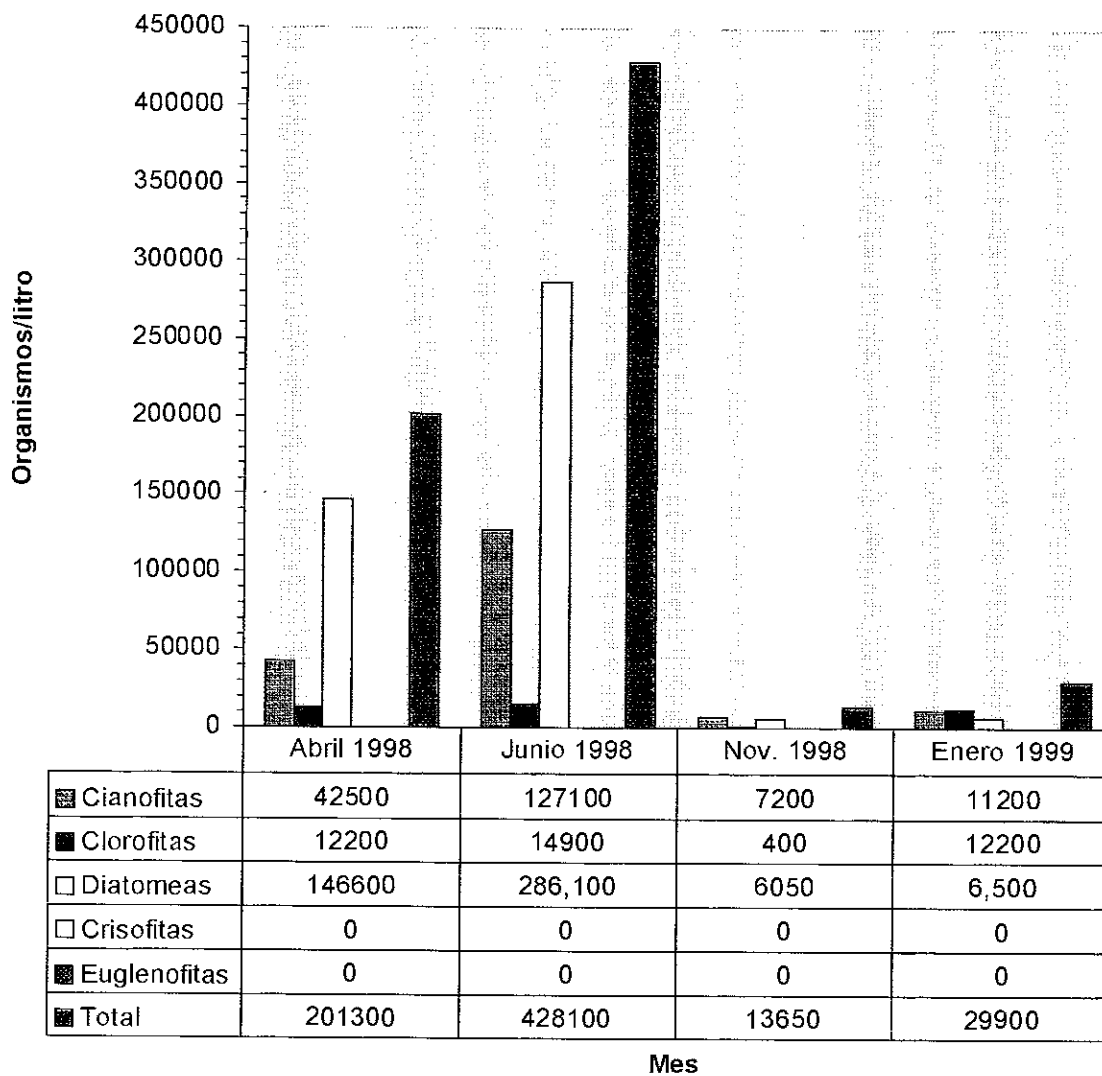
Gráfica 3. Comparación de las clases de fitoplankton dominante en las muestras obtenidas en el fondo del lago de Izabal.



Gráfica 4. Comparación de las clases de fitoplankton en el Centro del Lago .

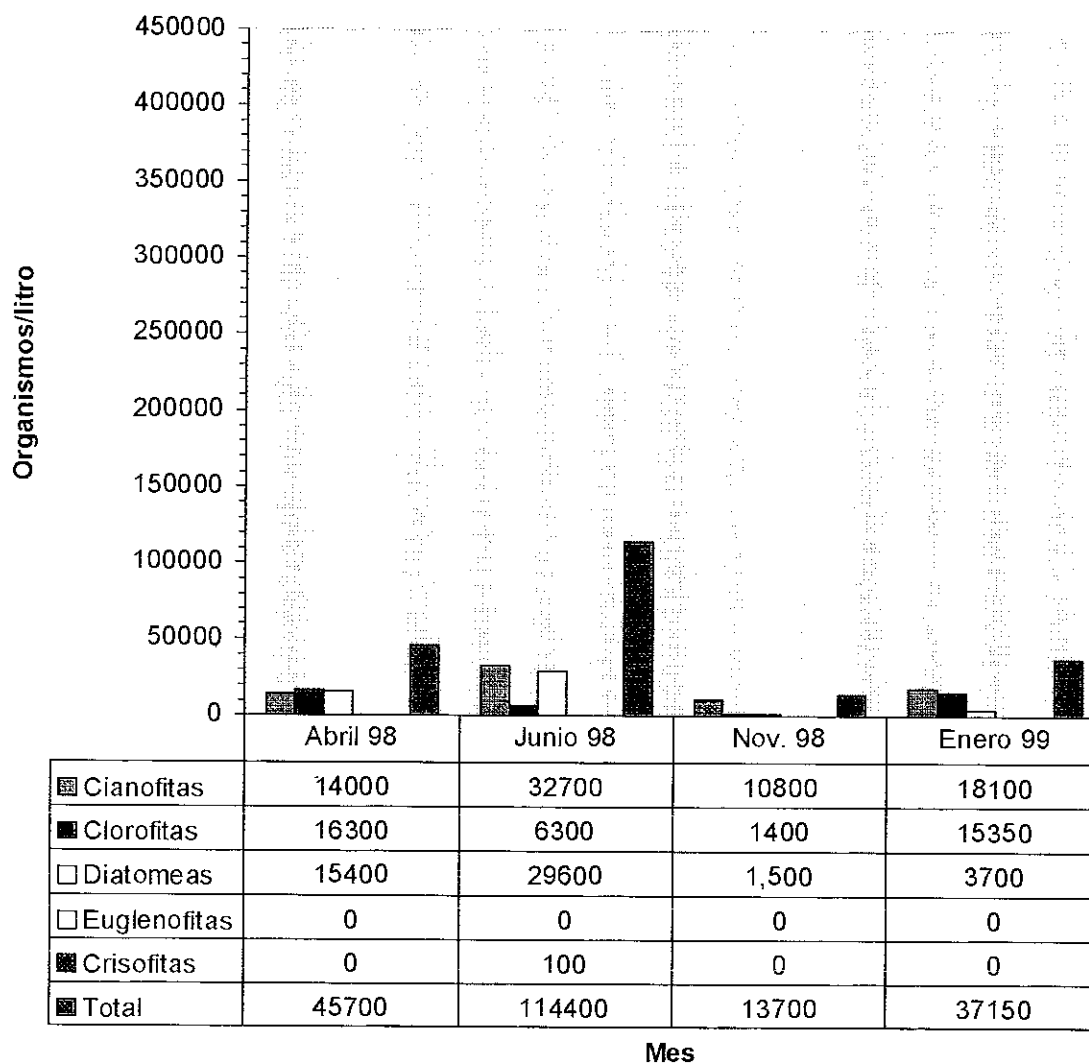
En la gráfica 4 se presentan las clases de fitoplankton en el Centro del Lago, y son las más abundantes en abril, el grupo de las Diatomeas; las Cianofitas en junio y noviembre, y en enero las Clorofitas y las Cianofitas. Luego de la Tormenta Tropical Mitch hubo una disminución significativa tanto en la densidad, como diversidad y riqueza del fitoplankton en todos los puntos de muestreo.

A continuación, la gráfica 5 muestra las variaciones en las clases de fitoplankton en Punta Chapín; y son más abundantes en abril y junio las Cianofitas y las Diatomeas; en noviembre las Cianofitas y en enero las Clorofitas.



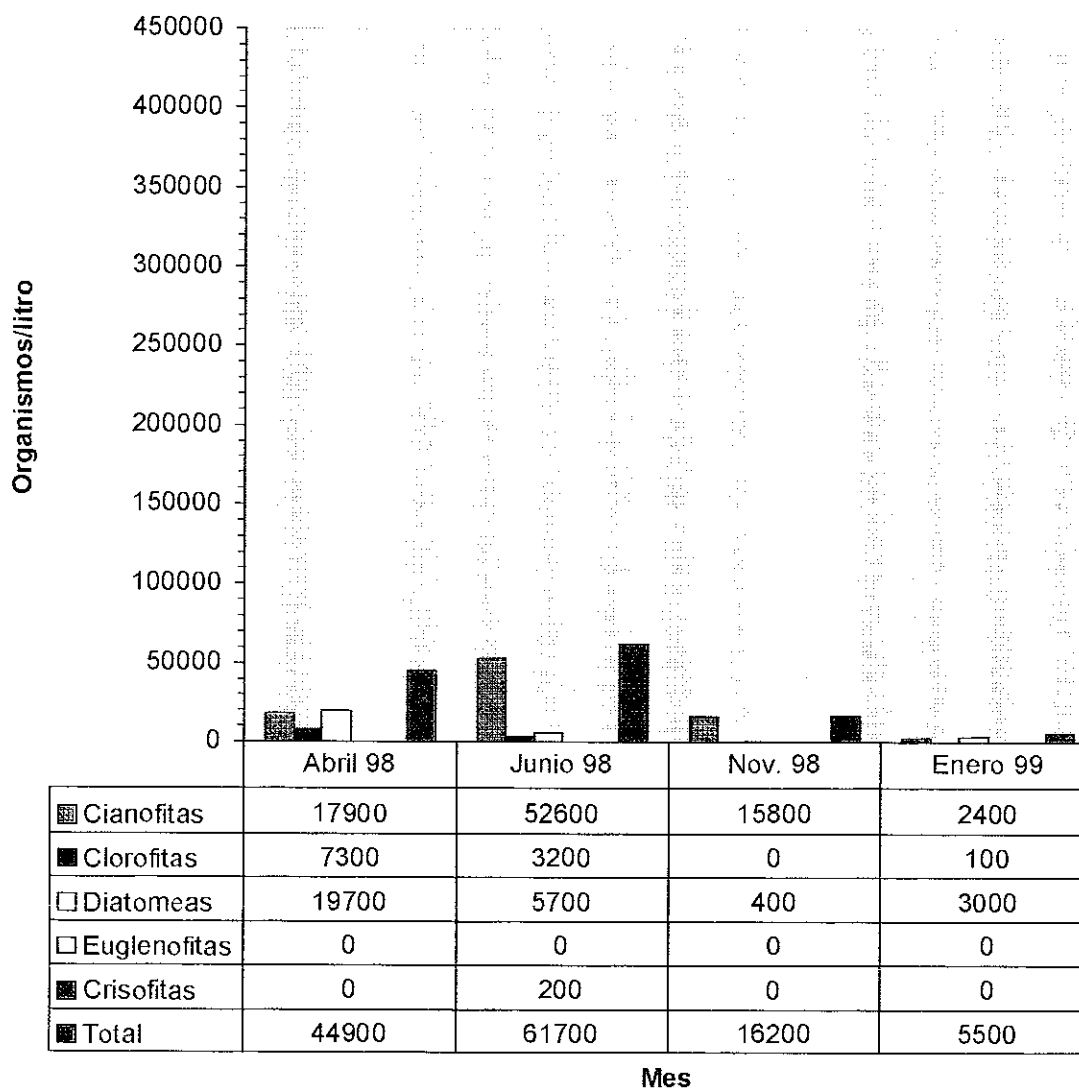
Gráfica 5. Comparación de las clases de fitoplankton en Punta Chapín.

La gráfica 6 presenta una comparación entre las diferentes clases de fitoplankton registradas en el punto de muestreo ubicado en El Estor. Se encontró que en abril fueron más abundantes las Clorofitas y las Diatomeas, en junio se registró una mayor densidad de Diatomeas y Cianofitas y en enero fueron más abundantes las Cianofitas.



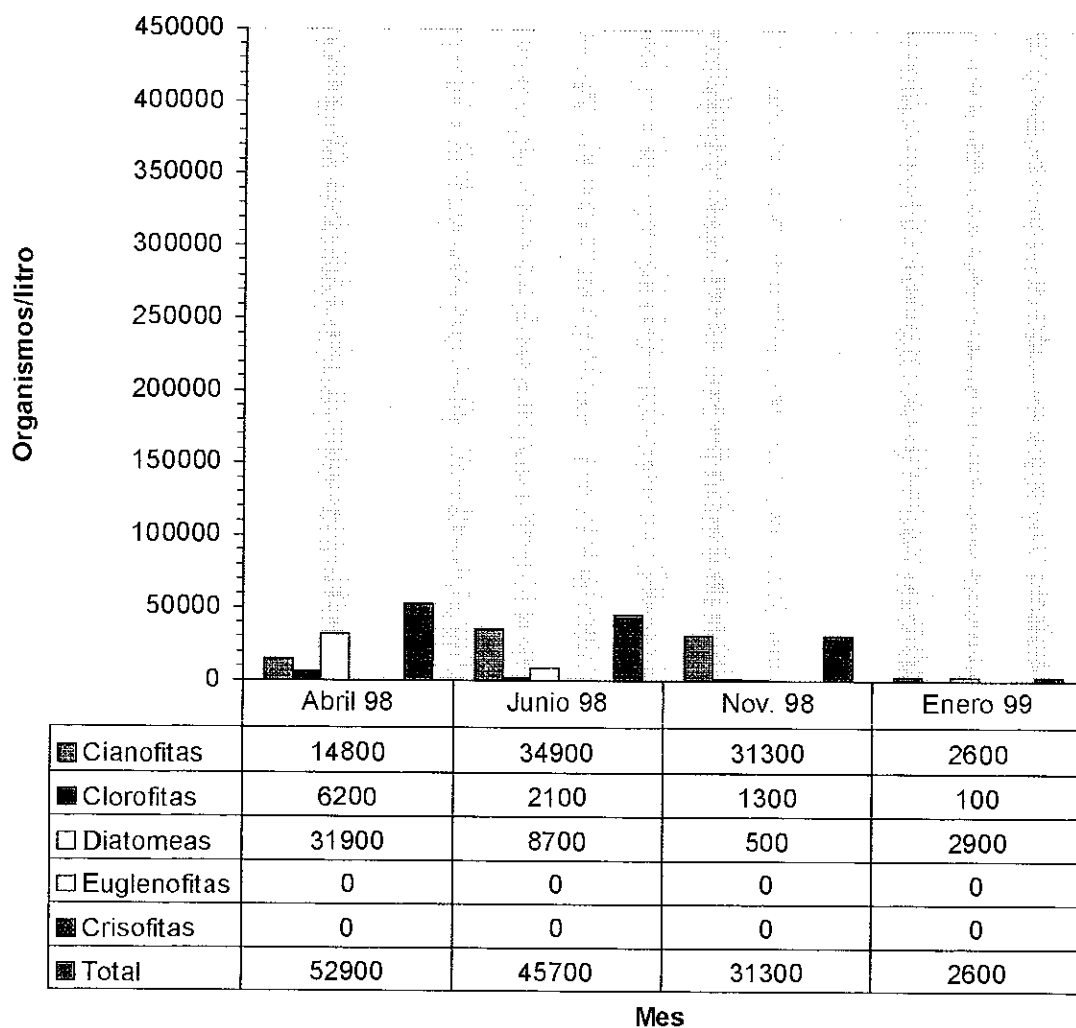
Gráfica 6. Comparación de las clases de fitoplankton en El Estor.

En la gráfica 7 se observan las variaciones en densidad de las diferentes clases de fitoplankton en Bocas de Cobán. La mayor densidad de los diferentes grupos se registró en abril, donde se colocaron como abundantes, las Diatomeas. En junio fueron abundantes las Cianofitas. En noviembre y enero hubo una disminución significativa en la densidad, diversidad y riqueza de las especies.



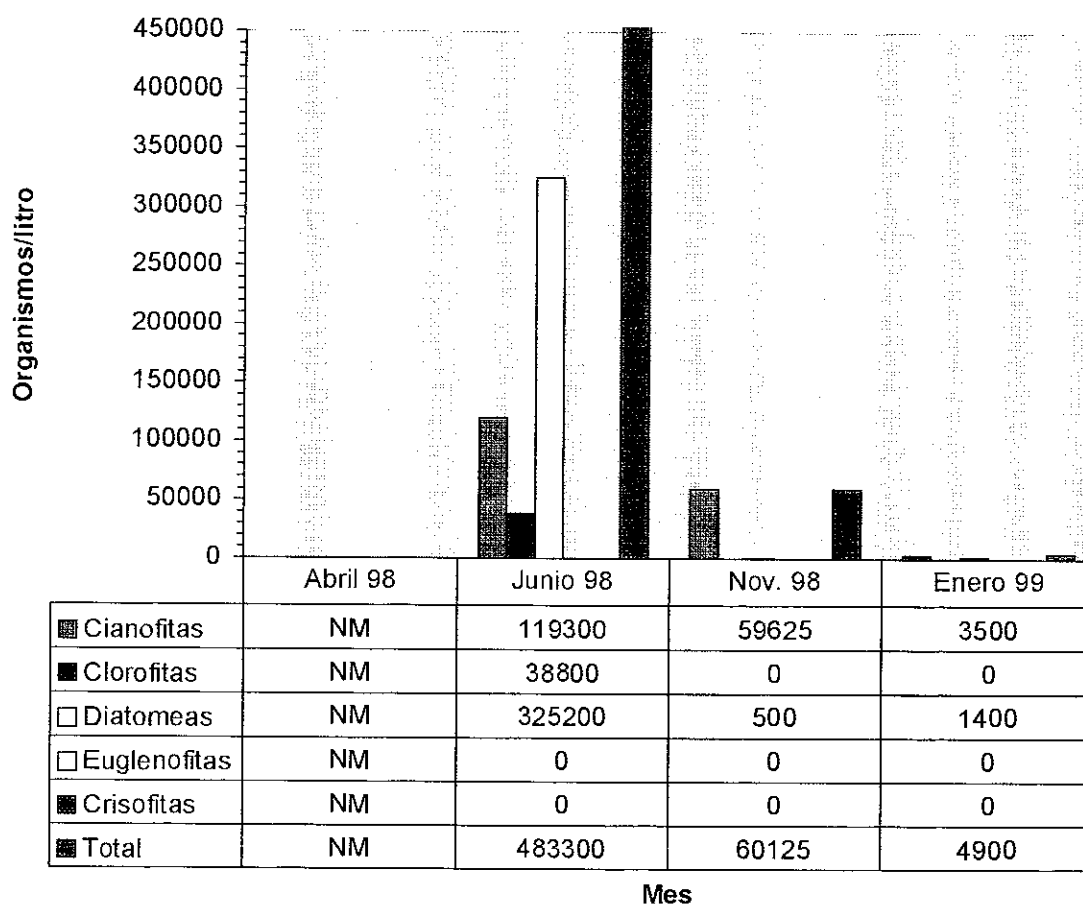
Gráfica 7. Comparación de las clases de fitoplankton en Bocas de Cobán.

La gráfica 8 presenta el comportamiento de las diferentes clases de fitoplankton tanto en época seca como en la lluviosa en Bocas de Bujajal. La mayor densidad de las diferentes clases se registró en abril, registrándose una mayor abundancia de las Diatomeas y en la época lluviosa (junio y noviembre) fueron abundantes las Cianofitas. En enero disminuyó considerablemente la densidad (organismos/litro) del fitoplankton.



Gráfica 8. Comparación de la clases de fitoplankton en Bocas del Bujajal.

En Río Oscuro (Gráfica 9), se presentan datos únicamente de junio, noviembre y enero. La mayor densidad de fitoplankton se registró en el mes de junio, en el cual dominan las Diatomeas y en noviembre las Cianofitas. Se observa una disminución considerable en la densidad de fitoplankton de los diferentes grupos tanto en noviembre como en enero.



•NM: No medido.

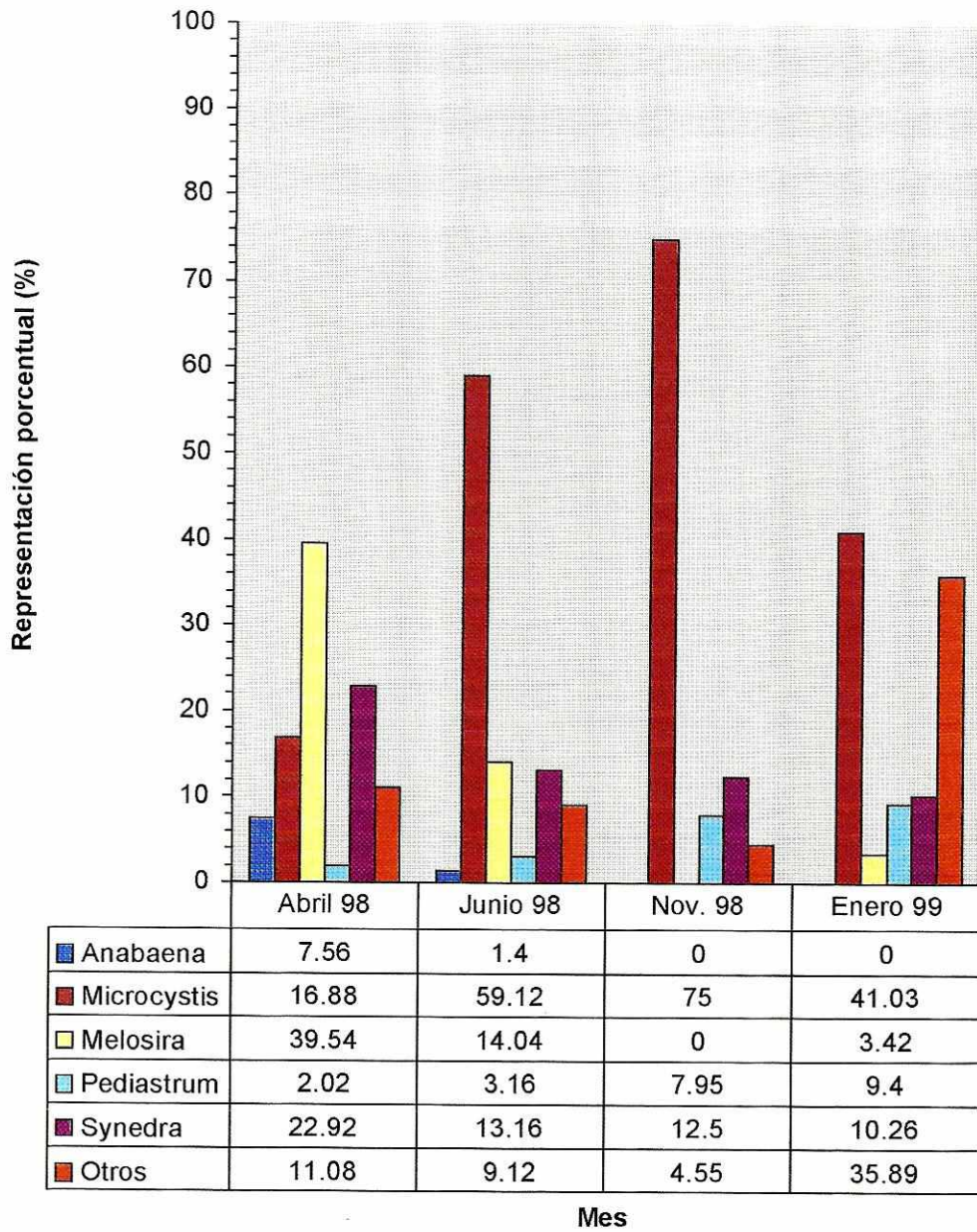
Gráfica 9. Comparación de clases de fitoplankton en Río Oscuro.

En el Cuadro 10 se observa la densidad y diversidad del fitoplankton en cada uno de los muestreos efectuados en el Centro del Lago. En junio se registró el mayor número de géneros (promedio 18) y en noviembre la menor cantidad (promedio 8). En la Grafica 10 se muestra la variación de los cinco géneros más abundantes en el Centro del Lago: *Anabaena*, *Microcystis*, *Melosira*, *Synedra* y *Pediastrum*.

Cuadro 10. Densidad de los géneros de fitoplankton (organismos/litro) en el Centro del Lago.

Género	Abril	Abril	Junio	Junio	Noviemb.	Noviemb.	Enero	Enero
	Superf. Org/l (%)	Fondo Org/l (%)	Superficie Org/l (%)	Fondo Org/l (%)	Superficie Org/l (%)	Fondo Org/l (%)	Superficie Org/l (%)	Fondo Org/l (%)
<b>Cianophyta</b>	6700	25700	33700	8100	6600	50100	9600	24500
1. <i>Microcystis</i>	(16.88)	(18.56)	(59.12)	(45.76)	(75.00)	(88.83)	(41.03)	(52.92)
2. <i>Oscillatoria</i>	100 (0.25)	0 (0)	100 (0.18)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
3. <i>Anabaena</i>	3000 (7.56)	1600 (1.16)	800 (1.40)	0 (0)	0 (0)	100 (0.18)	0 (0)	0 (0)
4. <i>Merismopedia</i>	0 (0)	0 (0)	200 (0.35)	0 (0)	100 (1.14)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
5. <i>Aphanizomenon</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.56)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
6. <i>Nostoc</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	200 (0.85)	0 (0)
7. <i>Gleocystis</i>	0 (0)	0 (0)	900 (1.58)	500 (2.82)	0 (0)	0 (0)	1400 (5.98)	6200 (13.39)
8. <i>Gomphosphaeria</i>	0 (0)	0 (0)	200 (0.35)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>Clorophyta</b>	800	3800	1800	1300	700	1900	2200	2700
9. <i>Pediastrum</i>	(2.02)	(2.74)	(3.16)	(7.34)	(7.95)	(3.37)	(9.40)	(5.83)
10. <i>Selenastrum</i>	100 (0.25)	0 (0)	500 (0.88)	1300 (7.34)	100 (1.14)	100 (0.18)	500 (3.42)	1300 (2.59)
11. <i>Staurastrum</i>	400 (1.01)	2500 (1.81)	600 (1.05)	1200 (6.78)	0 (0)	500 (0.89)	600 (6.84)	1200 (3.02)
12. <i>Cyclotella</i>	100 (0.25)	400 (0.29)	200 (0.35)	100 (0.56)	0 (0)	100 (0.18)	500 (2.14)	300 (0.65)

13. <i>Coelastrum</i>	0 (0)	100 (0.07)	300 (0.53)	300 (1.69)	0 (0)	0 (0)	1900 (8.12)	800 (1.73)
14. <i>Closterium</i>	3800 (9.57)	1600 (1.16)	400 (0.70)	700 (3.95)	0 (0)	0 (0)	1600 (6.84)	2000 (4.32)
15. <i>Scenedesmus</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	200 (0.43)
16. <i>Sorastrum</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.18)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
17. <i>Oocystis</i>	0 (0)	0 (0)	200 (0.35)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>Bacillariophyta</b>	0	700	300	100	0	0	0	0
18. <i>Fragilaria</i>	(0)	(0.51)	(0.53)	(0.56)	(0)	(0)	(0)	(0)
19. <i>Synedra</i>	9100 (22.92)	17800 (12.85)	7500 (13.16)	2000 (11.30)	1100 (13.50)	900 (1.60)	2400 (10.26)	400 (0.86)
20. <i>Navicula</i>	100 (0.25)	300 (0.22)	300 (0.53)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
21. <i>Pinnularia</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.18)	0 (0)	100 (1.14)	0 (0)	100 (0.43)	0 (0)
22. <i>Melosira</i>	15300 (38.54)	83700 (60.43)	8000 (14.04)	1800 (10.17)	0 (0)	2700 (4.79)	800 (3.42)	6500 (14.04)
23. <i>Gyrosigma</i>	200 (0.50)	300 (0.22)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
24. <i>Nitzschia</i>	0 (0)	0 (0)	200 (0.35)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.43)	0 (0)
25. <i>Denticula</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.18)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
26. <i>Diatoma</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.43)	0 (0)
27. <i>Stephanodiscus</i>	0 (0)	0 (0)	200 (0.35)	200 (1.13)	100 (1.14)	0 (0)	100 (0.43)	100 (0.22)
28. <i>Surirella</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.18)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
29. <i>Cymbella</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.35)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>30. Total Géneros</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>12</b>
<b>31. Total Individuos</b>	<b>39700</b>	<b>138500</b>	<b>57000</b>	<b>17700</b>	<b>8800</b>	<b>56400</b>	<b>23400</b>	<b>46300</b>



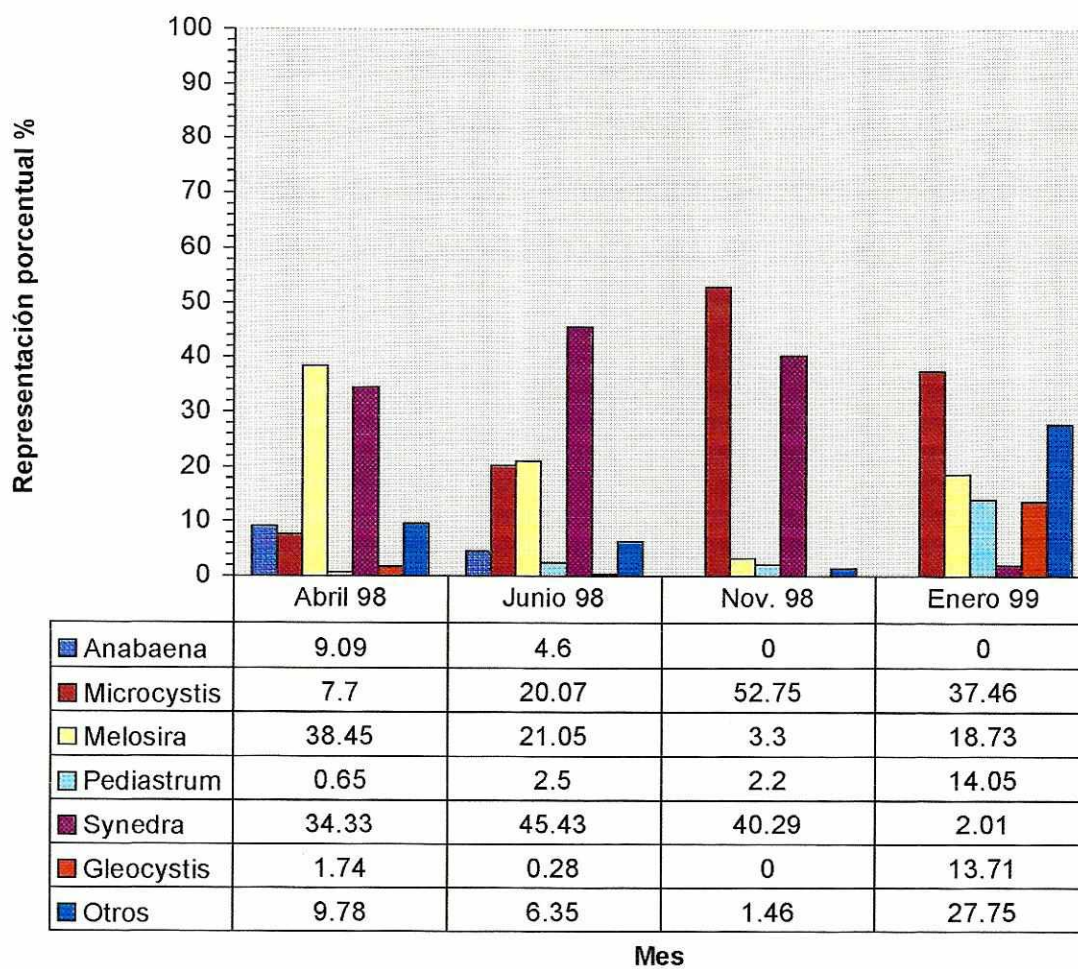
Gráfica 10. Principales géneros de fitoplankton abundantes en las muestras tomadas en la superficie en el Centro del Lago.

El Cuadro 11 presenta la densidad del fitoplankton en Punta Chapín, tanto en las muestras tomadas en la superficie como en el fondo. La mayor densidad y diversidad de fitoplankton se registró en junio. En las muestras de superficie se identificaron 22 géneros y se obtuvo una densidad de 428100 organismos/l. La gráfica 11 muestra la variación en densidad que tuvieron los cinco géneros más abundantes durante los cuatro muestreos efectuados en Punta Chapín: *Anabaena*, *Microcystis*, *Melosira*, *Synedra* y *Pediastrum*.

Cuadro 11. Densidad de los géneros de fitoplankton (organismos/litro) en Punta Chapín.

Género	Abril	Abril	Junio	Junio	Noviemb.	Noviemb.	Enero	Enero
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
	Org/l	Org/l	Org/l	Org/l	Org/l	(Org/l)	Org/l	Org/l
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>Cianophyta</b>	15500	15500	85900	13300	7200	31700	11200	14500
1. <i>Microcystis</i>	(7.70)	(12.36)	(20.07)	(3.62)	(52.75)	(90.06)	(37.46)	(17.66)
2. <i>Oscillatoria</i>	1300	0	0	300	0	0	0	0
	(0.25)	(0)	(0)	(0.08)	(0)	(0)	(0)	(0)
3. <i>Anabaena</i>	18300	9100	19700	32300	0	100	0	0
	(9.09)	(7.26)	(4.60)	(8.79)	(0)	(0.28)	(0)	(0)
4. <i>Merismopedia</i>	4000	0	1300	3200	0	0	0	0
	(1.99)	(0)	(0.30)	(0.87)	(0)	(0)	(0)	(0)
6. <i>Aphanizomenon</i>	34000	200	20200	45000	0	0	0	0
	(1.69)	(0.69)	(4.72)	(12.24)	(0)	(0)	(0)	(0)
7. <i>Gomphosphaeria</i>	0	0	400	27500	0	0	0	0
	(0)	(0)	(0.09)	(7.48)	(0)	(0)	(0)	(0)
8. <i>Gleocystis</i>	3500	0	1200	7600	0	0	4100	1600
	(1.74)	(0)	(0.28)	(2.07)	(0)	(0)	(13.71)	(1.95)
<b>Clorophyta</b>	1300	2200	10700	2100	300	700	4200	12500
9. <i>Pediastrum</i>	(2.02)	(2.74)	(2.50)	(0.57)	(2.20)	(1.99)	(14.05)	(15.23)
10. <i>Selenastrum</i>	1500	0	600	900	0	20	0	1600
	(0.75)	(0)	(0.14)	(0.24)	(0)	(0.57)	(0)	(1.95)
11. <i>Staurastrum</i>	2000	1800	1000	1400	50	0	800	0
	(0.99)	(1.44)	(0.23)	(0.38)	(0.37)	(0)	(2.68)	(0)
12. <i>Cyclotella</i>	100	700	100	400	50	0	100	600
	(0.05)	(0.56)	(0.02)	(0.11)	(0.37)	(0)	(0.33)	(0.73)

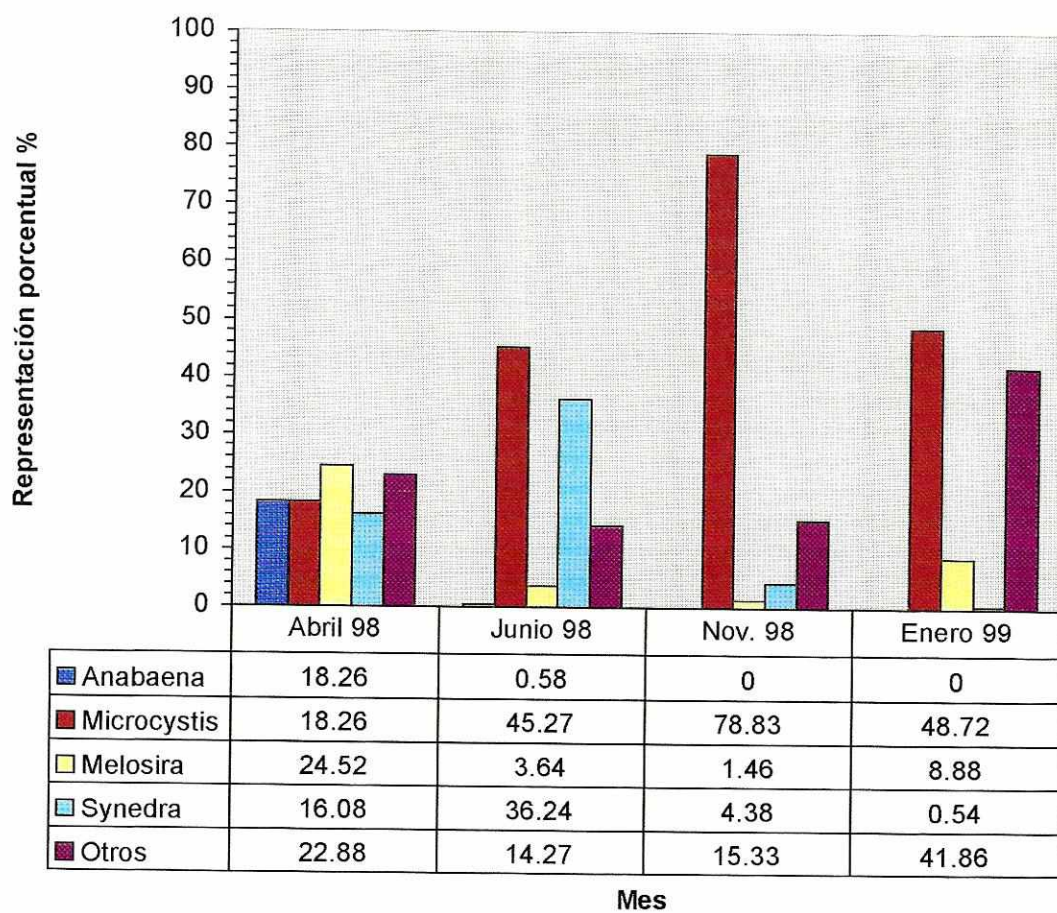
13. <i>Coelastrum</i>	0 (0)	100 (0.08)	0 (0)	200 (0.05)	0 (0)	0 (0)	700 (2.34)	500 (0.61)
14. <i>Closterium</i>	2300 (1.14)	1700 (1.36)	0 (0)	500 (0.14)	0 (0)	0 (0)	1900 (6.35)	2000 (2.44)
15. <i>Scenedesmus</i>	1500 (0.75)	100 (0.08)	200 (0.05)	700 (0.19)	0 (0)	0 (0)	300 (1.00)	0 (0)
16. <i>Chodatella</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	200 (0.05)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
17. <i>Sorastrum</i>	0 (0)	0 (0)	300 (0.07)	700 (0.19)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
18. <i>Oocystis</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.02)	1500 (0.41)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
19. <i>Chlorella</i>	0 (0)	0 (0)	300 (0.07)	100 (0.05)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>Bacillariophyta</b>	0	0	200	0	0	0	200	400
20. <i>Fragilaria</i>	(0)	(0)	(0.05)	(0)	(0)	(0)	(0.67)	(0.49)
21. <i>Synedra</i>	69100 (34.22)	38900 (31.02)	194500 (45.43)	182500 (49.65)	5500 (40.29)	400 (1.14)	600 (2.01)	7200 (8.77)
22. <i>Navicula</i>	100 (0.05)	300 (0.24)	200 (0.05)	400 (0.11)	50 (0.37)	0 (0)	0 (0)	600 (0.73)
23. <i>Pinnularia</i>	0 (0)	100 (0.08)	100 (0.02)	200 (0.05)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.12)
24. <i>Melosira</i>	77400 (38.45)	53700 (42.82)	90100 (21.05)	36500 (9.93)	450 (3.30)	1900 (5.40)	5600 (18.73)	39900 (48.60)
25. <i>Gyrosigma</i>	0 (0)	200 (0.16)	500 (0.12)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.33)	600 (0.73)
26. <i>Denticula</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.03)	50 (0.37)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
27. <i>Stephanodiscus</i>	0 (0)	0 (0)	300 (0.07)	10000 (2.72)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
28. <i>Surirella</i>	0 (0)	0 (0)	200 (0.05)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>Chrysophyta</b>	0	800	0	0	0	0	0	0
29. <i>Cromulina</i>	(0)	(0.64)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
<b>Euglenophyta</b>	0	0	0	0	0	200	0	0
30. <i>Euglena</i>	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0.57)	(0)	(0)
<b>31. Total Géneros</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
<b>31. Total Individuos</b>	<b>201300</b>	<b>125400</b>	<b>428100</b>	<b>367600</b>	<b>13650</b>	<b>35020</b>	<b>20100</b>	<b>82100</b>



Gráfica 11. Representación porcentual de los géneros de fitoplankton más abundantes en las muestras tomadas en la superficie en Punta Chapín.



17. <i>Sorastrum</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.15)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
18. <i>Oocystis</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.15)	100 (0.28)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
19. <i>Chlorella</i>	0 (0)	0 (0)	600 (0.87)	100 (0.28)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
21. <i>Synedra</i>	5900 (16.08)	18125 (16.90)	24900 (36.24)	19300 (54.99)	600 (4.38)	1000 (3.00)	200 (0.54)	200 (0.41)
22. <i>Navicula</i>	0 (0)	1125 (1.05)	900 (1.31)	400 (1.14)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	200 (0.41)
23. <i>Pinnularia</i>	0 (0)	625 (0.58)	300 (0.44)	300 (0.85)	400 (2.92)	200 (0.60)	0 (0)	300 (0.61)
24. <i>Melosira</i>	9000 (24.52)	33000 (30.77)	2500 (3.64)	3500 (9.97)	200 (1.46)	1000 (3.00)	3300 (8.88)	16200 (32.86)
25. <i>Gyrosigma</i>	500 (1.36)	250 (0.23)	100 (0.15)	0 (0)	200 (1.46)	0 (0)	0 (0)	200 (0.41)
<b>Bacillariophyta</b>	0	0	300	400	0	0	0	1300
26. <i>Fragilaria</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1300 (2.64)
26. <i>Nitzschia</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	600 (0.87)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
27. <i>Denticula</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.28)	0 (0)	0 (0)	200 (0.54)	0 (0)
28. <i>Stephanodiscus</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.30)	0 (0)	0 (0)
29. <i>Surirella</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.28)	100 (0.73)	100 (0.30)	0 (0)	0 (0)
30. <i>Cymbella</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	300 (0.85)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
31. <i>Stauroneis</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.28)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>Chrysophyta</b>	0	0	100	0	0	0	0	0
32. <i>Cromulina</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.15)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>33. Total Géneros</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>19</b>
<b>33. Total Individuos</b>	<b>36700</b>	<b>107250</b>	<b>68700</b>	<b>35100</b>	<b>13700</b>	<b>33300</b>	<b>37150</b>	<b>49300</b>



Gráfica 12. Representación porcentual de los géneros de fitoplankton más abundantes en las muestras tomadas en la superficie en El Estor.

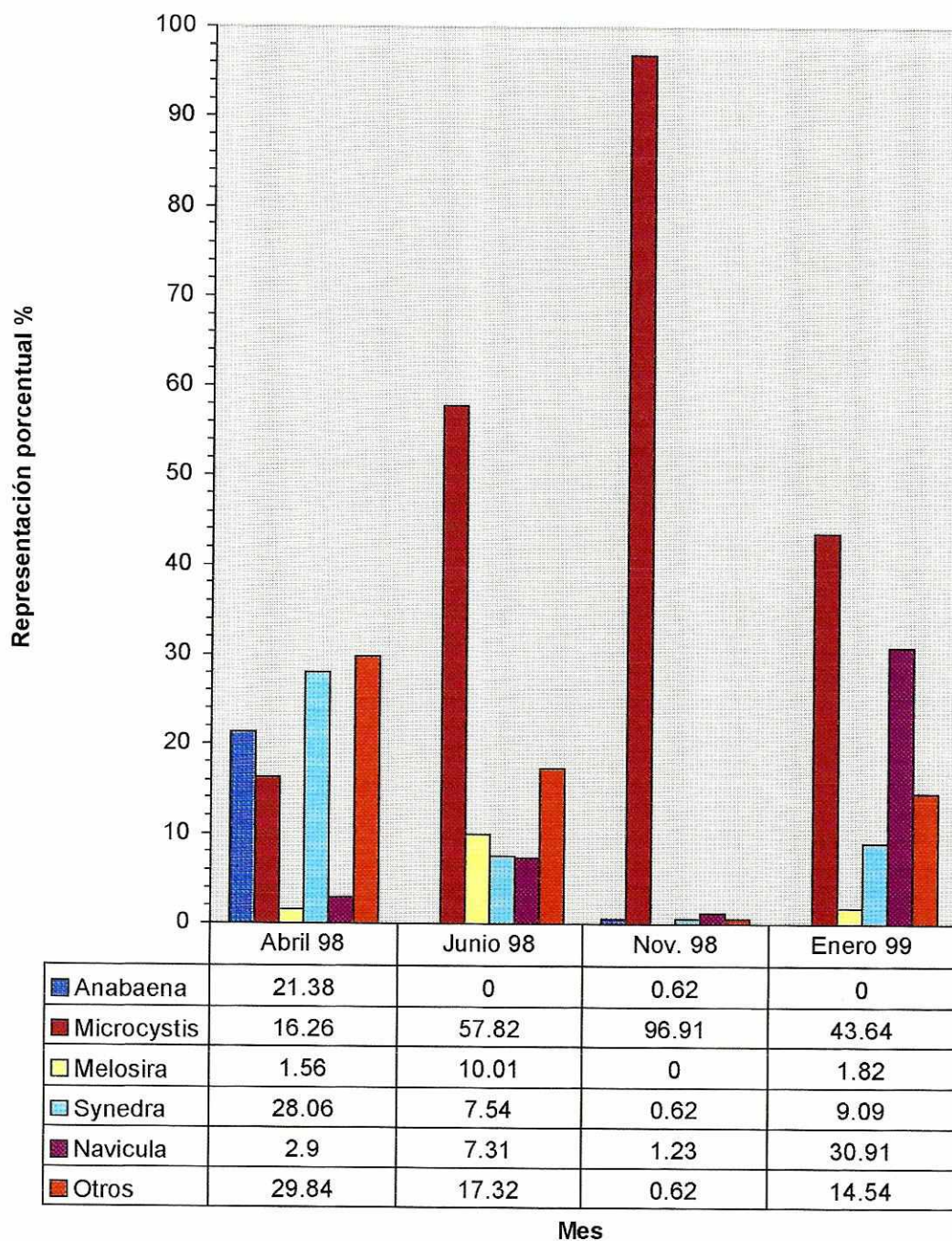
En el Cuadro 13 se presenta la densidad del fitoplankton en Bocas de Cobán en las muestras tomadas tanto en la superficie como en el fondo del punto de muestreo. La mayor densidad y diversidad (22 géneros) de fitoplankton se presentan en junio. La Gráfica 13 esquematiza las variaciones en la densidad de los cinco géneros más abundantes en este punto de muestreo: *Anabaena*, *Microcystis*, *Synedra*, *Melosira* y *Navicula*.

Cuadro 13. Densidad de los géneros de fitoplankton (organismos/litro) en Bocas de Cobán.

Género	Abril Superficie Org/l (%)	Abril Fondo Org/l (%)	Junio Superficie Org/l (%)	Junio Fondo Org/l (%)	Noviemb. Superficie Org/l (%)	Noviemb. Fondo Org/l (%)	Enero Superficie Org/l (%)	Enero Fondo Org/l (%)
<b>Cianophyta</b>								
1. <i>Microcystis</i>	7300 (16.26)	17700 (23.44)	51400 (57.82)	46300 (64.04)	15700 (96.91)	NM	2400 (43.64)	2200 (35.48)
2. <i>Oscillatoria</i>	0 (0)	0 (0)	200 (0.22)	200 (0.28)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
3. <i>Anabaena</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	600 (0.83)	100 (0.62)	NM	0 (0)	0 (0)
4. <i>Merismopedia</i>	300 (0.67)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
5. <i>Lyngbya</i>	0 (0)	400 (0.53)	200 (0.22)	200 (0.28)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
6. <i>Spirulina</i>	0 (0)	0 (0)	400 (0.45)	0 (0)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
7. <i>Aphanizomenon</i>	700 (1.56)	0 (0)	400 (0.45)	200 (0.28)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
8. <i>Gleocystis</i>	3600 (8.02)	600 (0.79)	1800 (2.02)	900 (1.24)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
<b>Clorophyta</b>								
9. <i>Pediastrum</i>	300 (0.67)	200 (0.26)	1200 (1.35)	700 (0.97)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
10. <i>Selenastrum</i>	100 (0.22)	100 (0.13)	0 (0)	0 (0)	100 (0.14)	NM	100 (1.82)	0 (0)
11. <i>Staurastrum</i>	1500 (3.34)	700 (0.93)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
12. <i>Coelastrum</i>	400 (0.89)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	NM	0 (0)	300 (4.84)
13. <i>Closterium</i>	1100 (2.45)	300 (0.40)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
14. <i>Scenedesmus</i>	200 (0.45)	200 (0.26)	100 (0.11)	0 (0)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
15. <i>Chlorella</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (0.14)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)

<b>Bacillariophyta</b>	1300	4800	1800	4400	0	NM	100	500
<i>16. Fragilaria</i>	(2.90)	(6.36)	(2.02)	(6.09)	(0)		(1.82)	(8.06)
<i>17. Synedra</i>	12600	7800	6700	1900	100	NM	500	0
	(28.06)	(10.33)	(7.54)	(2.63)	(0.62)		(9.09)	(0)
<i>18. Navicula</i>	1300	9200	6500	3500	200	NM	1700	1800
	(2.90)	(12.19)	(7.31)	(4.84)	(1.23)		(30.91)	(29.03)
<i>19. Pinnularia</i>	100	1100	3300	1000	0	NM	200	200
	(0.22)	(1.46)	(3.71)	(1.38)	(0)		(3.64)	(3.23)
<i>20. Melosira</i>	700	2200	8900	4500	0	NM	100	0
	(1.56)	(2.91)	(10.01)	(6.22)	(0)		(1.82)	(0)
<i>21. Gyrosigma</i>	2200	18500	1400	1800	0	NM	400	1200
	(4.90)	(24.50)	(1.57)	(2.49)	(0)		(7.27)	(19.35)
<i>22. Nitzschia</i>	1500	6700	2600	2800	0	NM	0	0
	(3.34)	(8.87)	(2.92)	(3.87)	(0)		(0)	(0)
<i>23. Denticula</i>	0	0	200	200	0	NM	0	0
	(0)	(0)	(0.22)	(0.28)	(0)		(0)	(0)
<i>24. Stephanodiscus</i>	0	0	100	100	0	NM	0	0
	(0)	(0)	(0.11)	(0.14)	(0)		(0)	(0)
<i>25. Surirella</i>	0	0	100	1700	0	NM	0	0
	(0)	(0)	(0.11)	(2.35)	(0)		(0)	(0)
<i>26. Cymbella</i>	0	0	900	700	100	NM	0	0
	(0)	(0)	(1.01)	(0.97)	(0.62)		(0)	(0)
<i>27. Stauroneis</i>	0	0	400	300	0	NM	0	0
	(0)	(0)	(0.45)	(0.41)	(0)		(0)	(0)
<b>Chrysophyta</b>	0	0	200	0	0	NM	0	0
<i>28. Cromulina</i>	(0)	(0)	(0.22)	(0)	(0)		(0)	(0)
<b>29. Total Géneros</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>NM</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
<b>29. Total Individuos</b>	<b>44900</b>	<b>75500</b>	<b>88900</b>	<b>72300</b>	<b>16200</b>	<b>NM</b>	<b>5500</b>	<b>6200</b>

•NM: No medido.



Gráfica 13. Representación porcentual de los géneros de fitoplankton más abundantes en las muestras tomadas en la superficie en Bocas de Cobán.

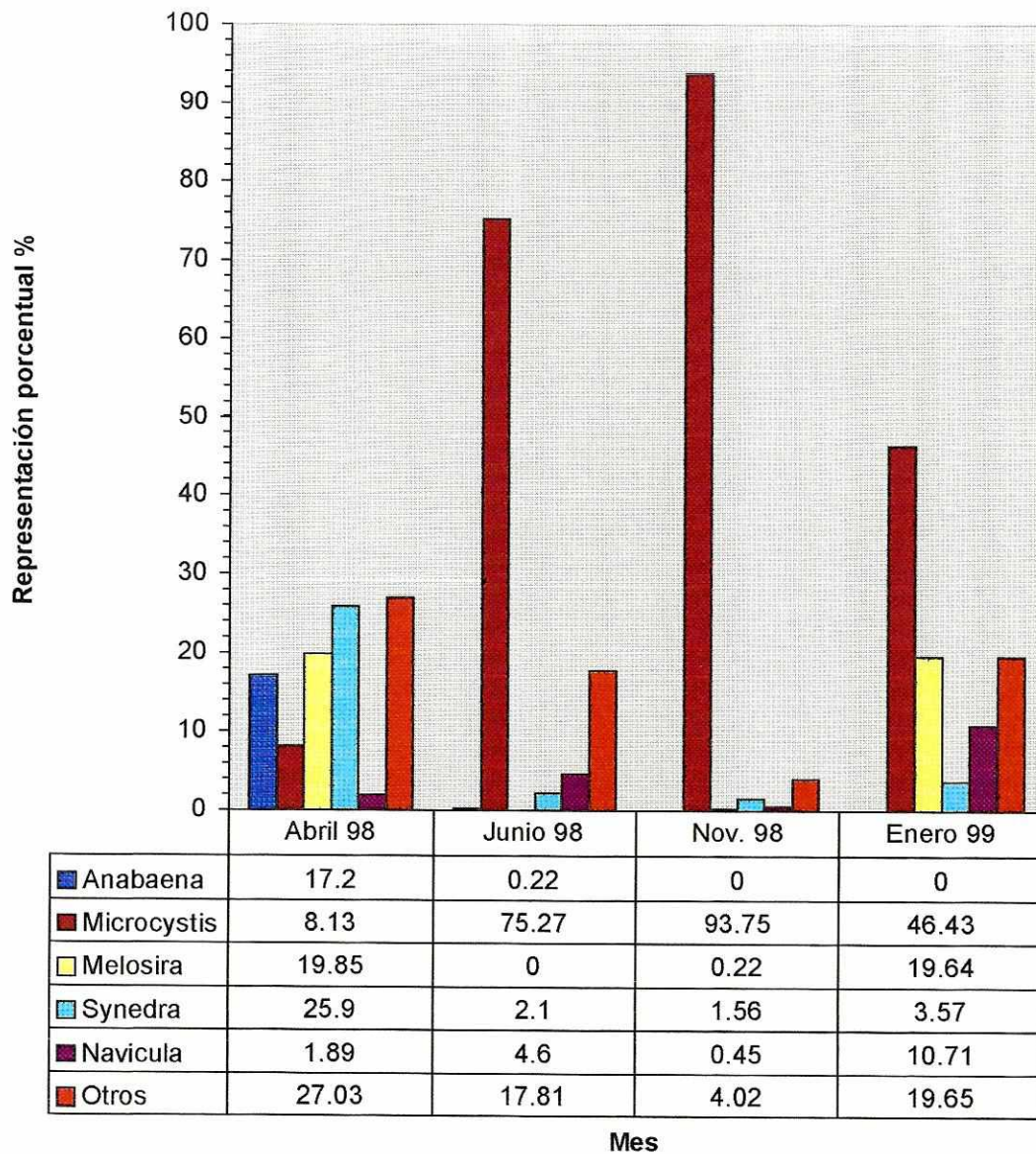
El Cuadro 14 presenta la densidad del fitoplankton en las muestras tomadas tanto en la superficie como en el fondo en el punto de muestreo identificado como Bocas de Bujajal. Se registró la mayor densidad y diversidad de géneros en los meses de abril (15) y junio (18), y se disminuyó significativamente en noviembre (6).

La gráfica 14 esquematiza las variaciones sucesionales y en densidad de los cinco géneros más abundantes durante los cuatro muestreos efectuados en Bocas de Bujajal: *Anabaena*, *Microcystis*, *Melosira*, *Synedra* y *Navicula*.

Cuadro 14. Densidad de fitoplankton (organismos/litro) en Bocas de Bujajal.

Género	Abril Superficie Org/l (%)	Abril Fondo Org/l (%)	Junio Superficie Org/ñ (%)	Junio Fondo Org/l (%)	Noviemb. Superficie Org/l (%)	Noviemb. Fondo Org/l (%)	Enero Superficie Org/l (%)	Enero Fondo Org/l (%)
<b>Cianophyta</b>								
1. <i>Microcystis</i>	4300 (8.13)	6900 (15.20)	34400 (75.27)	2700 (10.31)	31200 (94.26)	52500 (93.75)	2600 (46.43)	2333 (43.75)
2. <i>Oscillatoria</i>	300 (0.57)	0 (0)	200 (0.44)	300 (1.15)	100 (0.30)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
3. <i>Anabaena</i>	9100 (17.20)	0 (0)	100 (0.22)	100 (0.38)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
4. <i>Merismopedia</i>	300 (0.76)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
5. <i>Lyngbya</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.22)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
6. <i>Spirulina</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.22)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
7. <i>Aphanizomenon</i>	700 (1.32)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
8. <i>Gomphosphaeria</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	200 (0.76)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
9. <i>Gleocystis</i>	1100 (2.08)	100 (0.22)	100 (0.22)	0 (0)	1200 (3.63)	2125 (3.79)	0 (0)	83 (1.56)
<b>Clorophyta</b>								
10. <i>Pediastrum</i>	1000 (1.89)	100 (0.22)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	100 (1.79)	0 (0)
11. <i>Selenastrum</i>	1100 (2.08)	0 (0)	1700 (3.72)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
12. <i>Staurastrum</i>	800 (1.51)	100 (0.22)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
13. <i>Cyclotella</i>	0 (0)	200 (0.44)	0 (0)	100 (0.38)	100 (0.30)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
14. <i>Closterium</i>	2000 (3.78)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
15. <i>Scenedesmus</i>	200 (0.38)	100 (0.22)	200 (0.44)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

<i>16. Meridion</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.22)	100 (0.38)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>Bacillariophyta</b>	1300	4800	1700	3600	0	0	0	417
<i>17. Fragilaria</i>	(1.32)	(12.56)	(3.72)	(13.74)	(0)	(0)	(0)	(7.82)
<i>18. Synedra</i>	13700 (25.90)	800 (1.76)	1100 (2.41)	900 (3.44)	100 (0.30)	875 (1.56)	200 (3.57)	167 (3.13)
<i>19. Navicula</i>	1000 (1.89)	5700 (12.56)	2100 (4.60)	3200 (12.21)	0 (0)	250 (0.45)	600 (10.71)	1583 (29.68)
<i>20. Pinnularia</i>	100 (0.19)	0 (0)	400 (0.88)	1000 (3.82)	200 (0.60)	125 (0.22)	0 (0)	0 (0)
<i>21. Melosira</i>	10500 (19.85)	1500 (3.30)	0 (0)	900 (3.44)	200 (0.60)	125 (0.22)	1100 (19.64)	0 (0)
<i>22. Gyrosigma</i>	2200 (9.83)	18500 (30.84)	1400 (2.41)	1800 (12.98)	0 (0)	0 (0)	800 (14.29)	750 (14.06)
<i>23. Nitzschia</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	200 (3.57)	0 (0)
<i>24. Denticula</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	500 (1.91)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>26. Surirella</i>	0 (0)	0 (0)	100 (0.22)	500 (1.91)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>27. Cymbella</i>	0 (0)	0 (0)	500 (0)	2500 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>28. Stauroneis</i>	0 (0)	0 (0)	200 (0.44)	2500 (9.54)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>29. Total Géneros</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
<b>30. Total Individuos</b>	<b>52900</b>	<b>45400</b>	<b>45700</b>	<b>26200</b>	<b>33100</b>	<b>56000</b>	<b>5600</b>	<b>5333</b>



Gráfica 14. Representación porcentual de géneros más abundantes de fitoplankton en Bocas de Bujajal.

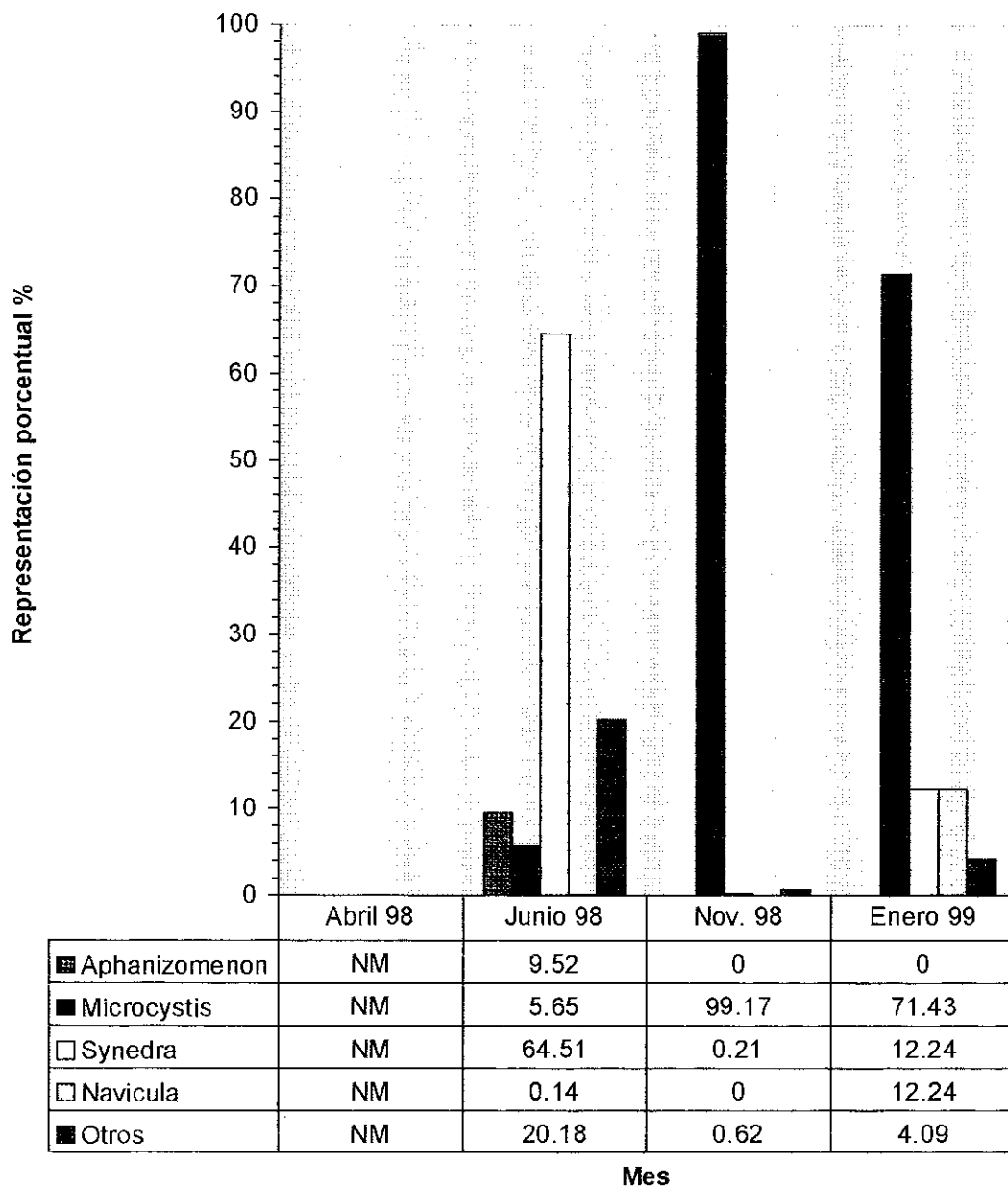
El Cuadro 15 presenta la densidad del fitoplankton en las muestras tomadas tanto en la superficie como en el fondo en Río Oscuro. La gráfica 15 muestra las variaciones en densidad y los géneros más abundantes en los tres muestreos efectuados: *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Synedra* y *Navicula*.

Cuadro 15. Densidad de fitoplankton (organismos/litro) en Río Oscuro.

Género	Abril Superficie Org/l (%)	Abril Fondo Org/l (%)	Junio Superficie Org/l (%)	Junio Fondo Org/l (%)	Noviemb. Superficie Org/l (%)	Noviemb. Fondo Org/l (%)	Enero Superficie Org/l (%)	Enero Fondo Org/l (%)
<b>Cianophyta</b>	NM	NM	27300	555000	59625	NM	3500	3500
1. <i>Microcystis</i>			(5.65)	(16.14)	(99.17)		(71.43)	(43.21)
2. <i>Oscillatoria</i>	NM	NM	2700	100	0	NM	0	0
			(0.56)	(0.03)	(0)		(0)	(0)
3. <i>Anabaena</i>	NM	NM	33200	24600	0	NM	0	300
			(6.87)	(7.16)	(0)		(0)	(3.70)
4. <i>Merismopedia</i>	NM	NM	10100	4400	0	NM	0	0
			(2.09)	(1.28)	(0)		(0)	(0)
5. <i>Lyngbya</i>	NM	NM	0	100	0	NM	0	0
			(0)	(0.03)	(0)		(0)	(0)
6. <i>Aphanizomenon</i>	NM	NM	46000	35500	0	NM	0	0
			(9.52)	(10.33)	(0)		(0)	(0)
7. <i>Gomphosphaeria</i>	NM	NM	19100	18700	0	NM	0	0
			(3.95)	(5.44)	(0)		(0)	(0)
8. <i>Gleocystis</i>	NM	NM	4000	5900	0	NM	0	0
			(0.83)	(1.72)	(0)		(0)	(0)
<b>Clorophyta</b>	NM	NM	4000	900	0	NM	0	0
9. <i>Pediastrum</i>			(0.83)	(0.26)	(0)		(0)	(0)
10. <i>Selenastrum</i>	NM	NM	4300	1900	0	NM	0	0
			(0.89)	(0.55)	(0)		(0)	(0)
11. <i>Staurastrum</i>	NM	NM	3700	700	0	NM	0	0
			(0.77)	(0.20)	(0)		(0)	(0)
12. <i>Cyclotella</i>	NM	NM	300	300	0	NM	0	0
			(0.06)	(0.09)	(0)		(0)	(0)
13. <i>Coelastrum</i>	NM	NM	1300	400	0	NM	0	0
			(0.27)	(0.12)	(0)		(0)	(0)
14. <i>Closterium</i>	NM	NM	0	100	0	NM	0	0
			(0)	(0.03)	(0)		(0)	(0)
15. <i>Scenedesmus</i>	NM	NM	700	200	0	NM	0	0
			(0.14)	(0.06)	(0)		(0)	(0)
16. <i>Chodatella</i>	NM	NM	100	300	0	NM	0	0
			(0.02)	(0.09)	(0)		(0)	(0)
17. <i>Sorastrum</i>	NM	NM	0	200	0	NM	0	0
			(0)	(0.06)	(0)		(0)	(0)
18. <i>Oocystis</i>	NM	NM	900	600	0	NM	0	0
			(0.19)	(0.17)	(0)		(0)	(0)
19. <i>Golenkinia</i>	NM	NM	400	0	0	NM	0	0
			(0.08)	(0)	(0)		(0)	(0)
<b>Bacillariophyta</b>	NM	NM	100	0	125	NM	0	400
20. <i>Fragilaria</i>			(0.02)	(0)	(0.21)		(0)	(4.94)

21. <i>Synedra</i>	NM	NM	311800 (64.51)	182100 (52.97)	125 (0.21)	NM	600 (12.24)	1100 (13.58)
22. <i>Navicula</i>	NM	NM	700 (0.14)	800 (0.23)	0 (0)	NM	600 (12.24)	1200 (13.58)
23. <i>Pinnularia</i>	NM	NM	100 (0.02)	800 (0.23)	250 (0.42)	NM	0 (0)	300 (3.70)
24. <i>Asterionella</i>	NM	NM	100 (0.02)	200 (0.06)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
25. <i>Melosira</i>	NM	NM	12100 (2.50)	9300 (2.71)	0 (0)	NM	0 (0)	800 (9.88)
26. <i>Gyrosigma</i>	NM	NM	0 (0)	0 (0)	0 (0)	NM	0 (0)	500 (6.17)
27. <i>Nitzschia</i>	NM	NM	0 (0)	0 (0)	0 (0)	NM	200 (4.08)	0 (0)
28. <i>Denticula</i>	NM	NM	100 (0.02)	100 (0.03)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
29. <i>Cymbella</i>	NM	NM	100 (0.02)	0 (0)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
30. <i>Stauroneis</i>	NM	NM	100 (0.02)	100 (0.03)	0 (0)	NM	0 (0)	0 (0)
<b>31. Total Géneros</b>	<b>NM</b>	<b>NM</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>NM</b>	<b>11</b>	<b>8</b>
<b>32. Total Individuos</b>	<b>NM</b>	<b>NM</b>	<b>483300</b>	<b>343800</b>	<b>60125</b>	<b>NM</b>	<b>4900</b>	<b>8100</b>

•NM: No medido.



•NM: No medido.

Gráfica 15. Representación porcentual de los géneros más abundantes de fitoplankton en Río Oscuro.

- En el mes de abril no se reportan datos, ya que no se obtuvo la muestra para el análisis.

El Cuadro 16 muestra las densidades de fitoplankton en las muestras tomadas tanto en la superficie (Gráfica No. 1 Cantidad Total de Fitoplankton en las Muestras Superficiales de cada uno de los Puntos de Muestreo) como en el fondo en cada uno de los muestreos programados. Los puntos con mayor densidad fueron: en abril, Punta Chapín; en junio Punta Chapín y Río Oscuro; en noviembre, Bocas de Bujajal y Río Oscuro y en enero, El Estor, Centro de Lago y Punta Chapín.

Cuadro 16. Densidad de fitoplankton (organismos/litro) en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal en las épocas programadas.

Puntos de muestreo	Abril 1998	Junio 1998	Noviembre 1998	Enero 1999
Centro del Lago (S)	39700	57000	8800	23400
Centro del Lago (F)	138500	17700	56400	46300
Punta Chapín (S)	201300	428100	13650	20100
Punta Chapín (F)	125400	367600	35020	82100
El Estor (S)	36700	68700	13700	37150
El Estor (F)	107250	35100	33300	49300
Bocas de Cobán (S)	44900	400	16200	5500
Bocas de Cobán (F)	75500	200	ND	6200
Bocas de Bujajal (S)	52900	45700	33100	5600
Bocas de Bujajal (F)	45400	26200	56000	5333
Río Oscuro (S)	NM	483300	60125	4900
Río Oscuro (F)	NM	343800	NM	8100

S: Superficie

F: Fondo

NM: No medido





Los cuadros 19-20 presentan los índices de riqueza según Margalef y Menhinick respectivamente. Se observa un incremento de los índices de riqueza con el inicio de la época lluviosa (junio) y disminuyeron en todos los puntos de muestreo más de un 30%, luego de la Tormenta Tropical Mitch. Las gráficas 16 y 17 esquematizan la variación en los índices de riqueza según Margalef. Los mayores índices se obtuvieron en el mes de junio en todos los puntos de muestreo. Los índices más bajos se presentaron luego de la Tormenta Tropical Mitch, en las muestras obtenidas en el mes de noviembre en todos los puntos de muestreo, exceptuando: El Estor. Para el cálculo del índice de Margalef se utiliza la siguiente fórmula:

$R = S - 1 / \ln(N)$ ; en donde S: es el número de especie y N: el número total de organismos (Ludwig y Reynolds, 1988).

Cuadro 19. Índices de riqueza según Margalef de fitoplankton en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal.

Puntos de muestreo	Abril 1998	Junio 1998	Noviembre 1998	Enero 1999
Centro del Lago (S)	1.04	2.10	0.66	1.39
Centro del Lago (F)	0.93	1.23	0.64	1.02
Punta Chapín (S)	1.15	1.62	0.74	1.16
Punta Chapín (F)	1.19	1.80	0.57	1.06
El Estor (S)	1.14	2.06	1.05	0.95
El Estor (F)	1.55	2.39	0.86	1.39
Bocas de Cobán (S)	1.68	1.84	0.41	0.81
Bocas de Cobán (F)	1.34	1.88	NM	0.57
Bocas de Bujajal (S)	1.56	1.58	0.58	0.70
Bocas de Bujajal(F)	1.03	1.67	0.46	0.58
Río Oscuro (S)	NM	1.83	0.27	0.35
Río Oscuro (F)	NM	1.88	NM	0.78

- NM: No medido.
- S= Superficie
- F= Fondo

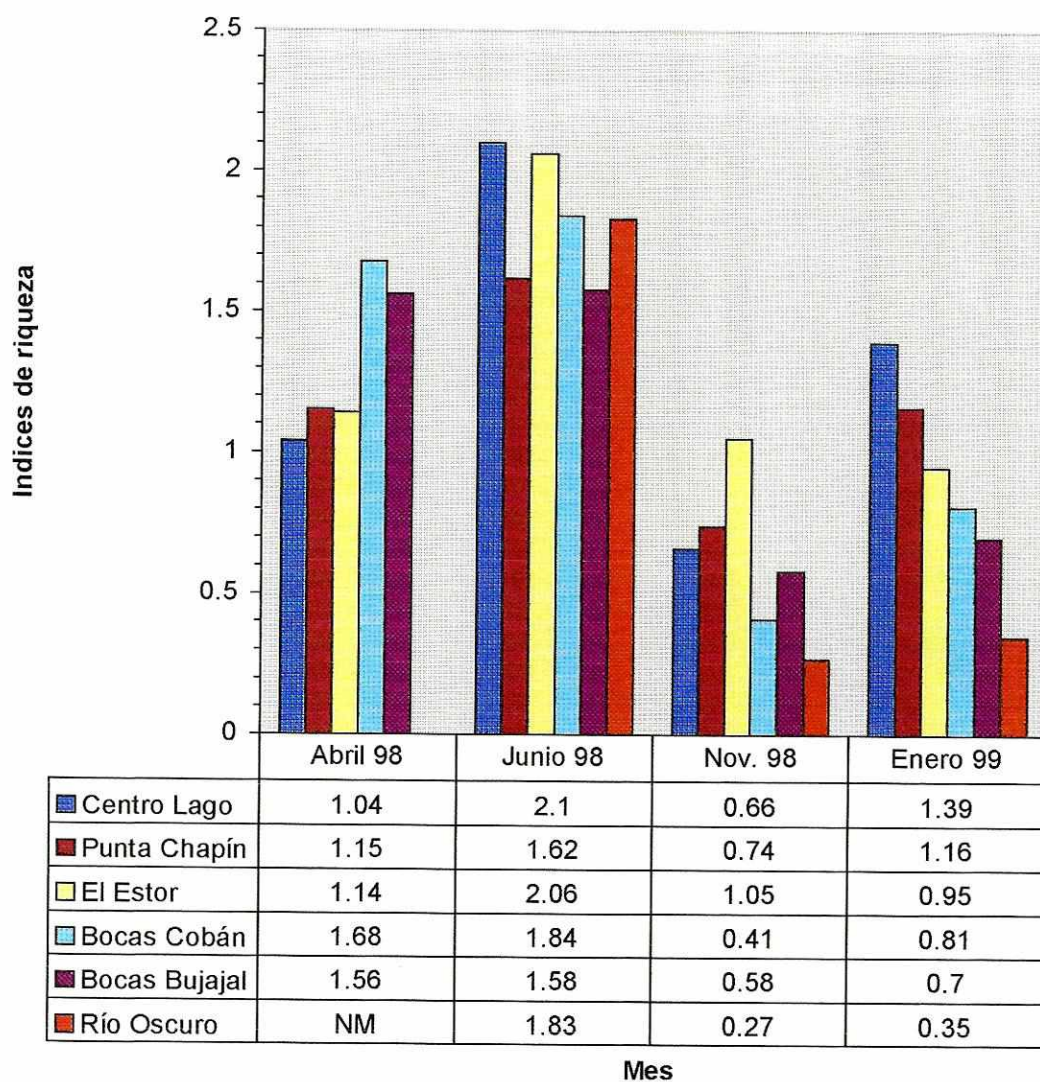
Los índices de riqueza según Menhinick (Cuadro 20) aumentaron en casi todos los puntos de muestreo con el inicio de la época lluviosa (junio), estos índices disminuyeron en noviembre (Tormenta Tropical Mitch) en Centro del Lago, Bocas de Cobán, Bocas de Bujajal y Río Oscuro; se incrementaron nuevamente en enero (época seca). Para el cálculo del índice de riqueza de Menhinick se utiliza la siguiente fórmula:

$R = S / \text{raíz cuadrada del número total de organismos}$ ; en donde S: es el número de especies (Ludwig y Reynolds, 1988).

Cuadro 20. Índices de riqueza según Menhinick de fitoplankton en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal.

Puntos de muestreo	Abril 1998	Junio 1998	Noviembre 1998	Enero 1999
Centro del Lago (S)	0.0602	0.1005	0.0746	0.0980
Centro del Lago (F)	0.0322	0.0977	0.0337	0.0558
Punta Chapín (S)	0.0334	0.0336	0.0685	0.0752
Punta Chapín (F)	0.0424	0.0396	0.0374	0.0454
El Estor (S)	0.0679	0.0916	0.0940	0.0571
El Estor (F)	0.0580	0.1388	0.0548	0.0721
Bocas 1 (S)	0.0897	0.0738	0.0393	0.1079
Bocas 1 (F)	0.0582	0.0818	NM	0.0762
Bocas 2 (S)	0.0783	0.0842	0.0385	0.0935
Bocas 2 (F)	0.0563	0.1112	0.0254	0.0822
Río Oscuro (S)	NM	0.0360	0.0163	0.0571
Río Oscuro (F)	NM	0.0426	NM	0.0889

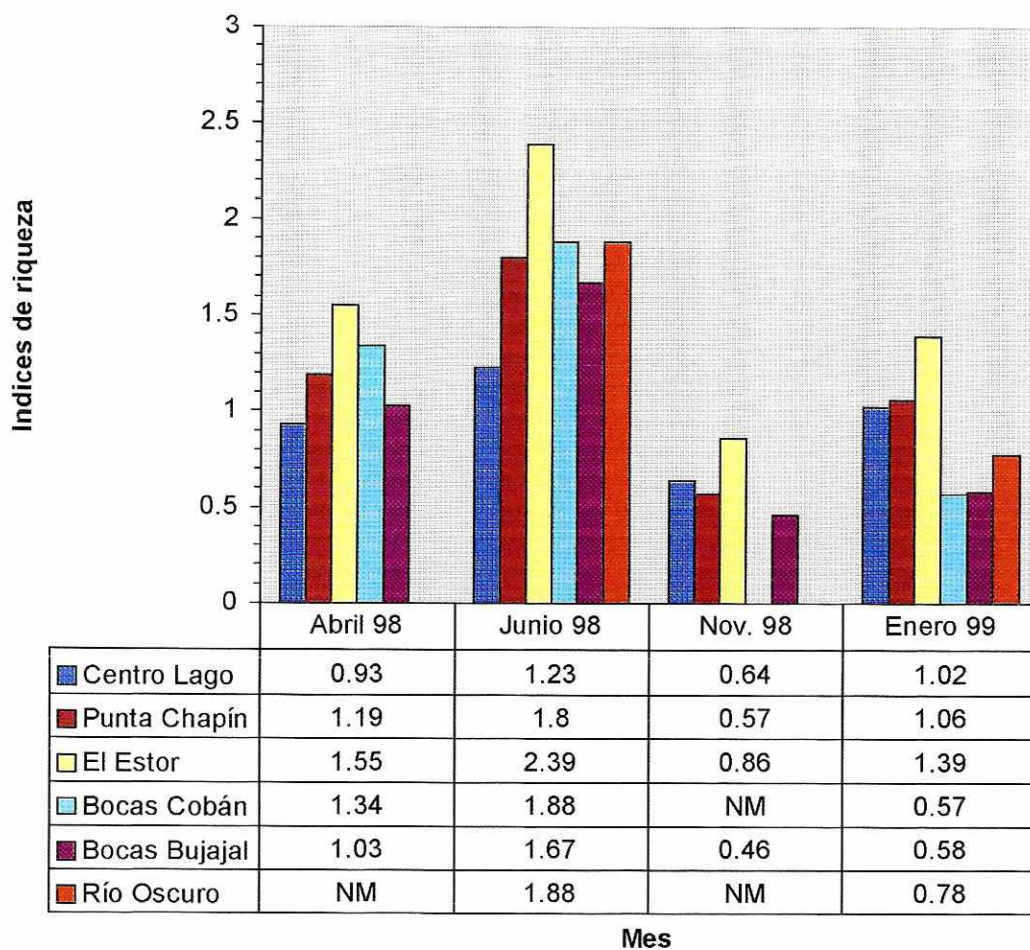
- NM: No medido.
- S = Superficie
- F= Fondo



• NM: No medido

Gráfica 16. Índices de riqueza de fitoplankton según Margalef en las muestras tomadas a un metro de la superficie en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal.

\*En el mes de abril no se tomó muestra en el punto de muestreo identificado como Río Oscuro



• NM: No medido.

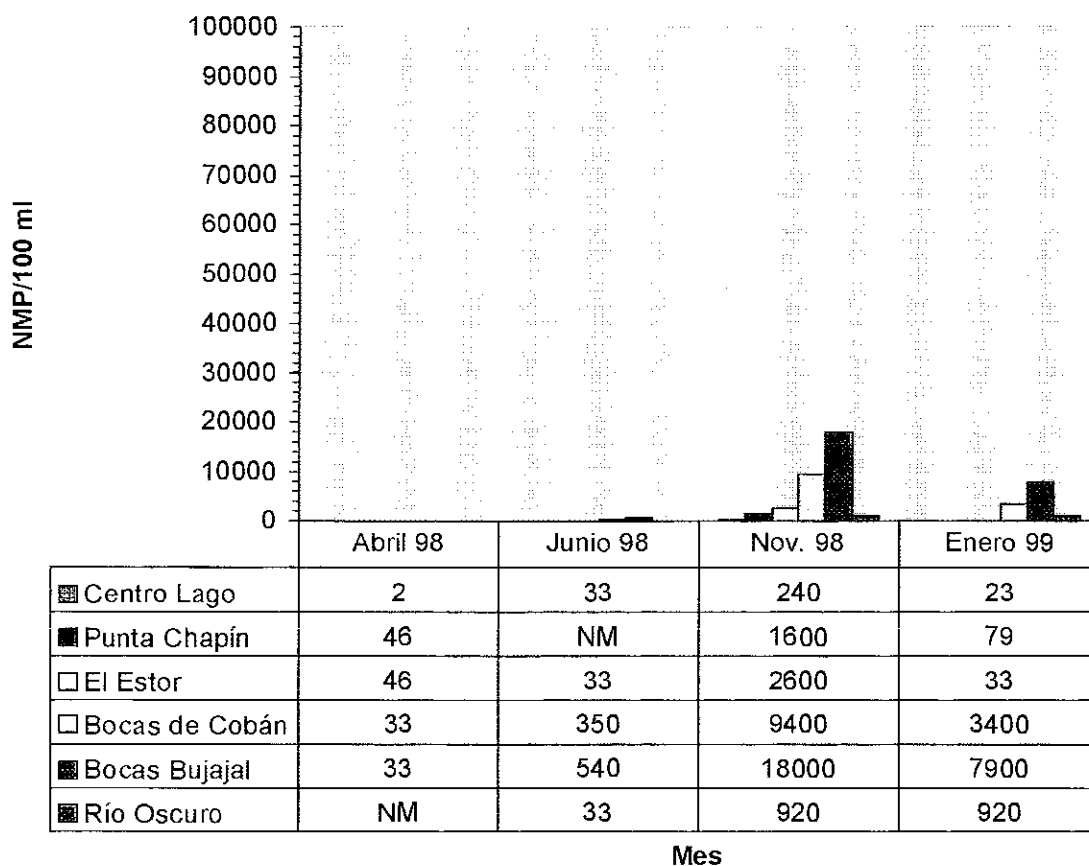
Gráfica 17. Índices de riqueza de fitoplankton según Margalef en las muestras tomadas a un metro del fondo en el lago de Izabal.

\*En abril no se tomó muestra en el punto identificado como Río Oscuro.

\*\*En noviembre no se tomaron muestras en los puntos identificados como Bocas de Cobán o Río Oscuro, por el exceso de sedimento acumulado luego de la Tormenta Tropical Mitch.

## B. Coliformes totales

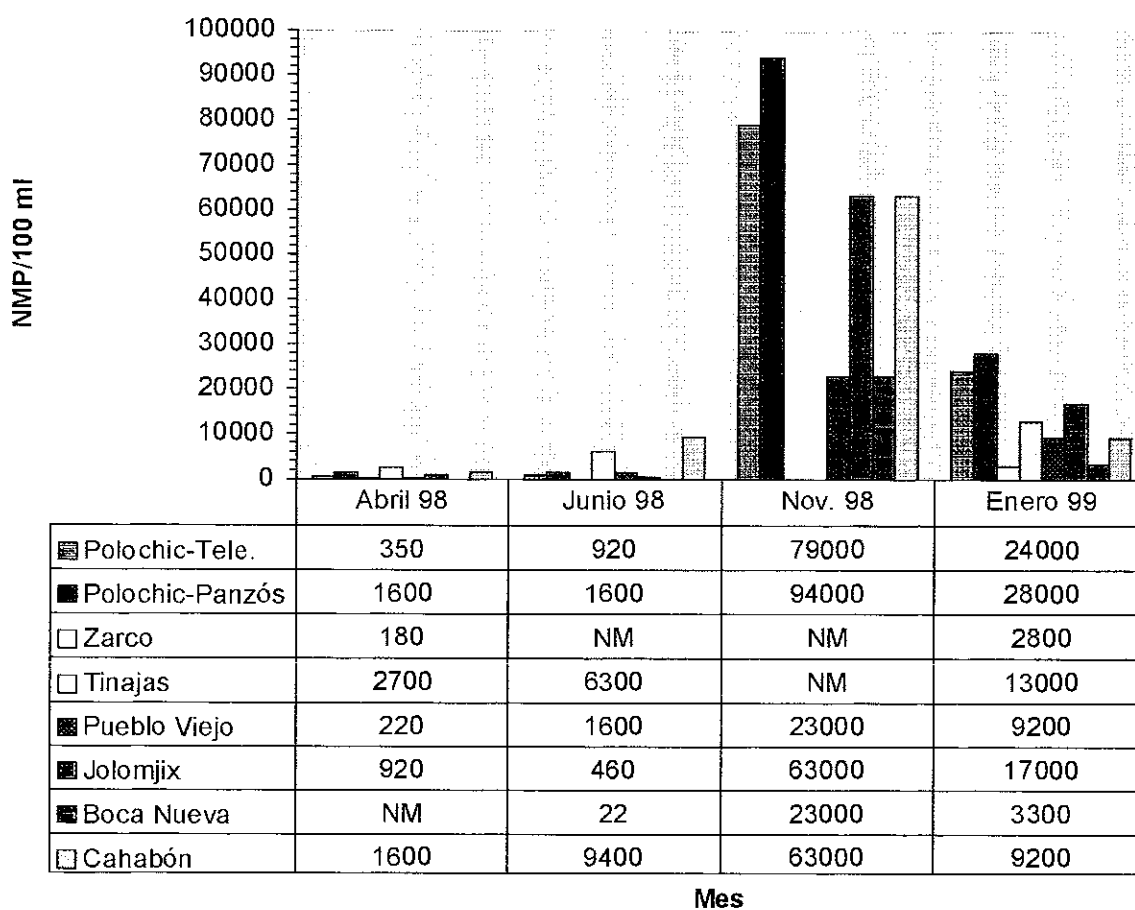
En la gráfica 18 se presentan los resultados de coliformes totales en el lago de Izabal (Anexo 5 Datos crudos coliformes totales y fécales). Se observa un incremento en la contaminación del lago por dichos microorganismos, con el inicio de la época lluviosa (junio),. Luego de la Tormenta Tropical Mitch se incrementó significativamente la contaminación, disminuyendo en el mes de enero (época seca). Los puntos que registraron la mayor contaminación fueron: Bocas de Cobán y Bocas de Bujajal.



• NM: No medido.

Gráfica 18. Coliformes totales en el lago de Izabal.

La gráfica 19 muestra la contaminación por coliformes totales en ocho puntos ubicados en la cuenca del río Polochic. Registrándose un incremento significativo en la contaminación, luego de la Tormenta Tropical Mitch en el mes de noviembre; principalmente en: río Polochic en Telemán y Panzós, río Cahabón. Por los efectos de dicho fenómeno atmosférico en la cuenca, no fue posible tomar muestras en el río Zarco y en el río Tinajas. La contaminación disminuyó significativamente en el mes de enero (época seca).

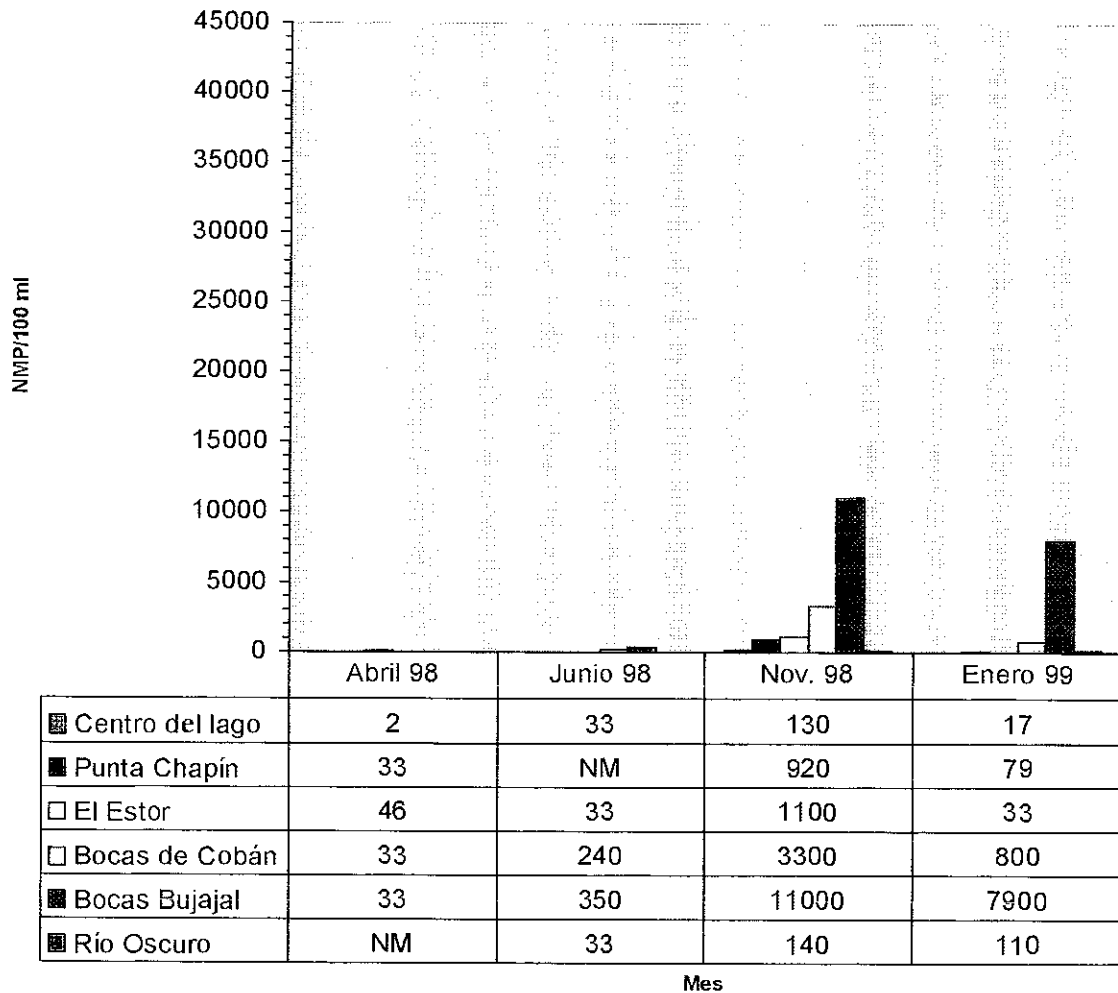


• NM: No medido.

Gráfica 19. Coliformes totales en ocho ríos ubicados en la cuenca del río Polochic.

### C. Coliformes fecales

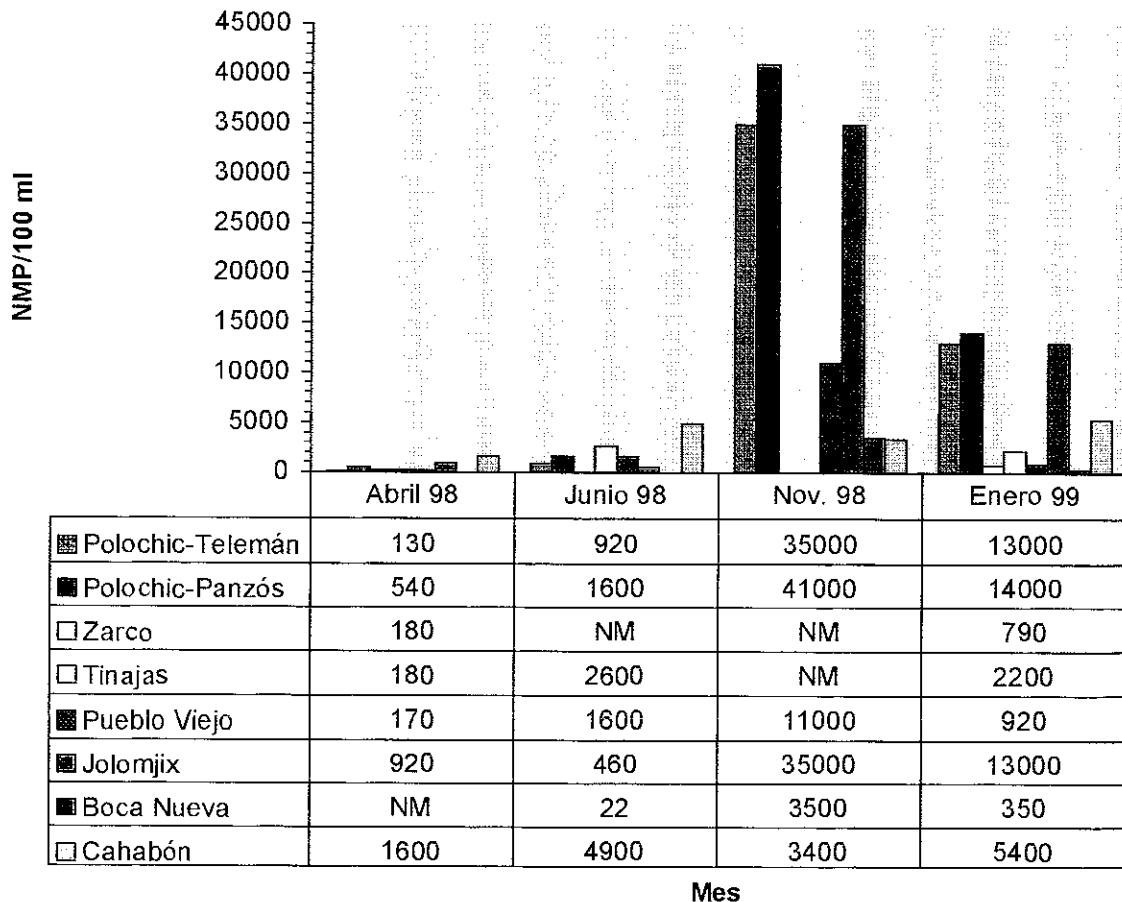
La gráfica 20 presenta los datos de coliformes fecales en el lago de Izabal (Anexo 5. Datos crudos de coliformes fecales). Se incrementó la contaminación con el inicio de la época lluviosa (junio). Sin embargo, la contaminación por estos microorganismos aumentó significativamente en noviembre y disminuyó en enero. Los puntos que registraron mayor contaminación fueron: Bocas de Bujajal y Bocas de Cobán.



• NM: No medido.

Gráfica 20. Cuantificación de coliformes fecales en los seis puntos de muestreo en la región occidental del lago de Izabal.

La gráfica 21 muestra la contaminación por coliformes fecales en los ocho puntos muestreados en la cuenca del Polochic. El patrón de contaminación es similar al observado con los coliformes totales. Se registraron los mayores niveles de estos microorganismos indicadores, en el río Polochic en Telemán y Panzós y en el río Jolomjix. Esta contaminación de origen fecal fue aún mayor en el mes de noviembre, después de la Tormenta Tropical Mitch.



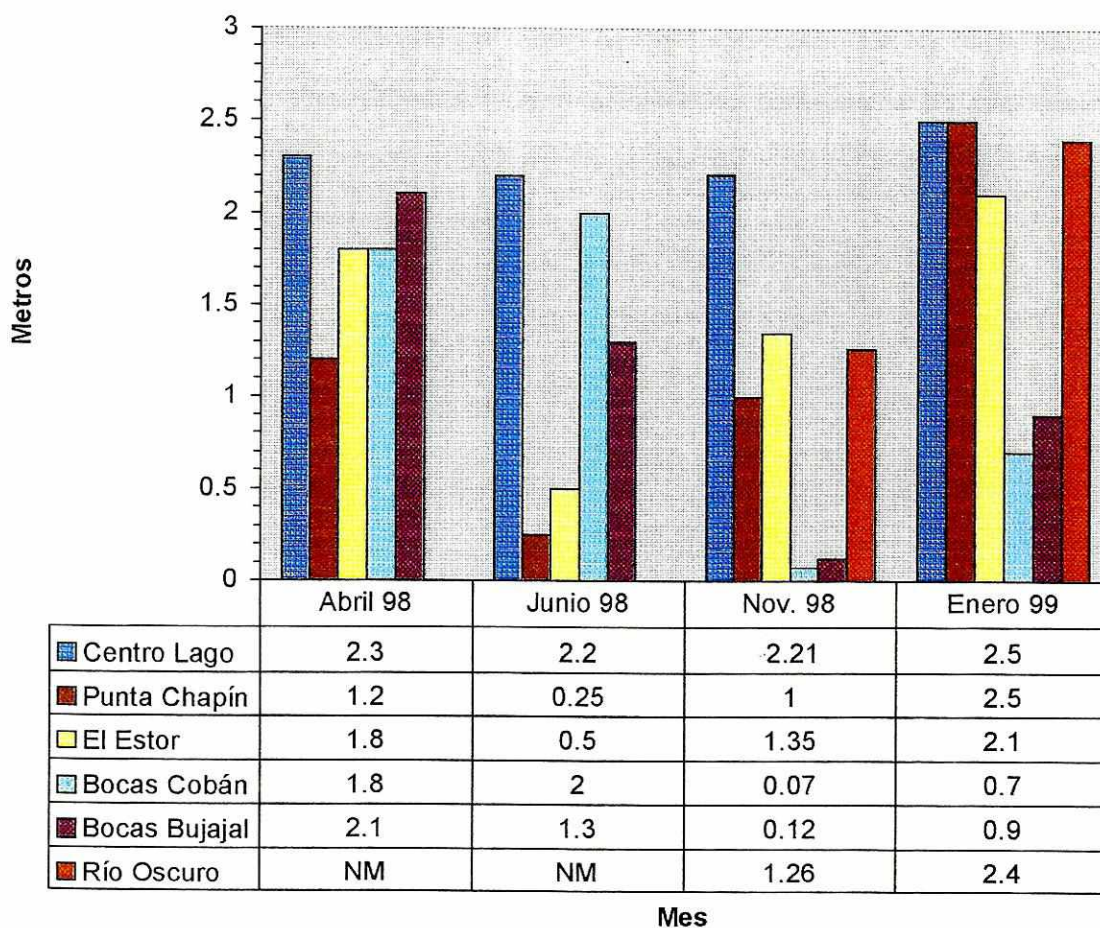
• NM: No medido.

Gráfica 21. Cuantificación de coliformes fecales en ocho ríos ubicados en la cuenca del Río Polochic.

#### D. Algunos datos físicoquímicos requeridos para la interpretación de resultados

A continuación se presentan algunos datos que fueron obtenidos durante los muestreos y se utilizaron para el análisis de resultados.

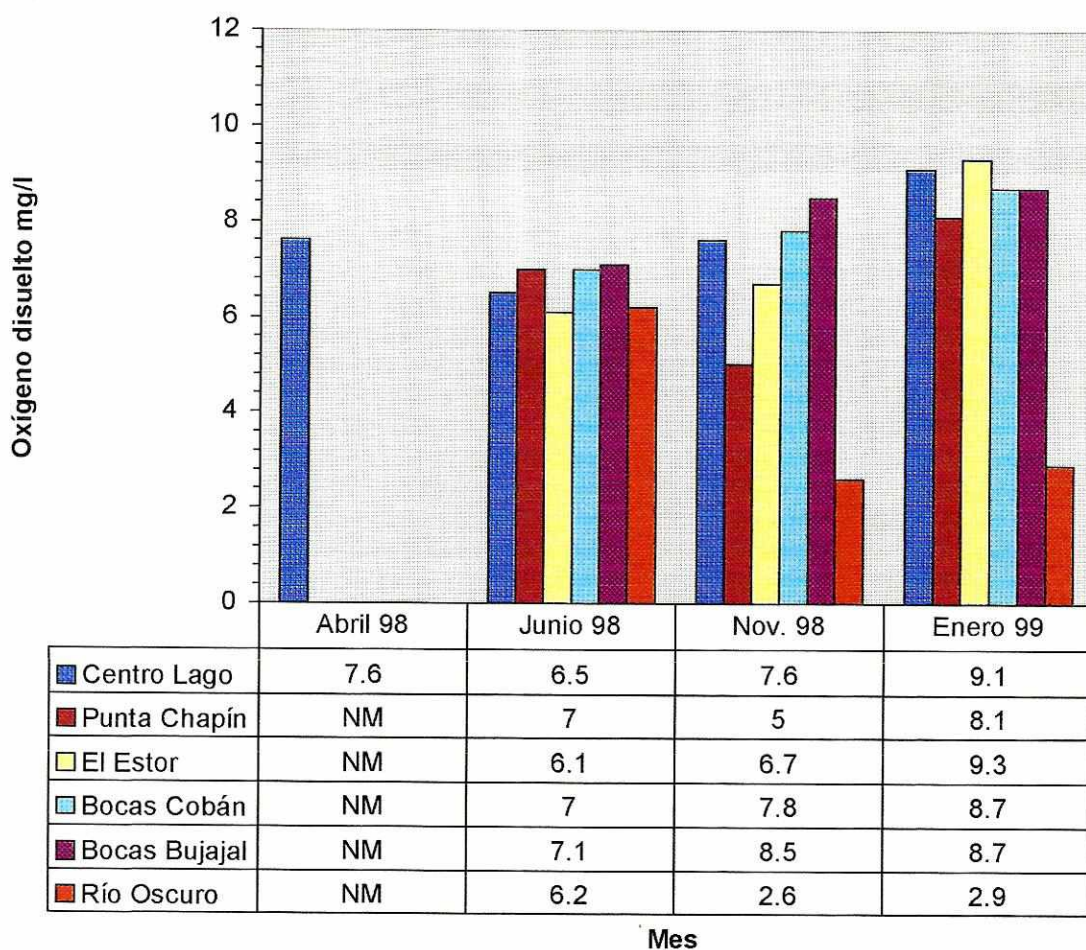
La gráfica 22 muestra que las mayores visibilidades se presentaron en época seca (abril y enero) y disminuyó en algunos de los puntos con el inicio de la época lluviosa (junio) y luego de la Tormenta Tropical Mitch (noviembre). En los puntos de muestreo ubicados en Bocas de Cobán y Bocas de Bujajal, se observa una variación no constante en los resultados obtenidos; ya que con el inicio de la época lluviosa se incrementó la visibilidad.



• NM: No medido.

Gráfica 22. Datos de visibilidad en los puntos de muestreo ubicados en el lago de Izabal.

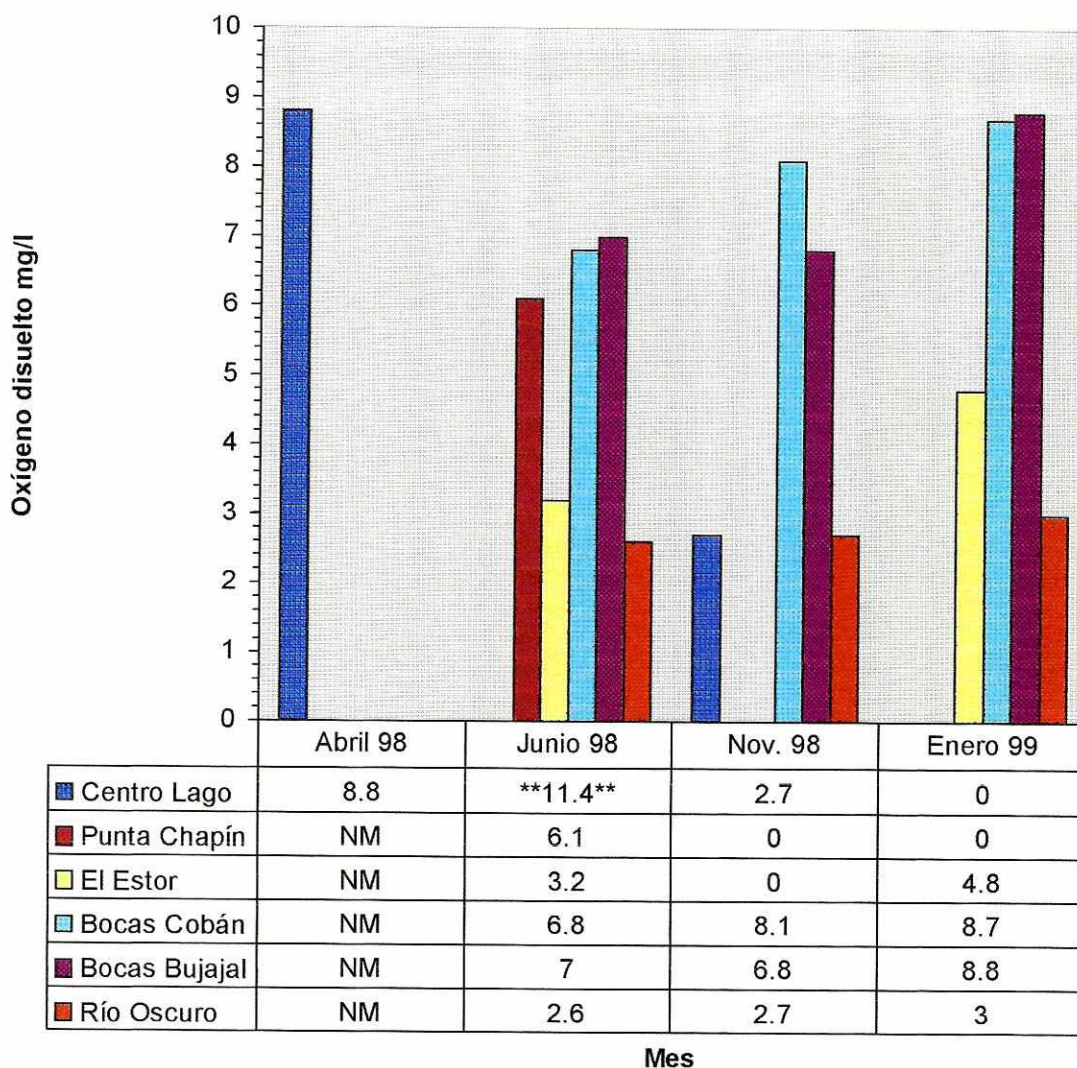
La gráfica 23 muestra las variaciones en el oxígeno disuelto en las muestras tomadas a un metro de la superficie en los puntos de muestreo ubicados en el lago de Izabal (Anexo 6. Datos crudos perfiles de oxígeno y conductividad). La cantidad de oxígeno disuelto disminuyó en algunos puntos de muestreo en el mes de noviembre (Punta Chapín y Río Oscuro). Las concentraciones mayores se encontraron en enero en prácticamente todos los puntos de muestreo. Se registraron los valores más altos en el Centro del Lago y El Estor.



• NM: No medido.

Gráfica 23. Datos de oxígeno disuelto en la superficie de los puntos de muestreo ubicados en el lago.

La gráfica 24 presenta los datos de oxígeno disuelto a un metro del fondo del lago. En el mes de abril únicamente se tomó el dato en el centro del Lago. En enero se obtuvieron los datos más altos de oxígeno disuelto en casi todos los puntos de muestreo. Los valores más bajos se registraron en el mes de noviembre, luego de la Tormenta Tropical Mitch, principalmente en Punta Chapín y El Estor.

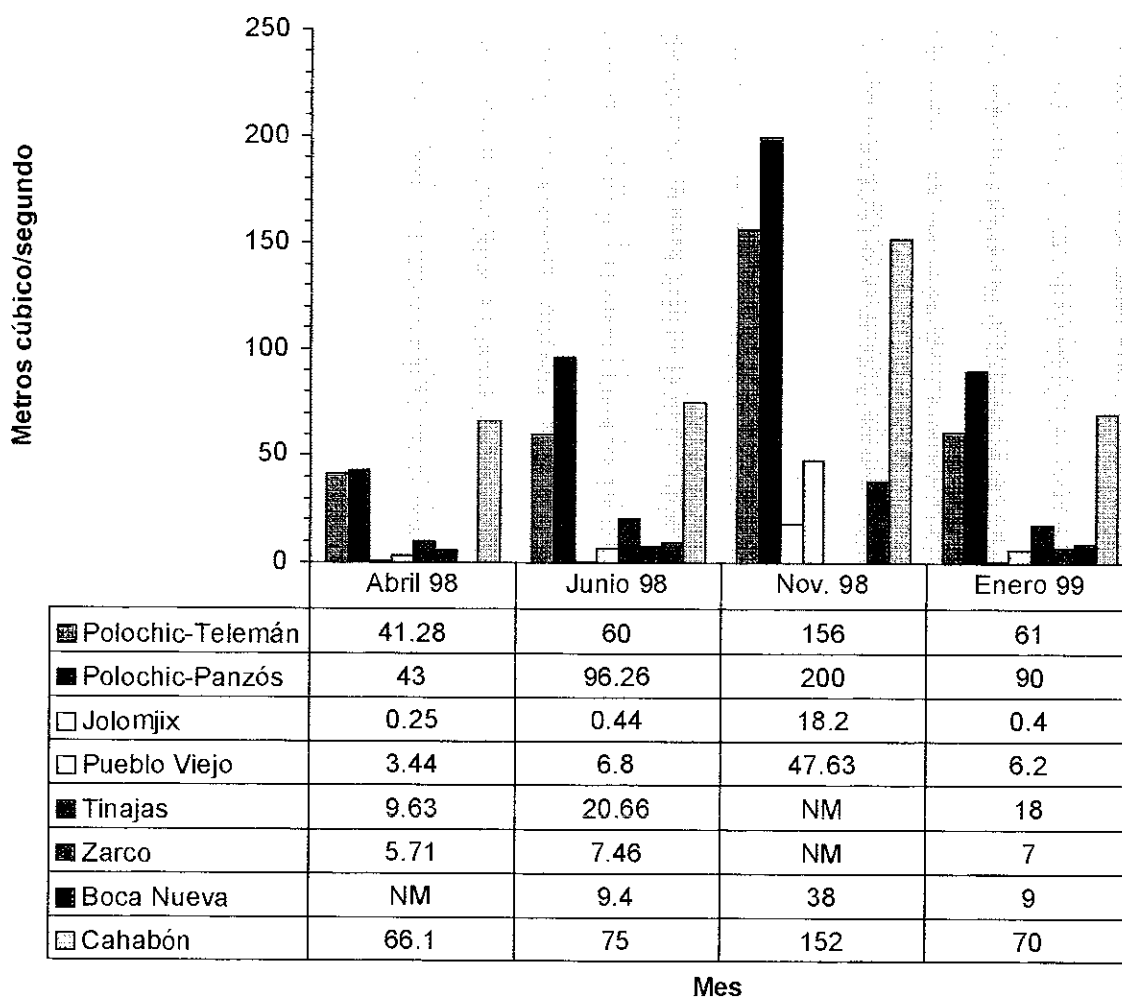


• NM: No medido.

\*\* Posible error en la medición con equipo electrónico.

Gráfica 24. Datos de oxígeno disuelto a un metro del fondo en los puntos de muestreo en el lago.

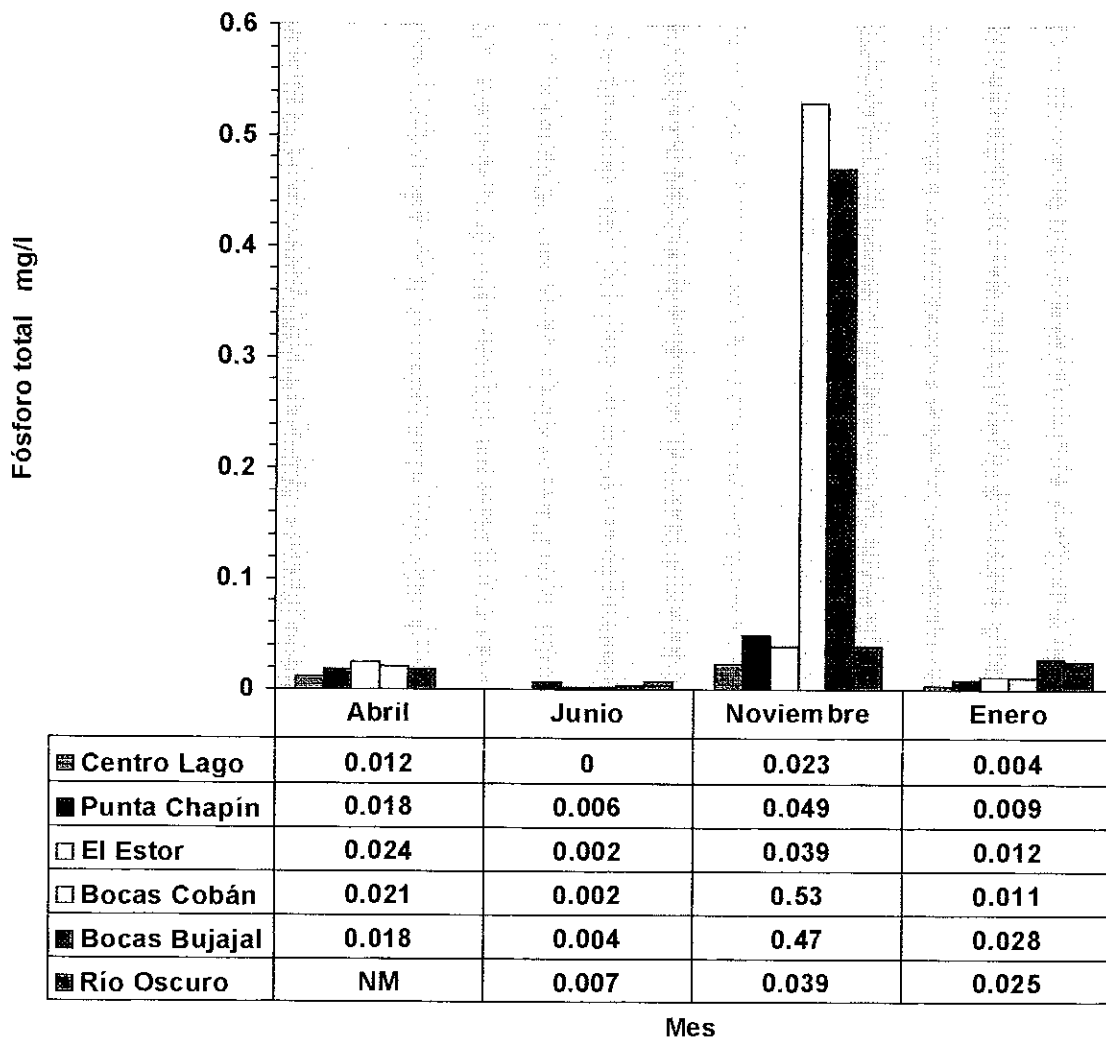
La gráfica 25 muestra los datos de los caudales promedio de los ocho puntos muestreados y ubicados en la cuenca del río Polochic (Anexo 7. Datos crudos sobre caudales). Durante todos los muestreos, los mayores caudales se encontraron en los ríos: Polochic en Panzós, Polochic en Telemán y Cahabón. Los caudales de todos los ríos considerados en el estudio aumentaron después de la Tormenta Tropical Mitch (noviembre).



• NM: No medido.

Gráfica 25. Datos de caudales promedio de los ríos muestreados en la cuenca del Río Polochic.

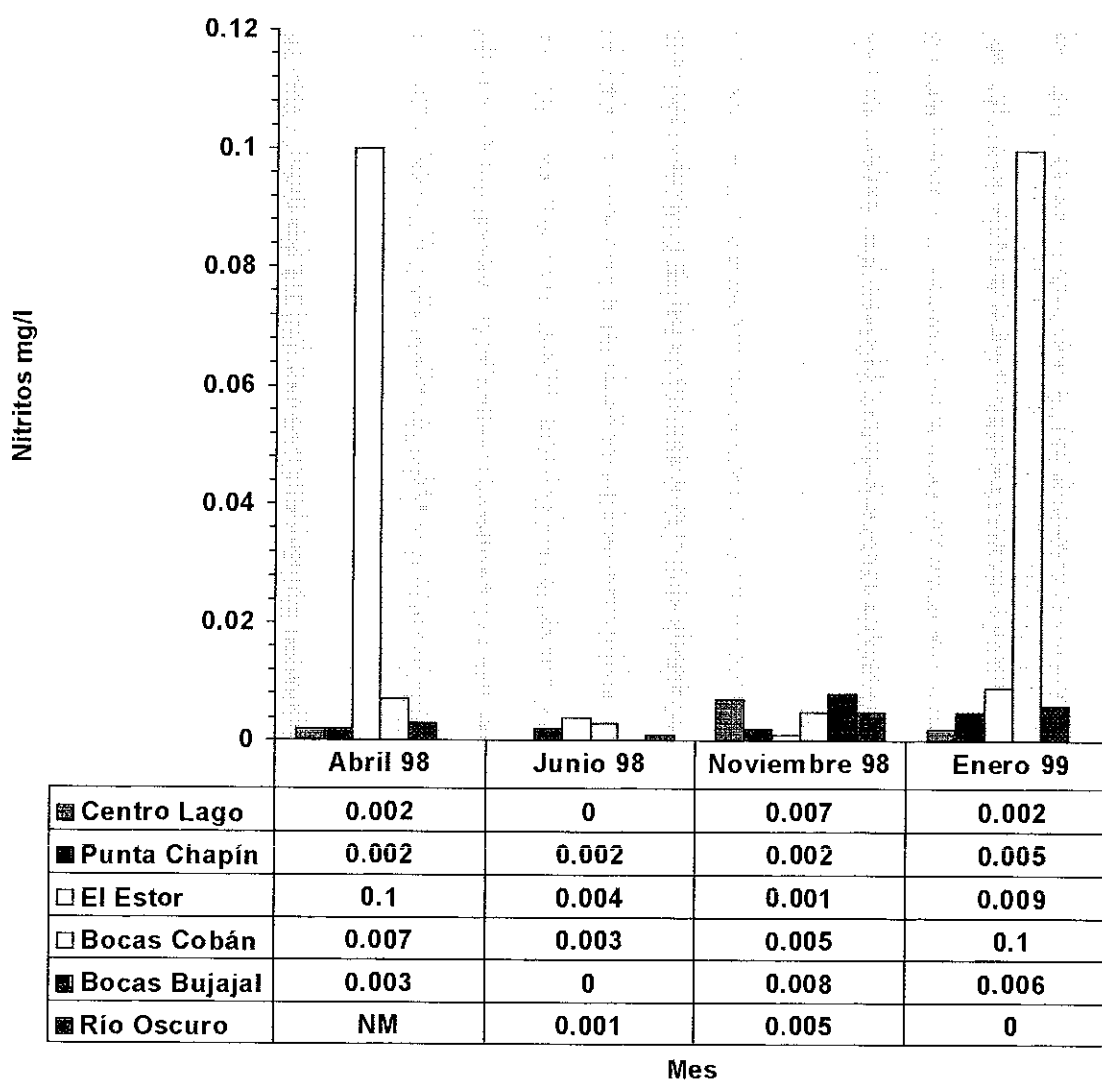
La gráfica 26 muestra que los niveles más altos de fósforo total en los puntos de muestreo ubicados en el lago de Izabal se presentaron en el mes de noviembre, principalmente en Bocas de Cobán (0.53 mg/l de fósforo total) y Bocas de Bujajal (0.47 mg/l de fósforo total). En los muestreos efectuados en abril, noviembre y enero, los niveles fueron inferiores a 0.05 mg/l de fósforo total (Anexo 8. Datos crudos compuestos fosforados).



• NM: No medido.

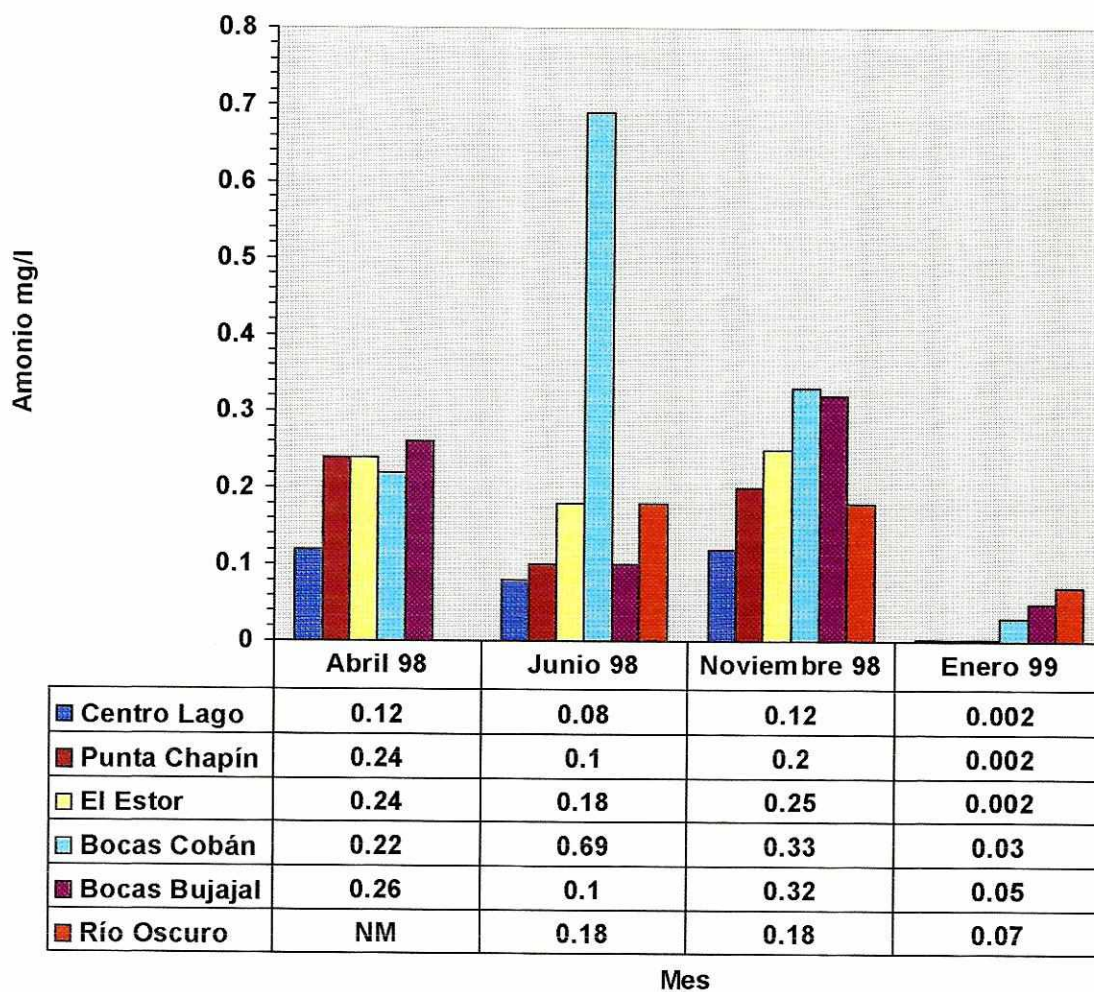
Gráfica 26. Fósforo total en los seis puntos de muestreo en el lago de Izabal.

Las gráficas 27-30 muestran los datos de nitrógeno (N) obtenidos a partir de nitritos ( $\text{NO}_2$ , gráfica 27), amonio ( $\text{NH}_4$ , gráfica 28) y nitratos ( $\text{NO}_3$ , gráfica 29), y el nitrógeno total. Se pueden observar niveles particularmente elevados de nitrógeno a partir de amonio (Gráfica 28) y nitrato (Gráfica 29), en noviembre. Se recuperan los valores de éstos en el mes de enero (Anexo 9. Datos crudos compuestos nitrogenados).



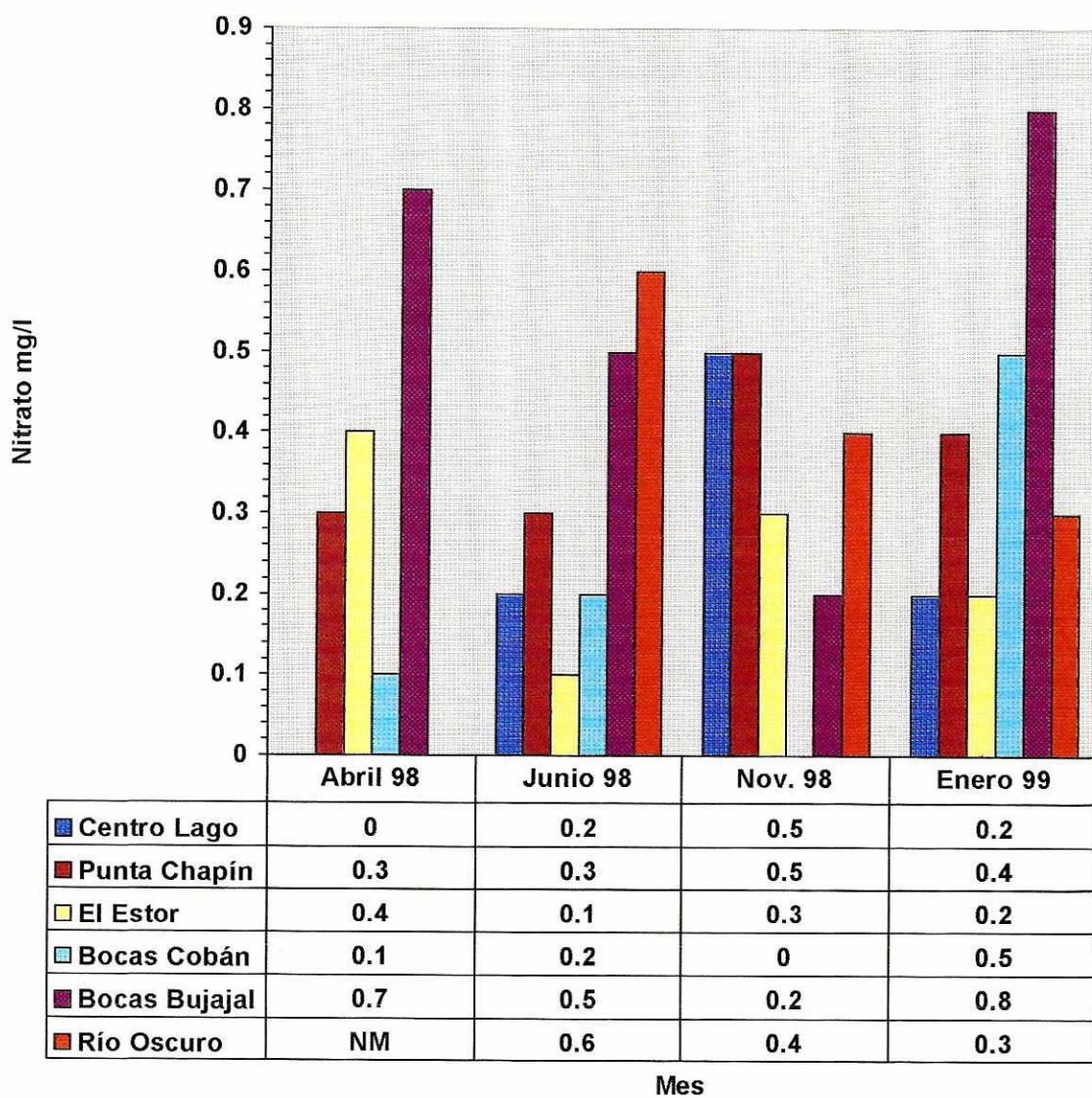
• NM: No medido.

Gráfica 27. Concentraciones de nitritos en las muestras tomadas en el lago de Izabal.



• NM: No medido.

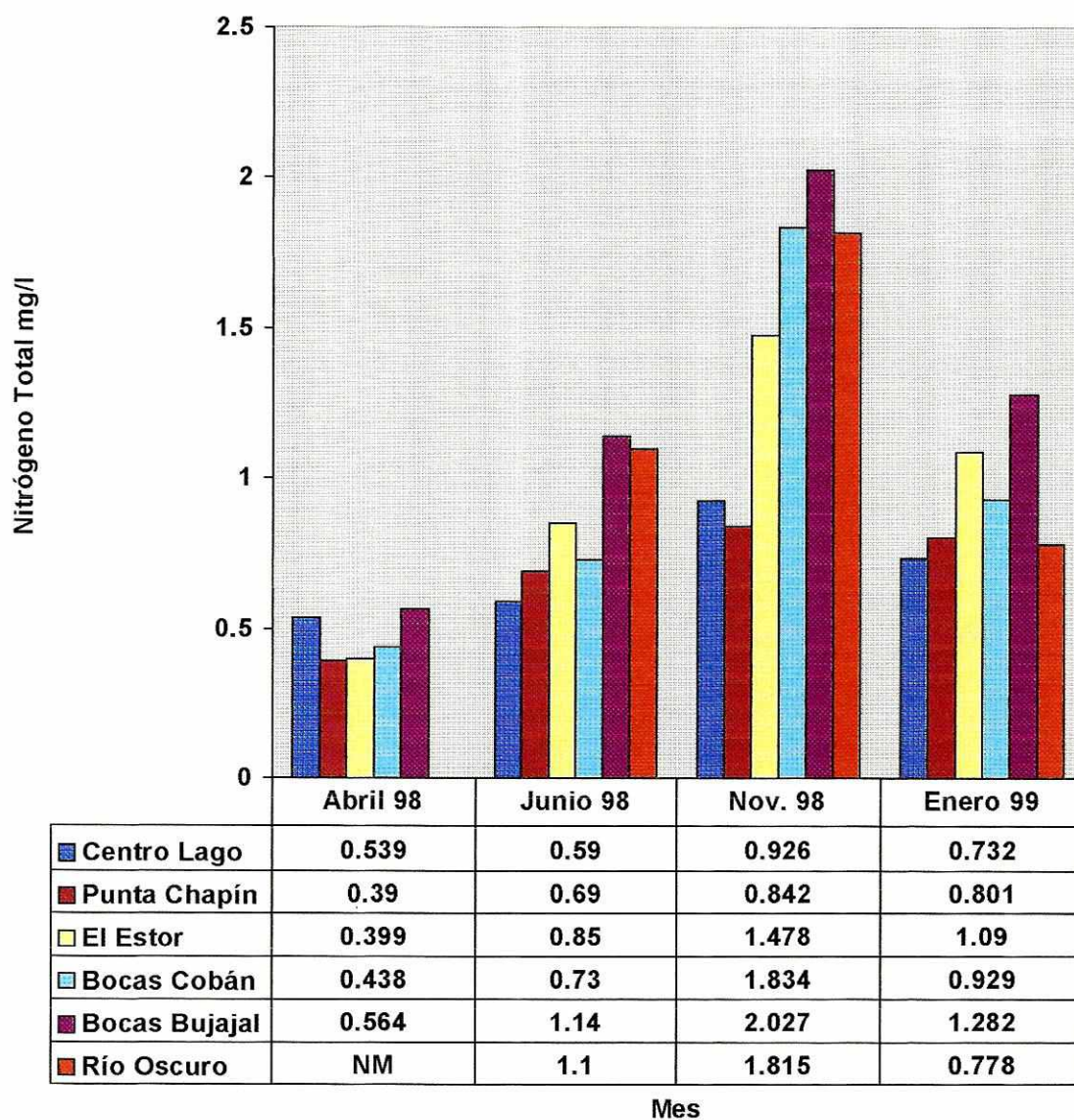
Gráfica 28. Concentración de nitrógeno a partir de amonio en las muestras obtenidas en el lago de Izabal.



• NM: No medido.

Gráfica 29. Concentración de nitrógeno obtenido a partir de nitratos en las muestras de lago de Izabal.

Las mayores concentraciones de todos los compuestos químicos nitrogenados y de nitrógeno total se registraron principalmente, después de la Tormenta Tropical Mitch. En enero se observa que aunque las concentraciones de nitrógeno disminuyeron, continuaron elevadas con relación a los muestreos efectuados en abril y junio.



• NM: No medido.

Gráfica 30. Concentraciones de nitrógeno total en las muestras obtenidas en el lago de Izabal.

El Cuadro 21 muestra las razones de N/P, las cuales, en abril son menores que 3.5 siendo que el nutriente limitante fue el nitrógeno. A partir de junio, el nutriente limitante en la mayoría de puntos fue el fósforo, ya que la razón N/P fue mayor que 10.

Cuadro 21. Datos de la relación N/P en las muestras del lago de Izabal.

Punto de muestreo	Abril 1998	Junio 1998	Noviembre 1998	Enero 1999
Centro Lago (S)	44.92	NM	40.26	183.00
Centro Lago (F)	1.28	670.00	15.08	69.72
Punta Chapín (S)	21.67	115.00	17.18	89.00
Punta Chapín (F)	15.64	19.17	27.19	16.26
El Estor (S)	16.63	425.00	37.89	91.08
El Estor (F)	27.39	152.50	29.26	21.87
Bocas Cobán (S)	21.06	365.00	3.43	84.45
Bocas Cobán (F)	30.00	400.00	NM	32.43
Bocas Bujajal (S)	31.33	285.00	4.31	45.78
Bocas Bujajal (F)	28.00	93.57	NM	28.15
Río Oscuro (S)	NM	157.14	46.54	31.12
Río Oscuro (F)	NM	9.12	18.27	38.62

NM: No medido.

S: Superficie

F: Fondo

## VII. DISCUSION

### A. Fitoplankton

Uno de los objetivos de este estudio era cuantificar e identificar al fitoplankton. Estos organismos requieren para su crecimiento de C, O, H, N y P. Los elementos como el N y P son los que usualmente no están disponibles, ya que el fósforo no se encuentra como un gas en la atmósfera, por lo que se convierte en el menos abundante y en el nutriente limitante (Sykes, 1971). Al comparar este estudio con el que llevó a cabo Basterrechea hace aproximadamente 6 años, se obtiene que él reportó como el principal nutriente limitante en el lago de Izabal, al fósforo, ya que la mayoría de razones N:P que obtuvo en los diferentes puntos que muestreó a lo largo de un año fueron mayores de 10 (Basterrechea et. al., 1993). Este mismo patrón se observó en el lago de Izabal en este estudio; lo cual puede observarse en la tabla 15 al comparar los resultados obtenidos en los cuatro muestreos (abril, junio, noviembre y enero). La razón característica de N:P encontrada fue mayor de 10 (Sakamoto, 1966 citado por Machorro, 1996). Basterrechea, también reportó una menor concentración de nitrógeno total durante el período comprendido de diciembre-abril, sin embargo la razón N:P continuó siendo mayor de 10, tal y como sucedió en este estudio (Basterrechea et.al., 1993).

En los muestreos que se efectuaron tanto en época seca como lluviosa influyeron algunos factores atmosféricos. El tercer muestreo tuvo que ser reprogramado debido a las condiciones en que quedó la cuenca del río Polochic, luego de la Tormenta Tropical Mitch, la cual, dejó inaccesibles algunos de los caminos, por lo que no se pudieron obtener algunas muestras.

La gráfica 1 esquematiza la densidad total de fitoplankton en cada punto de muestreo. Las mayores densidades se registraron con el inicio de la época lluviosa (junio), lo cual, incrementó la cantidad de nutrientes aportada por el río Polochic al lago de Izabal. Sin embargo, también se apreció una disminución significativa en los niveles de fósforo total (valor medio de 0.001mg/l) (Gráfica 26), posiblemente como resultado del papel importante que juega el humedal de Bocas del Polochic en la remoción de nutrientes que entran al lago

(Dugan, 1992). Además se observó un incremento en el nitrógeno total (valor medio de 1.36 mg/l) (Gráfica 30). La densidad del fitoplankton disminuyó luego de la Tormenta Tropical Mitch, lo cual contrasta con los resultados obtenidos con relación a transparencia (promedio en noviembre de 0.93 m, gráfica 22), la cual en algunos puntos (Punta Chapín y El Estor) era mayor que la registrada en junio, debido también a una menor concentración de sólidos totales (promedio en noviembre de 0.264 g/l) (Pérez, 1999); por lo que se atribuye esta disminución de fitoplankton a la dilución estos organismos por un incremento en el volumen del agua que ingresó al lago durante este fenómeno atmosférico (Fatimah et. al., 1984).

La estratificación del lago durante noviembre, con un fondo anóxico o casi anóxico en El Estor (0 mg/l), Punta Chapín (0mg/l) y Río Oscuro (1.8 mg/l) (Gráficas 23-24) es bastante rara. Generalmente, el lago de Izabal debido a que es poco profundo y a que normalmente vientos fuertes lo soplan todo el año, se mantiene completamente mezclado, por lo que una estratificación como la ocurrida se considera poco común. Este fenómeno probablemente se debió al incremento en la cantidad de materia orgánica e inorgánica disuelta o en suspensión que ingresó al lago durante el Mitch, y a los procesos de degradación de la misma. La turbulencia y el movimiento del agua son críticos para la regulación en la producción y periodicidad de las algas, por lo que posiblemente también esta estratificación influyó en la disminución de los organismos planktónicos en noviembre (Horne, 1978)

En el lago de Izabal, en donde la luz y la temperatura son relativamente constantes a lo largo del año, se considera que las variaciones en el fitoplankton son influenciadas significativamente por las lluvias o sequías y el régimen de vientos en esa región y la disponibilidad de nutrientes. Este patrón fue observado tanto en el presente estudio, como en el realizado por Basterrechea. hace aproximadamente 6 años (Basterrechea et. al., 1993).

Los cuadros 7 y 8 presentan los géneros registrados en cada uno de los puntos de muestreo y las categorías más abundantes. Al comparar el comportamiento de las diferentes categorías de fitoplankton en el Lago de Izabal (Gráficas 2-9), se observa que tanto en época seca como lluviosa las principales en abundancia fueron: en primer lugar las Diatomeas y en

segundo lugar las Cianofitas. Se observa un incremento de ambas categorías con el inicio de la época lluviosa. La mayor abundancia de las Diatomeas en relación a las Cianofitas, probablemente se debe a que éstas últimas; son competidoras inferiores a las Diatomeas con relación al fósforo. Elemento que como ya se ha mencionado fue el nutriente limitante en la mayoría de los muestreos. Por ésto, las Cianofitas deberían ser las más abundantes en lagos con razones bajas de N:P. En 1966, Sakamoto sugirió que el N más que el fósforo es el nutriente limitante cuando la razón es menor que 10. En 1993, Basterrechea reportó que la razón N:P en el lago de Izabal es muy alta, a lo largo del año. Además él también reportó como comunidad dominante a las Diatomeas (Machorro, 1996). En este estudio con el inicio de la época lluviosa se obtuvieron razones  $>10$  en la mayoría de puntos de muestreo (Pérez, 1999).

Con relación a las Diatomeas, están casi siempre presentes en cantidades significativas y en muchos lagos son dominantes perennes. Su abundancia en los otros puntos de muestreo, posiblemente esté relacionada con la presencia de cantidades importantes de sílice y a que su reciclaje es mínimo; ya que éstas tienen la capacidad de asimilar grandes cantidades de este compuesto en la síntesis de su estructura celular. Además el sílice juega un papel importante en el proceso de eutroficación en los lugares donde las Diatomeas son las dominantes (Hutchinson, 1967). En estudios previos se ha encontrado que el lago de Izabal tiene un mayor contenido de Sílice que el lago de Ontario, pero menor que el lago de Michigan (Schelske, et. al., 1985). En el lago de Izabal se reportaron medias de 4.9 mg/l en época seca y 5.9 mg/l en época lluviosa (Basterrechea et.al., 1993). En general, en el lago de Izabal se ha reportado una concentración media de sílice de 5 mg/l, (Willen, 1991 citado por Machorro, 1996), la cual es menor que la reportada para cuerpos de aguas tropicales (13  $\pm$  4 mg/l, Berrier y Berner, 1985 citado por Machorro 1996), probablemente debido a la velocidad de consumo de éste por las Diatomeas.

Sin embargo, luego de la Tormenta Tropical Mitch se aprecia una disminución significativa principalmente de las Diatomeas. Este patrón se presentó en los seis puntos de muestreo (gráficas 4-9). La principal diferencia fue que las Diatomeas fueron las más

abundantes en: Centro del Lago, Punta Chapín y Río Oscuro, y las Cianofitas en: Bocas de Cobán (Nitrógeno total -NT- en la superficie de 1.340 mg/l), Bocas de Bujajal (NT en superficie de 2.0270mg/l) y El Estor (NT en superficie de 1.4780 mg/l) (Pérez, 1999). Estos últimos puntos registraron los niveles más altos de compuestos nitrogenados (Gráficas 27-30) y fosforados (Gráfica 26), nutrientes importantes para el desarrollo y reproducción del fitoplankton. Sin embargo, debe considerarse que las Diatomeas no pueden asimilar el nitrógeno orgánico y amonio, así como tampoco los fosfatos, por lo que es posible que por ello se disminuyera su densidad en noviembre, además de otros factores como turbulencia y luz entre otros (Machorro, 1996).

Uno de los factores que pudo influir para que las Cianofitas (algas verde-azules) fueran abundantes en los puntos con mayor contaminación por compuestos nitrogenados, es que estos organismos tienen la capacidad de fijar el nitrógeno. Sin embargo, esto dependerá de algunos factores como la competencia, las especies de nitrógeno disponible, así como de algunos factores físicos tales como la transparencia y disponibilidad de luz, para metabolizarlo durante el proceso de fotosíntesis (Wetzel, 1975). En noviembre se registraron los datos más bajos con relación a transparencia en Bocas de Cobán (0.07 m) y Bocas de Bujajal (0.12 m), puntos por los cuales el río Polochic desemboca en el lago de Izabal y como consecuencia de la Tormenta Tropical Mitch, también hubo un mayor aporte de sólidos (en consecuencia de nitrógeno orgánico) a través de estos puntos, principalmente de Bocas de Bujajal (Sólidos totales de 0.508 g/l), por lo que éste pudo ser un factor que influyó en el incremento de la densidad de Cianofitas luego del fenómeno atmosférico, pues éstas tienen la capacidad de metabolizar el nitrógeno orgánico a diferencia de las Diatomeas. Basterrechea, registró la mayor cantidad de especies en la categoría de las Cianofitas (22 especies de Cianofitas y 21 especies de Diatomeas) (Basterrechea et.al., 1993).

En el mes de enero, dos meses más tarde del muestreo efectuado después de la Tormenta Tropical Mitch, nuevamente las Diatomeas (106,215 organismos/litro) son las más abundantes y a diferencia de los otros muestreos las Clorofitas (85,833 organismos/litro) surgen como la segunda categoría dominante (Gráfica 2).

El patrón de abundancia de las diferentes categorías se presentó de la siguiente forma: Bacillariophyceae > Cianophyta > Clorophyta > Chrysophyceae > Euglenophyta (Gráfica 2). En cuanto a número de géneros identificados en cada clase, varía ligeramente: Clorophyta (16 géneros) > Bacillariophyceae (15 géneros) > Cianophyta (11 géneros). En 1992, Basterrechea encontró el siguiente patrón: Clorophyta (17 géneros) > Bacillariophyceae (8 géneros) = Cianophyta (8 géneros), al comparar estos resultados con los del presente estudio, se observa que la principal diferencia está en cuanto a la cantidad de géneros de Diatomeas y Cianofitas identificados (Cuadro 22 Comparación de los Estudios de Fitoplankton, efectuados por Brinson, Basterrechea y el presente).

Tanto la presencia de Diatomeas y Cianofitas son típicas de agua rica en nutrientes. Estudios anteriores también reportan este tipo de hallazgo en el lago de Izabal (Basterrechea et.al., 1993 y Kokkonen, 1998)

Los principales géneros dominantes en cada uno de los puntos de muestreo, se esquematizan en las gráficas 10-15. Los resultados obtenidos en este estudio, son diferentes a los obtenidos por Brinson (1972) y tienen cierta similitud con los obtenidos por Basterrechea (1992), principalmente en cuanto a la cantidad de Clorofitas identificadas:

Cuadro 22. Comparación de los estudios de plankton efectuados por Brinson y Basterrechea

Plankton	Brinson 1973	Basterrechea 1992	Este estudio
Cianofitas	3 especies	8 géneros	11 géneros
Clorofitas	7 especies	17 géneros	16 géneros
Diatomeas	2 especies	8 géneros	15 géneros
Dinofíceas	no reportó	2 géneros	1 género
Cryptofíceas	no reportó	2 géneros	1 género

Fuente: Basterrechea et.al., 1993.

Los tres principales géneros en todos los puntos de muestreo (Gráficas 10-15, Cuadros 10-15) fueron: *Synedra*, *Melosira* (Diatomeas) y *Microcystis* (Cianofita). *Synedra* fue un género abundante, su densidad disminuyó en la mayoría de puntos de muestreo con el inicio

de la época lluviosa y aún más luego de la Tormenta Tropical Mitch, sólo en Río Oscuro se presentó un patrón ligeramente diferente. La población de *Melosira* se registró como dominante en los cuatro muestreos, uno de los factores que permitió muestrearla e identificarla fue la constante turbulencia en el lago, lo cual permitió mantenerla suspendida.. *Microcystis* fue el género que registró las mayores densidades, las cuales se incrementaron con el inicio de la época lluviosa (junio) y fueron menores en la época seca (abril y enero). El florecimiento de este género en el lago se relaciona con las corrientes de agua dentro del lago que vienen de los ríos y que producen un efecto rápido por la carga de nitrógeno y fósforo que contienen. *Microcystis* es responsable de los florecimientos masivos en aguas eutróficas (McDougall y Ho, 1991). Se ha demostrado que ciertas cepas de *Microcystis aeruginosa*, producen toxinas, que podrían llegar a causar hemorragias en el hígado (Shirai et.al., 1986).

Otros géneros registrados aunque en menor densidad fueron: *Pediastrum* (Clorofita), *Anabaena* (Cianofita) y *Navicula* (Diatomea). Estos dos últimos registraron un incremento en su población en el último muestreo (enero). *Navicula*, particularmente en Bocas de Cobán y Bocas de Bujajal.

La enumeración de las especies más abundantes de fitoplankton es importante para obtener información acerca del estado trófico del lago. En algunos casos, también la enumeración de las especies raras puede ayudar a obtener información sobre las condiciones del lago.

Algunos de los géneros de fitoplankton identificados y que son indicadores de un proceso de eutroficación son: *Synedra*, *Melosira*, *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Fragilaria*, *Asterionella*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Stephanodiscus*, *Actinastrum* y *Tetraedron*. De los géneros anteriores *Microcystis*, *Anabaena* y *Aphanizomenon* pueden ser utilizados como indicadores de eutroficación en regiones templadas durante los meses cálidos (Hutchinson, 1967). Por ésto se considera que el lago de Izabal está en estado de eutroficación; ya que se identificaron y cuantificaron cantidades importantes de Diatomeas (*Synedra sp.*, *Melosira granulata*, *Fragilaria sp.* y *Stephanodiscus*)

y Cianofitas (*Microcystis sp.*, *Aphanizomenon* y *Anabaena sp.*), las cuales, son abundantes en estados de eutroficación en lagos de regiones tropicales (Wetzel, 1975).

En el lago de Amatitlán, el cual se encuentra en un estado acelerado de eutroficación, se han reportado algunos géneros de fitoplankton que han sido reportados para el lago de Izabal (Tablas 1-2), tales como: *Melosira aeruginosa*, *Oscillatoria sp.*, *Anabaena sp.*, *Lyngbya sp.*, *Oocystis sp.*, *Closterium sp.*, *Scenedesmus sp.*, *Synedra sp.*, *Fragilaria sp.*, *Nitzschia sp.*, etc. (AMSA, 1998).

Otras escalas que pueden utilizarse para confirmar el estado de eutroficación del lago de Izabal son: rango de transparencia (0.07-2.5) (Gráfica 22) y fósforo total (rango 0.002-0.05 mg/l) (Gráfica 26).

En la cuenca del río Polochic la deforestación excesiva y las subsecuentes escorrentías agrícolas han acelerado el aporte de nutrientes al lago y el proceso de eutroficación del mismo (Basterrechea et.al., 1993).

Algunos géneros como *Surirella*, *Nitzschia* y *Cymbella* que son principalmente bénticos a latitudes altas o moderadas pueden presentarse también en lagos tropicales (Hutchinson, 1967). Esto, fue confirmado en casi todas las muestras tomadas en la superficie y el fondo de los puntos de muestreo (Cuadros 17-18).

Entre los cambios en el comportamiento de los géneros de fitoplankton durante la época seca está la disminución en la diversidad y riqueza de especies, lo cual contrasta con los valores registrados para el inicio de la época lluviosa (junio) (Gráficas 16-17, Cuadros 19-20).

En todos los puntos se observa un incremento de los índices de riqueza con el inicio de la época lluviosa (junio), y vuelve a disminuir en noviembre.

Se ha recomendado que para utilizar el concepto de riqueza en estudios relacionados con fitoplankton se utilice el concepto introducido por Margalef, limnólogo mundialmente reconocido. Esto porque algunos índices de diversidad son más sensibles al número de especies y otros reflejan grados de similitud (Kalf y Knoechel, 1978). El índice de riqueza de Margalef aumentó prácticamente en todos los puntos en junio, los puntos con índices

mayores fueron Centro del Lago que aumentó de 1.04 en abril a 2.10 (muestra de superficie) y El Estor que aumentó de 1.14 en abril a 2.06 (muestra de superficie). Con la Tormenta Tropical Mitch, este índice disminuyó en todos los puntos de muestreo, se obtuvieron los siguientes índices en: Centro del Lago (0.66) y El Estor (1.05) (cuadro 19), lo cual evidencia una disminución en el número de especies una de las variables que influyen en el cálculo de este índice (Ludwig y Reynolds, 1988). Los resultados obtenidos con relación al índice de riqueza de Menhinick muestran un comportamiento similar al de Margalef. Sin embargo con este último, las diferencias son más claras (cuadro 20).

Con el avance de la estación lluviosa, las condiciones en el lago se fueron modificando, lo cual lo hizo difícil para algunas categorías de fitoplankton, principalmente Diatomeas y favorable para otras. Luego de la Tormenta Tropical Mitch hubo una marcada disminución en la diversidad por la elevada turbidez y el fenómeno de dilución. Por lo que la diversidad de especies en la estación lluviosa presentó variaciones, inicialmente se incrementó (junio) y con el aumento de los caudales en el río Polochic y tributarios (noviembre) (Gráfica 26) disminuyó la diversidad.

En un cuerpo de agua que experimenta variaciones ambientales, tales como el lago de Izabal, las especies de algas presentes pueden llegar a ser desplazadas total o parcialmente por otras especies adaptadas a las nuevas condiciones. En el lago de Izabal, con el inicio de la época lluviosa (junio) y por lo tanto de un incremento en las escorrentías, en aporte de nutrientes, turbulencia, etc.; se observó el surgimiento de nuevas especies tales como: *Pediastrum sp.*, *Navicula sp.*, *Aphanizomenon sp.*, *Lyngbya sp.*, *Closterium sp.* para citar sólo ejemplos de los más abundantes. Es importante señalar que esto fue particularmente apreciable con el inicio de las lluvias, cuando aún el lago contaba con una buena visibilidad.

## **B. Coliformes totales y fecales**

Los coliformes son microorganismos que pueden ser utilizados como indicadores biológicos de contaminación con descargas orgánicas por escorrentías y materiales fecales. La presencia de estos microorganismos indica entre otras cosas, la posible presencia de

organismos patógenos y deteriorantes por malas condiciones sanitarias provocadas por la intervención humana y animal (Rheinheimer, 1977).

La mayor contaminación por coliformes totales en el lago (Gráfica 18) se registró en los puntos identificados como: Bocas de Bujajal y Bocas de Cobán, que precisamente es donde desemboca el río Polochic en el lago de Izabal. El punto menos contaminado fue el Centro del Lago, registrándose en época seca valores cerca de los límites aceptables por COGUANOR para agua potable (NMP 2/100 ml). La contaminación se incrementó con el inicio de la época lluviosa, por el aumento de la descarga (caudal) del río Polochic hacia el lago de Izabal (Gráfica 25).

En la cuenca del río Polochic se analizaron 8 puntos (Gráfica 19), de los cuales presentaron mayor contaminación: el Polochic-Telemán, Polochic-Panzós, Jolomjix y Cahabón. El incremento de la contaminación se manifestó con el inicio de las lluvias en junio, lo cual incrementó los caudales de los ríos muestreados (Gráfica 25) y la descarga de materias orgánicas e inorgánicas arrastradas por el desborde de los ríos y el lavado de la cuenca en noviembre. Es importante mencionar que cerca de los puntos de muestreo ubicados en Polochic-Telemán y en Panzós se encontraban las descargas de aguas domiciliarias de los municipios correspondientes, lo cual, indudablemente influyó en los resultados obtenidos.

Tanto en la cuenca del río Polochic como en el lago, se registraron incrementos significativos en la contaminación, producto del lavado de la cuenca por el desborde de los ríos con el inicio de la época lluviosa. Es importante mencionar que los muestreos se efectuaron en puntos cercanos a poblados. Además, la mayoría de estos poblados no cuenta con drenajes y sistemas para el tratamiento de los desechos, por lo que vierten las aguas residuales directamente a los cuerpos de agua cercanos a los mismos. El problema se incrementa con el inicio de las lluvias; ya que los desechos de origen fecal son lavados con las escorrentías. Los niveles de contaminación son mayores en la cuenca que en el lago, debido a la dilución de las descargas que entran al lago y al papel que juega el humedal de Bocas del Polochic en la disminución de la carga bacteriana del río Polochic al lago.

Los coliformes fecales son utilizados como indicadores de contaminación de origen fecal tanto humano como animal, en ecosistemas acuáticos (Barcina et.al, 1987). Los puntos de muestreo que registraron mayor contaminación por coliformes fecales en el lago de Izabal (Gráfica 20) fueron: Bocas de Bujajal (enero NMP 7900/100ml) y Bocas de Cobán (enero NMP 800/100ml). Luego de Mitch (noviembre) se observó un incremento significativo en la contaminación fecal por heces de origen humano (falta de disposición adecuada de desechos) y animal (la cuenca tiene importantes áreas ganaderas) en la mayoría de los puntos de muestreo (en algunos puntos aproximadamente un 3000% más que en junio). Se registró en el Centro del Lago un NMP de 240 /100 ml, lo cual contrasta con el nivel de abril NMP 2/100ml. Se aisló *Escherichia coli*, de todos los puntos de muestreo en los que se registró contaminación de origen fecal.

Tres meses después de este fenómeno se observó una disminución en la contaminación de origen fecal; en el Centro del Lago se obtuvo un NMP de 17/100ml. Esto indicaba que en el lago se estaba recuperando la calidad microbiológica del agua, en lo cual, jugó un papel muy importante el sistema de humedales, localizado en el área.

Los valores para coliformes fecales en los puntos ubicados en la cuenca del Polochic (Gráfica 22), fueron elevados prácticamente en todos los muestreos: Polochic en Telemán (junio, NMP de 920/100ml), en Panzós (junio NMP de 1600/100ml) y en el Jolomjix (junio NMP de 460/100ml). La contaminación por materia de origen fecal empezó a incrementarse con el inicio de la época lluviosa y fue mayor en el mes de noviembre: Polochic en Telemán (NMP de 35000/100ml), en Panzós (NMP de 41000/100ml) y en el Jolomjix (NMP de 35000/100ml). Los valores disminuyeron significativamente en enero: Polochic en Telemán (NMP de 13000/100ml), en Panzós (NMP de 14000/100ml) y en el Jolomjix (NMP de 13000). El río que presentó menor contaminación fue el Zarco (en enero se obtuvo un NMP de 790/100ml), el cual, se encuentra un poco más alejado de los centros poblados. En todos los casos se aisló *E. coli*.

En general, el aporte de coliformes del río Polochic hace un leve impacto en el lago debido a que las poblaciones de bacterias encuentran en los humedales aguas no turbulentas

y condiciones de sobrevivencia superiores a las encontradas generalmente en el lago, ya que en el pantano hay pH más bajo que los registrados en el lago, en donde solamente se favorecerían bacterias como *Vibrios* y *Plesiomonas*. El humedal juega un papel muy importante en la protección de algunas regiones de los efectos provocados por los asentamientos humanos y actividades productivas. Esta capacidad del humedal, pudo observarse luego de Mitch; ya que rápidamente se tuvo una tendencia hacia la disminución de la contaminación de origen fecal en el lago.

El problema de la contaminación de origen fecal detectado tanto en la cuenca del río Polochic como en el lago de Izabal, está relacionado con la conducta humana, la cual determina la transmisión de enfermedades relacionadas con excretas. Esto constituye un riesgo potencial para los pobladores que hacen uso del agua en los ríos y el lago, o consumen alimentos que han sido regados o lavados con estas aguas. Se considera que en Alta Verapaz sólo el 27.4% de los hogares disponene de servicio de agua, Tucurú es una de las 15 cabeceras municipales en las que se clora el agua. Hay algunas municipales (7) que no utilizan su equipo de cloración por no contar con personal calificado, lo que indica que la población tiene dificultades y afronta riesgos para vivir; un 75% de ella tiene que abastecerse de agua para el consumo diario de ríos, lagos, manantiales o pozos, y más del 90% tiene que beber agua sin clorar. Entre los municipios más afectados están: Panzós y Cahabón (CODECUR, SEGEPLAN, GTZ, 1996).

Esto es preocupante sobre todo en niños y ancianos que generalmente son más susceptibles a contraer infecciones gastrointestinales, tales como: Fiebre Tifoidea, Hepatitis A, Cólera, Parásitos etc. La tasa de mortalidad por enfermedades diarreicas agudas en Guatemala es de 4.2/10,000 habitantes (Sistema de Naciones Unidas, 1998), Es por ello que en el país se ha tenido una alta tasa de mortalidad infantil debido a infecciones gastrointestinales; en Alta Verapaz una de las principales causas de muerte en niños es el parasitismo intestinal (30.5 % de los casos). En el municipio de Panzós es donde se registra la tasa de mortalidad más alta 20.2 por cada 1000 habitantes (CODECUR, SEGEPLAN, GTZ, 1996). Las aguas contaminadas con heces podrían constituir un riesgo muy importante para la salud de los

pobladores que aún no tienen acceso al agua potable y además no cuentan con sistema apropiados para la disposición de sus excretas.

Hay algunos indicios de que la salud de la gente que vive cerca de campos regados con aguas residuales se afecta negativamente, sea por contacto directo con el suelo, sea por contacto indirecto con trabajadores agrícolas o personas que tienen contacto con el agua contaminada. Es evidente que el agua residual sin tratar es un riesgo para la salud debido a parásitos y bacterias intestinales. Por lo que, el tratamiento de las aguas residuales constituye un método muy eficaz de protección de la salud pública (Duncan y Cairncross, 1990).

Otro factor importante que podría agravar los problemas de salud y la falta de acceso a infraestructura adecuada para proporcionar agua potable y para el saneamiento de la región, es la tasa de crecimiento poblacional que en Alta Verapaz es de 4.1 %; por lo cual sus perspectivas de desarrollo son casi nulas, de no combatirse tal problema (CODECUR, SEGEPLAN, GTZ, 1996) (Anexo 2. Mapa 2. Poblaciones).

### C. Recomendaciones

1. Combinar la determinación de coliformes con el aislamiento e identificación de microorganismos patógenos tales como: *Salmonella spp.*, *Vibrio cholerae*, *Shigella sp.* y la determinación de parásitos.
2. Obtener muestras mensuales para el estudio de fitoplankton, que permitan detectar las variaciones sucesionales de las especies e implementar las técnicas para la determinación de las concentraciones de Clorofila y combinar este análisis con la identificación y cuantificación de fitoplankton.
3. Llevar a cabo un estudio de los organismos bentónicos en los sedimentos obtenidos del fondo del lago y en los ríos.

4. Llevar a cabo un monitoreo durante 3 o más años de los puntos que registraron mayor contaminación, tanto de coliformes totales y fecales como de fitoplankton, proponer medidas de mitigación para los problemas de contaminación.

5. Planificar muestreos para determinar el grado de contaminación por coliformes totales y fecales de los cuerpos de agua ubicados en la cuenca del río Polochic; considerar fotografías aéreas, mapas actualizados, ubicación de poblaciones, elegir algunos de los puntos de muestreo de este estudio, tomando en cuenta los resultados obtenidos en cada uno de ellos. Muestrear antes y después de centros poblados ubicados la parte alta, media y baja de la cuenca. Esto permitiría monitorear las condiciones sanitarias del agua a que tienen acceso los pobladores de la cuenca; así como también determinar si son las poblaciones la principal fuente de contaminación u otros agentes, tales como el ganado en la parte baja de la cuenca.

Este monitoreo proporcionaría información importante para la toma de decisiones en el momento de considerar la construcción y la ubicación idónea de plantas de tratamiento para contrarrestar la contaminación de los cuerpos de agua en la cuenca, tomando en cuenta que para el año 2,001 la estrategia para el desarrollo de Alta Verapaz considera que para el mejoramiento de la infraestructura de agua y saneamiento en este departamento, el 40% de las cabeceras municipales debería contar con una planta de tratamiento de aguas servidas y que para el año 2,002 se necesita al menos 1 planta de tratamiento en cada municipio para el saneamiento de las aguas servidas previo a ser descargadas (CODECUR, SEGEPLAN, GTZ, 1996).

## VIII. CONCLUSIONES

1. La presencia de Diatomeas y Cianofitas indica que el agua en el lago es rica en nutrientes, además de un proceso de eutroficación acelerada.
2. Las principales categorías de fitoplankton fueron: en primer lugar las Diatomeas y en segundo lugar las Cianofitas.
3. Se registraron un total de 42 géneros de fitoplankton, reportándose la mayor diversidad entre las Bacillariofitas (15 géneros) y las Clorofitas (16 géneros).
4. La turbulencia y el movimiento constante del agua en el lago son críticos para regular la producción y periodicidad de las algas.
5. Se registró un incremento en la densidad total del fitoplankton con el inicio de la época lluviosa (junio ); siendo el fósforo el nutriente limitante (0.1 mg/l). En noviembre había una mayor concentración de nutrientes (N y P) en el lago; sin embargo, la densidad del fitoplankton disminuyó debido entre otros factores a la dilución de los organismos planktónicos por un mayor aporte de agua del río Polochic al lago de Izabal.
6. Algunos géneros de fitoplankton abundantes e indicadores de eutroficación en el lago de Izabal son: *Synedra*, *Melosira*, *Microcystis*, *Anabaena* y *Aphanizomenon*.
7. La densidad de las diferentes clases de fitoplankton estuvo directamente relacionada con la disminución de: transparencia, compuestos nitrogenados (nitrógeno de nitratos) y fosforados (fósforo de fosfatos) y por la turbulencia principalmente.

8. La Tormenta Tropical Mitch influyó en la disminución de la diversidad de especies de fitoplankton principalmente por el fenómeno de dilución. Adicionalmente, este fenómeno atmosférico incrementó la contaminación por coliformes totales y fecales, tanto en los ríos muestreados en la cuenca del río Polochic como en el lago de Izabal, por el lavado de la cuenca que no cuenta con sistemas adecuados para el tratamiento de desechos.
9. Los niveles de coliformes totales y fecales se incrementaron en todos los puntos muestreados con el inicio de la época lluviosa (junio) y por lo tanto el incremento en los caudales. Con la Tormenta Tropical Mitch se incrementó esta contaminación en algunos puntos hasta aproximadamente un 3000%.
10. Los puntos que registraron mayor contaminación por coliformes totales y fecales en el lago fueron: Bocas de Cobán y Bocas de Bujajal, por los cuales, el río Polochic descarga sus aguas en el lago de Izabal.
11. Los ríos que registraron mayor contaminación por coliformes totales y fecales fueron: Polochic en Telemán, Polochic en Panzós, Jolomjix y Cahabón. Puntos ubicados muy cerca de centros poblados y tierras dedicadas al cultivo y crianza de ganado.
12. El humedal ubicado en Bocas del Polochic jugó un papel importante en la remoción de nutrientes (N y P) y microorganismos (coliformes) que ingresaban al lago de Izabal durante la época lluviosa, contribuyendo a mejorar la calidad del agua del mismo, por lo que es muy importante la conservación y protección de este humedal.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- AMSA. 1998. Listado de Géneros Determinados de Algas en el Lago de Amatitlan. Secretaria de la República de Guatemala. 72pp.
- Andrews, W. A. (editor). 1972. A Guide to the Study of Freshwater Ecology. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 182 pp.
- APHA, AWWAA, WPCF. 1980. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, D.C. 1193pp.
- Barcina, I., I. Arana, J. Iriberry y L. Egea. Survival of *E. coli* in Waters of the Butron River: Effect of The Heterotrophic Bacteria Population. Biología Ambiental. II Congreso Munidal Vasco. 1987. Editorial Universidad del País Vasco. Vizcaya. 459pp.
- Basterrechea, M. 1991. Evaluación del Impacto Ambiental de la Exploración Sísmica en la Cuenca del Lago de Izabal. Guatemala. 88pp.
- Basterrechea, M. et.al. 1993. Calidad del Agua del Lago de Izabal y Principales Tributarios, Informe Técnico. Convenio DGEN-SEBV, Guatemala. 60pp.
- Cairns, J. et. al. 1977. Biological Monitoring of Water and Effluent Quality. American Society for Testing and Materials, Baltimore, USA. 246pp.
- CODECUR, SEGEPLAN, GTZ. 1996. Plan Marco para el Desarrollo del Departamento de Alta Verapaz. CODECUR, SEGEPLAN, GTZ, Guatemala. 378pp.
- Daubenmire, R. 1968. Plant Communities, a Textbook of Plant Synecology. Harper & Row, Publishers, Inc. New York, USA. 300pp.
- Dugan, P.J. 1992. Conservación de Humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN, Gland, Suiza. 100pp.
- Duncan M. y S. Cairncross. 1990, Directrices para el Uso sin Riesgos de Aguas Residuales y Excretas en Agricultura y Acuicultura. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. 212pp.
- Edmondson, W.T. y G.G. Winberg. 1971. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters. Blackwell Scientific Publications, Philadelphia, USA. 358pp.

- EPA. 1986. Quality Criteria for Water. EPA. 444p.
- Fatimah M.Y., A.K. Mohammad Mohsin y A.S. Mustafa Kamal. 1984. *Pertanika*. 7(3), 101-113.
- FDA. 1984. Bacteriological Analytical Manual. Division of Microbiology, Center for Food Safety and Applied. Food and Drugs Administration. USA. 1193pp.
- Ford, R. F. y W. E. Hazen. 1972. Readings in Aquatic Ecology. W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA. 397pp.
- Gall, F. 1978. Diccionario Geográfico de Guatemala. Tomo 1. 2 ed. Instituto Geográfico Nacional, Guatemala. 833pp.
- González, A. 1988. Plancton de las Aguas Continentales. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C. 130pp.
- Grimaldi, L. 1997. Lagos de Izabal y Amatitlán se encuentran en Proceso de Eutroficación según Análisis Químico y Físico del Agua y Análisis de Plankton. *Ecología Avanzada, Maestría en Estudios Ambientales, Universidad del Valle de Guatemala*. 10pp.
- Horne, A.J. Nitrogen Fixation in Eutrophic Lakes. *Water Pollution*. Vol. 2. 1978. John Wiley & Sons, New York. 442pp.
- Hurst, C., G.R. Knudsen, M.J. Mc Inerney, L.D. Stetzenbach y M.V. Walter. 1997. Manual of Environmental Microbiology. American Society for Microbiology, Washington D.C. 894pp.
- Hutchinson, G.E. A Treatise on Limnology. Vol. II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. 1967. John Wiley & Sons, New York. 1115pp.
- Kalff J. y R. Knoeche. 1978. Phytoplankton and their Dynamics in Oligotrophic and Eutrophic Lakes. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 9, 475-495.
- Kokkonen, M. Preliminary Study of The Phytoplankton and Hydrography of Lake Izabal, Guatemala. 1998. University of Helsinki, Finland. 22pp.
- Ludwig, J.A. y J.F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology: a primer on methods and computing. John Wiley & Sons, New York. 337pp.

- Machorro, R.A. 1996. Water Quality at Lago de Izabal, Guatemala: Geochemical Characterization and Assesment of Trophic Status. (Ph.D. Thesis). Department of Geological Sciences, The University of Texas, El Paso. 240pp.
- McNaughton, S.J. y L.L.Wolf. 1979. General Ecology. 2da ed. Holt, Rinehart and Winston, New York, USA. 702pp.
- McDougall B. K. y G.E. Ho. 1991. A Study of the Eutrophication of North Lake, Western Australia.. Sci. Tech. 23, 163-173.
- Mitchell, D.S. 1974. Aquatic Vegetation and its Use and Control. UNESCO, Paris. 135pp.
- Nebel, B.J. 1990. Environmental Science, the Way the World Works. 3ra ed. Prentice Hall, New York, USA. 603pp.
- OMS. 1988. Guías para la Calidad del Agua Potable. Organización Mundial de la Salud, Washington. 132pp.
- Pérez, J.F. 1999. Carga de Nutrientes y Sedimentos del Río Polochic y su Impacto sobre la Integridad Ecológica del Lago de Izabal. (Tesis de Maestría). Departamento de Biología, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 100pp.
- Prescott, G. W. 1968. The Algae: a Review. Houghton Mifflin Company, Boston. 436 pp.
- Reid, G. K. y R. D. Wood. 1976. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 2da ed. D. Van Nostrand Co., New York. 485 pp.
- Rheinheimer, G. Microbial Ecology of Brackish Water Environment. 1977, Springer-Verlag, New York. 291pp.
- Shell. 1991. Evaluación de Impacto Ambiental Estudio Coordinado por L. García.
- Shirai M., Y. Takamura, H. Saduma, M. Kojima y M. Nakano. 1986. Toxicity and Delayed Type Hypersensitivity caused by *Microcystis* Blooms from Lake Kasumigaura. Microbiol. Immunol. 30(7),731-735.
- Sistema de Naciones Unidas. 1998. Guatemala: los contrastes del desarrollo humano. Sistema de las Naciones Unidas en Guatemala, Guatemala. 236pp.
- Sykes, G. y F.A. Skinner. Microbial Aspects of Pollution. 1971. Academic Press, New York. 289pp.

- Speck, M. 1984. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 2ed. American Public Health Association, Washington D.C. 913pp.
- UNESCO. 1971. Memorias del Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plankton. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, Montevideo. 166pp.
- Villeda, B.A. 1992. Caracterización del agrosistema de Palma Africana *Elaeis guineensis* en el Valle del Polochic. Tesis ad gradum, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 88pp.
- Wetzel R.G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Company, Philadelphia. 743pp.
- Whitton, B.A. 1975. River Ecology. Vol.2. University of California Press, Los Angeles, USA. 725pp.

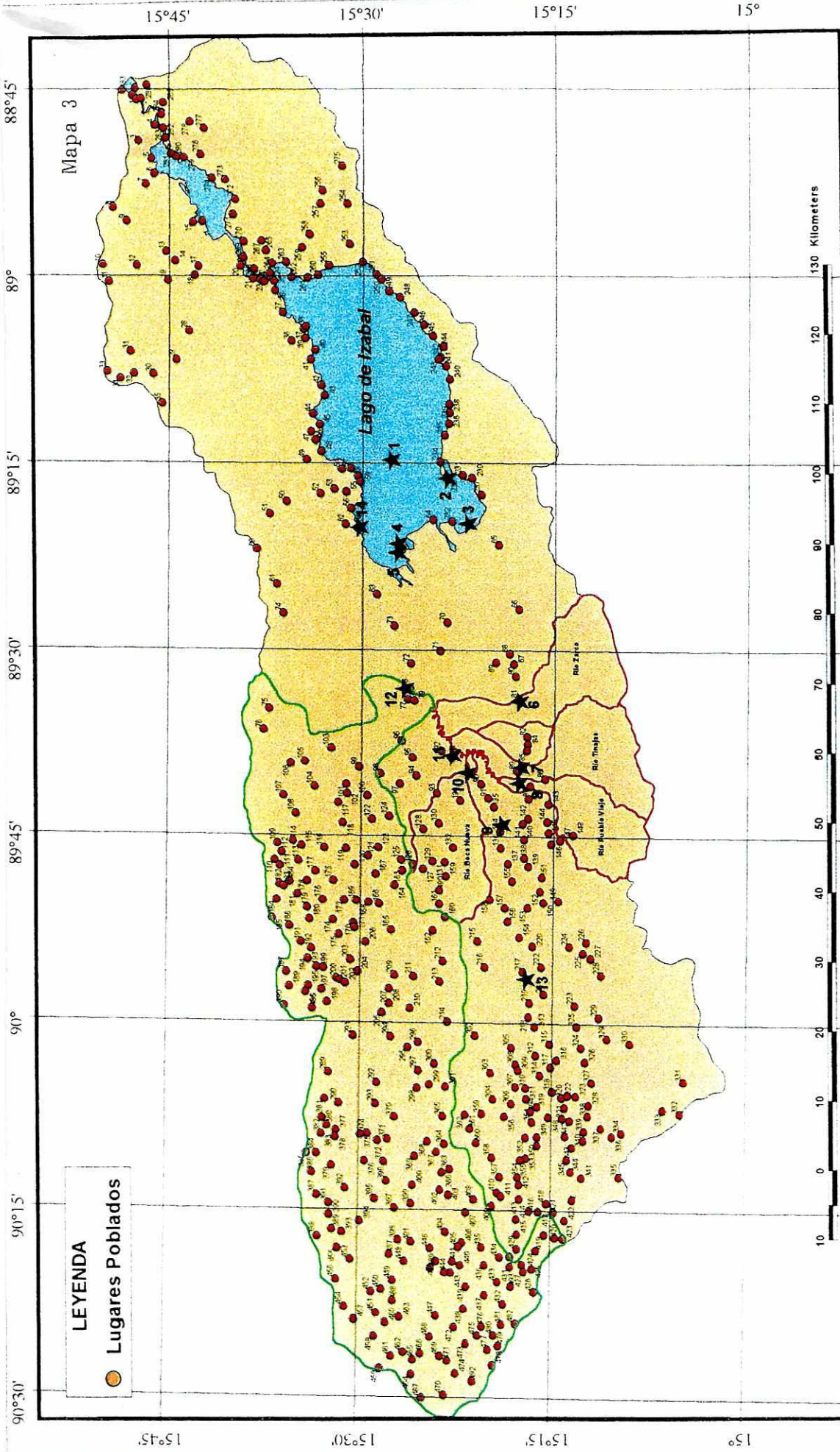
**ANEXO No. 1**

**Mapa de puntos de muestreo**



**ANEXO No. 2**

**Mapa de centros poblados**



**LEYENDA**  
 Lugares Poblados

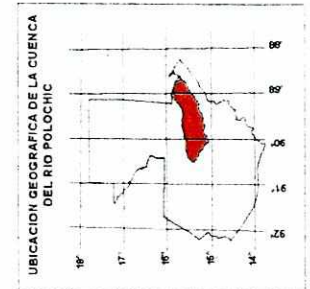
**SIGNOS CONVENCIONALES**

- Cuenca Rio Dulce
- Cuencas de Muestreo
- Limite de la Cuenca del Rio Cahabon
- Puntos de Muestreo

No.	Nombre de Muestreo
1	Centro Del Lago
2	Punta Chagan
3	Centro
4	Mosaz
5	Mosaz
6	Rio Tazoco
7	Tizajal
8	Pueblo Tajo
9	Sociedad Quib
10	San Juan
11	Palmar
12	Cahabon
13	Palmar
14	El Estor

**Proyeccion Transversal Mercator**  
**Universal Transverse Mercator Zona 16**  
**Esteroid De Clarke De 1866**

FUENTE:  
 MAPAS TOPOGRAFICOS ESCALA 1:250,000 DEL  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS  
 COBAN NO 16-4 - PUERTO BARRIOS ND 16-1



**ASENTAMIENTOS HUMANOS DE LA CUENCA DEL RIO POLOCHIC**

**PROYECTO DEL IMPACTO DE LA CUENCA DEL RIO POLOCHIC SOBRE LA INTEGRIDAD BIOLÓGICA DEL LAGO DE IZABAL**

CONCYT  
 Centro de Información Geográfica  
 Fundación Defensora de la Naturaleza

Escala 1:800,000



15°45' 15°30' 15°15' 15°

88°45' 89° 89°15' 89°30' 89°45' 90° 90°15' 90°30'

15°45' 15°30' 15°15' 15°

90°30' 90°15' 90° 89°45' 89°30' 89°15' 89° 88°45'

Mapa 3

**ANEXO No 3**  
**Resultados fisicoquímicos 1**



**ANEXO No 4**

**Resultados crudos de fitoplankton**

RESULTADOS PHYTOPLANKTON I  
MUESTREO DE ABRIL

	Anacystis org/l	Oscillatoria org/l	Anabaena org/l	Fragilaria org/l	Synedra org/l	Navicula org/l	Pediastrum org/l	Pinnularia org/l	Asterionella org/l	Selenastrum org/l	Melosira org/l	Staurastrum org/l	Eudorina org/l
PUNTO DE MUESTREO													
CENTRO DEL LAGO (S)	6700	100	3000	0	9100	100	800	0	0	100	15300	400	0
CENTRO DEL LAGO (F)	25700	0	1600	700	17800	300	3800	0	0	0	83700	2500	0
PUNTA CHAPIN (S)	15500	1300	18300	0	69100	100	1300	0	0	1500	77400	2000	0
PUNTA CHAPIN (F)	15500	0	9100	0	38900	300	2200	100	0	0	53700	1800	0
EL ESTOR (S)	6700	0	6700	0	5900	0	1000	0	0	300	9000	1300	0
EL ESTOR (F)	27125	625	6375	0	18125	1125	1750	625	0	625	33000	9875	0
BOCAS 1 (S)	7300	0	9600	1300	12600	1300	300	100	0	100	700	1500	100
BOCAS 1 (F)	17700	0	5000	4800	7800	9200	200	1100	0	100	2200	700	0
BOCAS 2 (S)	4300	300	9100	700	13700	1000	1000	100	0	1100	10500	800	0
BOCAS 2 (F)	6900	0	0	5500	800	5700	100	0	0	0	1500	100	0
RIO OSCURO (S)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
RIO OSCURO (F)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON I  
MUESTREO DE JUNIO

	Anacystis org/l	Oscillatoria org/l	Anabaena org/l	Fragilaria org/l	Synedra org/l	Navicula org/l	Pediastrum org/l	Pinnularia org/l	Asterionella org/l	Selenastrum org/l	Melosira org/l	Staurastrum org/l	Eudorina org/l
PUNTO DE MUESTREO													
CENTRO DEL LAGO (S)	33700	100	800	300	7500	300	1800	100	100	0	500	600	0
CENTRO DEL LAGO (F)	8100	0	0	100	2000	0	1300	0	0	0	1800	1200	0
PUNTA CHAPIN (S)	85900	0	19700	200	194500	200	10700	100	0	600	90100	1000	0
PUNTA CHAPIN (F)	13300	300	32300	0	182500	400	2100	200	0	900	36500	1400	0
EL ESTOR (S)	31100	400	400	300	24900	900	300	300	0	300	2500	100	0
EL ESTOR (F)	2100	200	700	400	19300	400	1400	300	0	1000	3500	400	0
BOCAS 1 (S)	51400	200	0	1800	6700	6500	1200	3300	0	0	8900	0	0
BOCAS 1 (F)	46300	200	600	4400	1900	3500	700	1000	0	100	4500	0	0
BOCAS 2 (S)	34400	200	100	1700	1100	2100	0	400	0	1700	0	0	0
BOCAS 2 (F)	2700	300	100	3600	900	3200	0	1000	0	0	900	0	0
RIO OSCURO (S)	27300	2700	33200	100	311800	700	4000	100	100	4300	12100	3700	0
RIO OSCURO (F)	55500	100	24600	0	182100	800	900	800	200	1900	9300	700	0

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON I  
MUESTREO DE NOVIEMBRE

PUNTO DE MUESTREO	Anacystis org/l	Oscillatoria org/l	Anabaena org/l	Fragilaria org/l	Synedra org/l	Navicula org/l	Pediastrum org/l	Pinnularia org/l	Asterionella org/l	Selenastrum org/l	Melosira org/l	Staurastrum org/l	Eudorina org/l
CENTRO DEL LAGO (S)	6600	0	0	0	1100	0	700	100	0	100	0	0	0
CENTRO DEL LAGO (F)	50100	0	100	0	900	0	1900	0	0	100	2700	500	0
PUNTA CHAPIN (S)	7200	0	0	0	5500	50	300	0	0	0	450	50	0
PUNTA CHAPIN (F)	31700	0	100	0	400	0	700	0	0	200	1900	0	0
EL ESTOR (S)	10800	0	0	0	600	0	600	400	0	300	200	100	0
EL ESTOR (F)	28800	0	0	0	1000	0	1500	200	0	300	1000	200	0
BOCAS 1 (S)	15700	0	100	0	100	200	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 1 (F)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BOCAS 2 (S)	31200	100	0	0	100	0	0	200	0	0	200	0	0
BOCAS 2 (F)	52500	0	0	0	875	250	0	125	0	0	125	0	0
RIO OSCURO (S)	59625	0	0	125	125	0	0	250	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (F)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON I  
MUESTREO DE ENERO

PUNTO DE MUESTREO	Anacystis org/l	Oscillatoria org/l	Anabaena org/l	Fragilaria org/l	Synedra org/l	Navicula org/l	Pediastrum org/l	Pinnularia org/l	Asterionella org/l	Selenastrum org/l	Melosira org/l	Staurastrum org/l	Eudorina org/l
CENTRO DEL LAGO (S)	9600	0	0	0	2400	0	2200	100	0	800	800	1600	0
CENTRO DEL LAGO (F)	24500	0	0	0	400	0	2700	0	0	1200	6500	1400	0
PUNTA CHAPIN (S)	11200	0	0	200	600	0	4200	0	0	0	5600	800	0
PUNTA CHAPIN (F)	14500	0	0	400	7200	600	12500	100	0	1600	39900	0	0
EL ESTOR (S)	18100	0	0	0	200	0	1000	0	0	50	3300	400	0
EL ESTOR (F)	16400	0	300	1300	200	200	5600	300	0	900	16200	500	0
BOCAS 1 (S)	2400	0	0	100	500	1700	0	200	0	100	100	0	0
BOCAS 1 (F)	2200	0	0	500	0	1800	0	200	0	0	0	0	0
BOCAS 2 (S)	2600	0	0	0	200	600	100	0	0	0	1100	0	0
BOCAS 2 (F)	2333	0	0	417	167	1583	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (S)	3500	0	0	0	600	600	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (F)	3500	0	300	400	1100	1200	0	300	0	0	800	0	0

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON 2  
MUESTREO DE ABRIL

	Actinostrium org/l	Euglena org/l	Gyrosigma org/l	Coelastrum org/l	Closterium org/l	Gleocystis org/l	Scenedesmus org/l	Ceratium org/l	Nitzschia org/l	Denticula org/l	Diatoma org/l	Nostoc org/l	Stephanodiscus org/l
PUNTO DE MUESTREO													
CENTRO DEL LAGO (S)	0	0	200	0	3800	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRO DEL LAGO (F)	0	0	300	100	1600	0	0	0	0	0	0	0	0
PUNTA CHAPIN (S)	0	0	0	0	2300	3500	1500	0	0	0	0	0	0
PUNTA CHAPIN (F)	0	0	200	100	1700	0	100	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (S)	0	0	500	300	1500	2800	0	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (F)	0	0	250	0	1500	3875	125	0	0	0	0	0	0
BOCAS 1 (S)	0	0	2200	400	1100	3600	200	0	1500	0	0	0	0
BOCAS 1 (F)	0	0	18500	0	300	600	200	0	6700	0	0	0	0
BOCAS 2 (S)	0	0	5200	0	2000	1100	200	0	700	0	0	0	0
BOCAS 2 (F)	0	0	14000	0	0	100	100	0	10400	0	0	0	0
RIO OSCURO (S)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
RIO OSCURO (F)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON 2  
MUESTREO DE JUNIO

	Actinostrium org/l	Euglena org/l	Gyrosigma org/l	Coelastrum org/l	Closterium org/l	Gleocystis org/l	Scenedesmus org/l	Ceratium org/l	Nitzschia org/l	Denticula org/l	Diatoma org/l	Nostoc org/l	Stephanodiscus org/l
PUNTO DE MUESTREO													
CENTRO DEL LAGO (S)	0	0	0	300	400	900	0	0	200	100	0	0	200
CENTRO DEL LAGO (F)	0	0	0	300	700	500	0	0	0	0	0	0	200
PUNTA CHAPIN (S)	0	0	500	0	0	1200	200	0	0	0	0	0	300
PUNTA CHAPIN (F)	0	0	0	200	500	7600	700	0	0	100	0	0	10000
EL ESTOR (S)	0	0	100	0	900	3300	100	0	600	0	0	0	0
EL ESTOR (F)	0	0	0	100	700	2700	100	0	0	100	0	0	0
BOCAS 1 (S)	0	0	1400	0	0	1800	100	0	2600	200	0	0	100
BOCAS 1 (F)	0	0	1800	0	0	900	0	0	2800	200	0	100	100
BOCAS 2 (S)	0	0	1100	0	0	100	200	0	1500	0	0	0	0
BOCAS 2 (F)	0	0	3400	0	0	0	0	0	3600	500	100	0	0
RIO OSCURO (S)	0	0	0	1300	0	4000	700	0	0	100	0	0	0
RIO OSCURO (F)	0	0	0	400	100	5900	200	0	0	100	0	0	0

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON 2  
MUESTREO DE NOVIEMBRE

PUNTO DE MUESTREO	Actinastrum org/l	Euglena org/l	Gyrosigma org/l	Coelastrum org/l	Closterium org/l	Gleocystis org/l	Scenedesmus org/l	Ceratium org/l	Nitzschia org/l	Denticula org/l	Diatoma org/l	Nostoc org/l	Stephanodiscus org/l
CENTRO DEL LAGO (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
CENTRO DEL LAGO (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PUNTA CHAPIN (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0
PUNTA CHAPIN (F)	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (S)	0	0	200	0	0	300	100	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (F)	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
BOCAS 1 (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 1 (F)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BOCAS 2 (S)	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 2 (F)	0	0	0	0	0	2125	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (F)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON 2  
MUESTREO DE ENERO

PUNTO DE MUESTREO	Actinastrum org/l	Euglena org/l	Gyrosigma org/l	Coelastrum org/l	Closterium org/l	Gleocystis org/l	Scenedesmus org/l	Ceratium org/l	Nitzschia org/l	Denticula org/l	Diatoma org/l	Nostoc org/l	Stephanodiscus org/l
CENTRO DEL LAGO (S)	0	0	0	1900	1600	1400	0	0	100	0	100	200	100
CENTRO DEL LAGO (F)	0	0	0	800	2000	6200	200	0	0	0	0	0	100
PUNTA CHAPIN (S)	0	0	100	700	1900	4100	300	100	0	0	0	0	0
PUNTA CHAPIN (F)	0	0	600	500	2000	1600	0	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (S)	0	0	0	2600	600	10600	0	0	0	200	0	0	0
EL ESTOR (F)	0	0	200	700	1500	4800	0	0	0	0	100	0	0
BOCAS 1 (S)	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 1 (F)	0	0	1200	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 2 (S)	0	0	800	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0
BOCAS 2 (F)	0	0	750	0	0	83	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0
RIO OSCURO (F)	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON 3  
MUESTREO DE ABRIL

PUNTO DE MUESTREO org/l	Lyngbya org/l	Surirella org/l	Cymbella org/l	Gomphosphaeria org/l	Sorastrum org/l	Oocystis org/l	Chlorella org/l	Stauroneis org/l	Spirulina org/l	Meridion org/l	Galenkinia org/l	Tetraëdron org/l	Aphanizomenon org/l
CENTRO DEL LAGO (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRO DEL LAGO (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PUNTA CHAPIN (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3400
PUNTA CHAPIN (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
EL ESTOR (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125
BOCAS 1 (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700
BOCAS 1 (F)	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 2 (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700
BOCAS 2 (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (S)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
RIO OSCURO (F)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON 3  
MUESTREO DE JUNIO

PUNTO DE MUESTREO org/l	Lyngbya org/l	Surirella org/l	Cymbella org/l	Gomphosphaeria org/l	Sorastrum org/l	Oocystis org/l	Chlorella org/l	Stauroneis org/l	Spirulina org/l	Meridion org/l	Galenkinia org/l	Tetraëdron org/l	Aphanizomenon org/l
CENTRO DEL LAGO (S)	0	100	200	200	100	200	0	0	0	0	0	0	0
CENTRO DEL LAGO (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
PUNTA CHAPIN (S)	0	200	0	400	300	100	300	0	0	0	0	0	20200
PUNTA CHAPIN (F)	0	0	0	27500	700	1500	100	0	0	0	0	0	45000
EL ESTOR (S)	200	0	0	400	100	100	600	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (F)	200	100	300	300	0	100	100	100	0	0	0	0	200
BOCAS 1 (S)	200	100	900	0	0	0	0	400	400	100	0	0	400
BOCAS 1 (F)	200	1700	700	0	0	0	100	300	0	0	0	0	200
BOCAS 2 (S)	100	100	500	0	0	0	0	200	100	100	0	0	0
BOCAS 2 (F)	0	500	2500	200	0	0	0	2500	0	100	0	0	0
RIO OSCURO (S)	0	0	100	19100	0	900	0	100	0	0	400	0	46000
RIO OSCURO (F)	100	0	0	18700	200	600	0	100	0	0	0	0	35500

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON 3  
MUESTREO DE NOVIEMBRE

PUNTO DE MUESTREO org/l	Lyngbya org/l	Surirella org/l	Cymbella org/l	Gomphosphaeria org/l	Sorastrum org/l	Oocystis org/l	Chlorella org/l	Stauroneis org/l	Spirulina org/l	Meridion org/l	Galenkinia org/l	Tetraëdron org/l	Aphanizomenon org/l
CENTRO DEL LAGO (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRO DEL LAGO (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PUNTA CHAPIN (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PUNTA CHAPIN (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (S)	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (F)	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 1 (S)	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 1 (F)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BOCAS 2 (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 2 (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (F)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd=no datos

RESULTADOS PHYTOPLANKTON 3  
MUESTREO DE ENERO

PUNTO DE MUESTREO org/l	Lyngbya org/l	Surirella org/l	Cymbella org/l	Gomphosphaeria org/l	Sorastrum org/l	Oocystis org/l	Chlorella org/l	Stauroneis org/l	Spirulina org/l	Meridion org/l	Galenkinia org/l	Tetraëdron org/l	Aphanizomenon org/l
CENTRO DEL LAGO (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRO DEL LAGO (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PUNTA CHAPIN (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PUNTA CHAPIN (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL ESTOR (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 1 (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 1 (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 2 (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOCAS 2 (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIO OSCURO (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

nd=no datos

**ANEXO No 5**

**Datos crudos de coliformes totales y fecales**

RESULTADOS COLIFORMES TOTALES Y FECALES  
MUESTREOS DE ABRIL, JUNIO, NOVIEMBRE, ENERO

PUNTO DE MUESTREO	COLIFORMES TOTALES NMP/100ml ABRIL	COLIFORMES TOTALES NMP/100ml JUNIO	COLIFORMES TOTALES NMP/100ml NOVIEMBRE	COLIFORMES TOTALES NMP/100ml ENERO	COLIFORMES FECALES NMP/100ml ABRIL	COLIFORMES FECALES NMP/100ml JUNIO	COLIFORMES FECALES NMP/100ml NOVIEMBRE*	COLIFORMES FECALES NMP/100ml ENERO
	POLOCHIC-TELEMAN	350	920	79000	24000	130	920	35000
POLOCHIC-PANZOS	1600	1600	94000	28000	540	1600	41000	14000
POLOCHIC-BOCAS 1	33	350	9400	3400	33	240	3300	800
POLOCHIC-BOCAS 2	33	540	18000	7900	33	350	11000	7900
RIO PUEBLO VIEJO	220	1600	23000	9200	170	1600	11000	920
RIO TINAJAS	2700	6300	nd	nd	180	2600	nd	nd
RIO ZARCO	180	nd	nd	nd	180	nd	nd	nd
RIO CAHABON	1600	9400	63000	9200	1600	4900	34000	5400
RIO BOCA NUEVA	nd	22	23000	3300	nd	22	3500	350
RIO JOLOMJIJ	920	460	63000	17000	920	460	35000	13000
CENTRO LAGO	2	33	240	23	2	33	130	17
PUNTA CHAPIN	46	nd	1600	79	33	nd	920	79
EL ESTOR	46	33	2600	33	46	33	1100	33
BOCAS 1	33	350	9400	3400	33	240	3300	800
BOCAS 2	33	540	18000	7900	33	350	11000	7900
RIO OSCURO	nd	33	920	920	nd	33	140	110

nd= no datos  
medida NMP/100ml

**ANEXO No 6**

**Datos crudos de perfiles de oxígeno y  
conductividad**

PERFILES DE OXIGENO Y CONDUCTIVIDAD  
MUESTREO ABRIL

PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD	TEMPERATURA	O2 DISUELTO mg/l	CONDUCTIVIDAD
Centro del lago	superficie	23C	7.8	375
	1m	23C	7.6	370
	2m	23C	7.6	370
	3m	24C	7.8	375
	4m	23C	7.4	385
	5m	24C	7.6	385
	6m	24C	7.8	386
	8m	24C	8.4	390
	10m	24C	8.4	385
	12m	24C	8.4	385
	13m	24C	8.6	385
	14m	24C	8.8	390
	17m	24C	8.8	390

PERFILES DE OXIGENO Y CONDUCTIVIDAD  
MUESTREO JUNIO

PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD	TEMPERATURA	O2 DISUELTO mg/l	CONDUCTIVIDAD
<b>Centro del lago</b>	<i>superficie</i>	31.0C	6.7	750
	<i>1m</i>	31.0C	6.5	750
	<i>2m</i>	30.5C	6.4	750
	<i>3m</i>	30.5C	6.4	750
	<i>4m</i>	30.5C	6.4	750
	<i>5m</i>	30.5C	6.4	750
	<i>7m</i>	30.0C	6.3	750
	<i>8m</i>	30.5C	6.2	750
	<i>9m</i>	30.5C	6.2	750
	<i>10m</i>	30.5C	6.0	750
	<i>11m</i>	30.5C	6.1	750
	<i>12m</i>	30.5C	6.0	750
	<i>13m</i>	30.5C	6.0	750
	<i>14m</i>	30.5C	6.0	750
	<i>15m</i>	30.5C	6.0	750
	<i>16m</i>	nd	5.8	nd
	<i>17m</i>	nd	6.2	nd
<i>17.5m</i>	nd	6.0	nd	
<i>fondo</i>	nd	11.4	nd	
<b>Río Oscuro</b>	<i>superficie</i>	27.0C	6.7	485
	<i>1m</i>	30.0C	6.2	475
	<i>2m</i>	30.0C	5.8	760
	<i>fondo</i>	29.0C	2.6	225
<b>Punta Chapin</b>	<i>superficie</i>	30.0C	6.8	600
	<i>1m</i>	30.0C	7.0	600
	<i>2m</i>	30.0C	6.7	600
	<i>3m</i>	30.0C	6.4	500
	<i>4m</i>	30.0C	6.4	500
	<i>5m</i>	27.5C	6.1	580
	<i>6m</i>	30.0C	6.1	550
<b>El Estor</b>	<i>superficie</i>	34.0C	6.8	650
	<i>1m</i>	34.0C	6.1	650
	<i>2m</i>	33.0C	6.6	600
	<i>3m</i>	32.0C	5.9	700
	<i>4m</i>	32.0C	5.6	700
	<i>5m</i>	32.0C	5.0	700
	<i>6m</i>	31.5C	4.2	700
	<i>7m</i>	31.5C	3.2	600
<b>Bocas 1</b>	<i>superficie</i>	30.5C	7.0	650
	<i>1m</i>	30.0C	7.0	650
	<i>2m</i>	26.5C	7.0	210
	<i>3m</i>	26.5C	6.8	205
<b>Bocas 2</b>	<i>superficie</i>	25.5C	7.3	200
	<i>1m</i>	25.5C	7.1	210
	<i>2m</i>	25.5C	6.9	200
	<i>3m</i>	25.5C	7.0	200

PERFILES DE OXIGENO Y CONDUCTIVIDAD  
MUESTREO NOVIEMBRE

PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD	TEMPERATURA	O2 DISUELTO mg/l	CONDUCTIVIDAD
Centro del lago	superficie	27.0C	7.8	348
	1m	27.1C	7.6	349
	2m	27.1C	7.8	349
	5m	27.1C	7.9	349
	7m	27.1C	7.6	348
	9m	27.0C	7.5	346
	11m	27.0C	7.1	344
	13m	26.5C	5.6	320
	15m	25.7C	2.7	250
Río Oscuro	superficie	25.9C	2.9	130
	1m	25.7C	2.6	129
	2m	25.6C	2.7	129
	3m	25.6C	2.4	129
	4m	25.6C	2.1	129
	5m	25.6C	1.8	130
Punta Chapín	superficie	26.8C	5.7	167
	3m	26.7C	5.0	169
	4m	26.6C	5.1	170
	5m	26.6C	5.2	171
	6m	26.5C	4.9	175
	7m	26.5C	0.0	175
El Estor	superficie	29.5C	6.6	370
	1m	28.5C	6.7	368
	2m	27.7C	7.2	358
	3m	27.7C	7.0	358
	4m	27.6C	6.8	358
	5m	27.5C	6.6	358
	6m	27.5C	6.0	358
	7m	27.3C	0.0	356
	8m	27.4C	0.0	360
Bocas 1	superficie	24.5C	8.0	237
	1m	24.5C	7.8	241
	2m	24.4C	8.1	241
Bocas 2	superficie	24.5C	8.4	240
	1m	24.3C	8.5	239
	2m	24.3C	8.4	240
	3m	24.2C	6.8	240

PERFILES DE OXIGENO Y CONDUCTIVIDAD  
MUESTREO ENERO

PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD	TEMPERATURA	O2 DISUELTO mg/l	CONDUCTIVIDAD
Centro del lago	superficie	25.8C	9.3	245
	1m	25.8C	9.1	292
	3m	25.8C	9.0	292
	5m	25.7C	9.2	291
	7m	25.7C	9.3	291
	9m	25.6C	8.9	290
	11m	25.5C	9.1	288
	13m	25.5C	9.0	287
	14m	24.7C	5.5	274
	15m	24.7C	6.3	273
	16m	24.8C	0.0	273
	Río Oscuro	superficie	24.5C	2.8
1m		24.1C	2.9	125
2m		23.9C	2.7	126
3m		23.9C	3.0	126
Punta Chapín	superficie	25.5C	8.1	232
	1m	25.4C	8.1	231
	2m	25.3C	7.8	231
	3m	25.2C	8.6	230
	4m	25.1C	7.9	234
	5m	25.0C	6.6	237
	6m	24.9C	5.8	244
	7m	24.7C	0.0	246
El Estor	superficie	27.7C	10.1	301
	1m	27.5C	9.3	293
	2m	27.4C	9.1	293
	3m	27.3C	9.4	293
	4m	26.1C	9.1	285
	5m	25.9C	9.2	284
	6m	25.8C	9.4	283
	7m	25.8C	8.9	283
	8m	25.8C	8.9	284
	9m	25.5C	6.2	286
	9.3m	25.3C	4.8	287
	Bocas 1	superficie	25.0C	8.6
1m		25.0C	8.7	250
2m		25.0C	8.7	249
Bocas 2	superficie	24.8C	8.8	249
	1m	24.7C	8.9	248
	1.2m	24.7C	8.8	248

**ANEXO No 7**

**Datos crudos de caudales**

CAUDAL PROMEDIO DE LOS RIOS DEL ESTUDIO (m<sup>3</sup>/seg)

Río	Abril	Junio	Noviembre	Enero
Papalja	6.05	11.77	54.00	-
Polochic-Teleman	41.28	60.00	156.00	61.00
Polochic Panzos	43.00	96.26	200.00	90.00
Rio Jolomjix	0.25	0.44	18.20	0.40
Pueblo Viejo	3.44	6.80	47.63	6.20
Tinajas	9.63	20.66	-	18.00
Zarco	5.71	7.46	-	7.00
Boca Nueva	-	9.40	38.00	9.00
Cahabón-Cahaboncito	66.10	75.00	152.00	70.00

**ANEXO No. 8**

**Datos crudos de compuestos fosforados**

RESULTADOS COMPUESTOS FOSFORADOS  
MUESTREOS DE ABRIL, JUNIO, NOVIEMBRE, ENERO

PUNTO DE MUESTREO	FOSFATO PO4 mg/l		FOSFATO PO4 mg/l		FOSFATO PO4 mg/l		FOSFATO PO4 mg/l		FOSFATO P de PO4 mg/l		FOSFATO P de PO4 mg/l	
	ABRIL	JUNIO	NOV.	ENERO	ABRIL	JUNIO	NOV.	ENERO	ABRIL	JUNIO	NOV.	ENERO
POLOCHIC-PAPALJA	nd	0.9000	0.8500	0.1000	nd	0.3000	0.2833	0.0333				
POLOCHIC-TELEMAN	1.4000	0.2000	1.6000	0.2200	0.4667	0.0667	0.0533	0.0733				
POLOCHIC-PANZOS	1.9000	1.7000	1.0000	0.1200	0.6333	0.5667	0.3333	0.0400				
POLOCHIC-BOCAS 1	0.0500	1.0000	0.1050	0.1200	0.0167	0.3333	0.0350	0.0400				
POLOCHIC-BOCAS 2	0.4800	0.7600	0.2850	0.0500	0.1600	0.2533	0.0950	0.0167				
RIO PUEBLO VIEJO	0.8000	0.8000	0.1500	0.0900	0.2667	0.2667	0.0500	0.0300				
RIO TINAJAS	2.5000	0.7500	nd	0.0800	0.8333	0.2500	nd	0.0267				
RIO ZARCO	2.5000	0.9500	nd	0.0600	0.8333	0.3167	nd	0.0200				
RIO CAHABON	1.2000	0.6900	0.7500	0.0900	0.4000	0.2300	0.2500	0.0300				
RIO BOCA NUEVA	nd	1.5000	1.5000	0.0500	nd	0.5000	0.5000	0.0167				
RIO JOLOMJIX	1.1500	0.2800	0.1700	0.1300	0.3833	0.0933	0.0567	0.0433				
CENTRO LAGO (S)	0.1000	1.0800	5.0000	0.2200	0.0333	0.3600	1.6667	0.0733				
CENTRO LAGO (F)	0.0900	1.5000	2.5000	1.0000	0.0300	0.5000	0.8333	0.3333				
PUNTA CHAPIN (S)	0.7700	1.2000	1.9000	0.1000	0.2667	0.4000	0.6333	0.0333				
PUNTA CHAPIN (F)	0.5500	1.2000	3.0000	0.0000	0.1833	0.4000	1.0000	0.0000				
EL ESTOR (S)	0.7000	1.3000	0.1250	0.0600	0.2333	0.4333	0.0417	0.0167				
EL ESTOR (F)	0.2000	0.4200	0.0600	0.1200	0.0667	0.1400	0.0200	0.0400				
BOCAS 1 (S)	0.0500	1.0000	0.1050	0.1200	0.0167	0.3333	0.0350	0.0400				
BOCAS 1 (F)	0.5000	0.6600	nd	0.1200	0.1667	0.2200	nd	0.0400				
BOCAS 2 (S)	0.4800	0.7600	0.2850	0.0500	0.1600	0.2533	0.0950	0.0167				
BOCAS 2 (F)	0.6000	1.0500	nd	0.0300	0.2000	0.3500	nd	0.0100				
RIO OSCURO (S)	nd	0.4200	1.1500	0.1200	nd	0.1400	0.3833	0.0400				
RIO OSCURO (F)	nd	0.5800	0.1400	0.2000	nd	0.1933	0.0467	0.0667				

nd= no datos

0= CANTIDAD NO DETECTABLE

**ANEXO No. 9**

**Datos crudos de compuestos nitrogenados**

RESULTADOS COMPUESTOS NITROGENADOS 1  
MUESTREOS DE ABRIL, JUNIO, NOVIEMBRE, ENERO

PUNTO DE MUESTREO	AMONIACO		AMONIACO		AMONIACO		AMONIACO		NITRITO		NITRITO		NITRATO		NITRATO		NITRATO	
	NH4 mg/l ABRIL	NH4 mg/l JUNIO	NH4 mg/l NOV.	NH4 mg/l ENERO	NO2 mg/l ABRIL	NO2 mg/l JUNIO	NO2 mg/l NOV.	NO2 mg/l ENERO	NO3 mg/l ABRIL	NO3 mg/l JUNIO	NO3 mg/l NOV.	NO3 mg/l ENERO	NO3 mg/l ABRIL	NO3 mg/l JUNIO	NO3 mg/l NOV.	NO3 mg/l ENERO	NO3 mg/l ENERO	NO3 mg/l ENERO
POLOCHIC-PAPALJA	nd	0.1900	0.6500	0.1000	nd	0.0000	0.0010	0.0030	nd	0.3000	0.0000	0.1000	nd	0.3000	0.0000	0.1000	0.1000	0.1000
POLOCHIC-TELEMAN	0.2200	0.2500	1.0500	0.2200	0.0030	0.0040	0.0060	0.0080	0.2000	0.1000	0.0080	0.2000	0.2000	0.1000	0.0000	0.8000	0.8000	0.8000
POLOCHIC-PANZOS	0.2000	0.1400	0.9500	0.1100	0.0010	0.0000	0.0000	0.0090	0.2000	0.2000	0.0090	0.2000	0.2000	0.2000	0.0000	0.7000	0.7000	0.7000
POLOCHIC-BOCAS 1	0.2200	0.6900	0.3300	0.0300	0.0070	0.0030	0.0050	0.0100	0.1000	0.2000	0.0050	0.1000	0.1000	0.2000	0.0000	0.5000	0.5000	0.5000
POLOCHIC-BOCAS 2	0.2600	0.1000	0.3200	0.0500	0.0030	0.0000	0.0080	0.0060	0.7000	0.5000	0.0060	0.7000	0.7000	0.5000	0.2000	0.8000	0.8000	0.8000
RIO PUEBLO VIEJO	0.1500	0.0200	0.2200	0.0800	0.0050	0.0050	0.0020	0.0050	0.4000	0.0000	0.0020	0.4000	0.4000	0.0000	0.5000	0.7000	0.7000	0.7000
RIO TINAJAS	0.0800	0.0300	nd	0.1200	0.0080	0.0100	nd	0.0020	0.9000	0.1000	0.0020	0.9000	0.9000	0.1000	nd	1.2000	1.2000	1.2000
RIO ZARCO	0.0500	0.1100	nd	0.0400	0.0080	0.0030	nd	0.0040	0.7000	0.3000	0.0040	0.7000	0.7000	0.3000	nd	0.5000	0.5000	0.5000
RIO CAHABON	0.1800	0.0900	0.7000	0.1000	0.0050	0.0030	0.0000	0.0030	0.5000	0.2000	0.0000	0.5000	0.5000	0.2000	0.0000	0.4000	0.4000	0.4000
RIO BOCA NUEVA	nd	0.0100	0.4000	0.0800	nd	0.0400	0.0090	0.0030	0.1000	0.1000	0.0090	0.1000	0.1000	0.1000	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000
RIO JOLOMJIJ	0.3500	0.1000	0.2200	0.1500	0.0030	0.0000	0.0120	0.0080	0.0000	0.0000	0.0120	0.0080	0.0000	0.0000	0.4000	0.3000	0.3000	0.3000
CENTRO LAGO (S)	0.1200	0.0800	0.1200	0.0500	0.0020	0.0000	0.0070	0.0020	0.0000	0.0000	0.0070	0.0020	0.0000	0.2000	0.5000	0.2000	0.2000	0.2000
CENTRO LAGO (S)	0.2200	0.0300	0.1600	0.0800	0.0500	0.0000	0.0010	0.0030	0.1000	0.6000	0.0010	0.0030	0.1000	0.6000	0.1000	0.8000	0.8000	0.8000
PUNTA CHAPIN (S)	0.2400	0.1000	0.2000	0.0200	0.0020	0.0020	0.0020	0.0050	0.3000	0.3000	0.0020	0.0050	0.3000	0.3000	0.5000	0.4000	0.4000	0.4000
PUNTA CHAPIN (F)	0.2800	0.1000	0.1800	0.1000	0.0040	0.0010	0.0020	0.0030	0.2000	0.6000	0.0020	0.0030	0.2000	0.6000	0.9000	0.6000	0.6000	0.6000
EL ESTOR (S)	0.2400	0.1800	0.2500	0.0200	0.0100	0.0040	0.0010	0.0090	0.4000	0.1000	0.0010	0.0090	0.4000	0.1000	0.3000	0.2000	0.2000	0.2000
EL ESTOR (F)	0.2500	0.1800	0.8800	0.2000	0.0020	0.0030	0.0010	0.0000	0.3000	0.0000	0.0010	0.0000	0.3000	0.0000	0.9000	0.2000	0.2000	0.2000
BOCAS 1 (S)	0.2200	0.6900	0.3300	0.0300	0.0070	0.0030	0.0050	0.0100	0.1000	0.2000	0.0050	0.1000	0.1000	0.2000	0.0000	0.5000	0.5000	0.5000
BOCAS 1 (F)	0.3000	0.1500	nd	0.0200	0.0030	0.0100	nd	0.0020	0.2000	0.3000	0.0020	0.2000	0.2000	0.3000	nd	0.5000	0.5000	0.5000
BOCAS 2 (S)	0.2600	0.1000	0.3200	0.0500	0.0030	0.0000	0.0080	0.0060	0.7000	0.5000	0.0080	0.0060	0.7000	0.5000	0.2000	0.8000	0.8000	0.8000
BOCAS 2 (F)	0.2800	0.1200	nd	0.1000	0.0030	0.0000	nd	0.0030	0.3000	0.2000	nd	0.0030	0.3000	0.2000	nd	0.4000	0.4000	0.4000
RIO OSCURO (S)	nd	0.1000	0.1800	0.0700	nd	0.0010	0.0050	0.0000	0.6000	0.4000	0.0050	0.0000	0.6000	0.4000	0.4000	0.3000	0.3000	0.3000
RIO OSCURO (F)	nd	0.2850	1.3000	0.1000	nd	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000	0.0000	0.5000	0.6000	0.6000	0.6000

nd= no datos

0= CANTIDAD NO DETECTABLE